



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO
Dipartimento di Lettere e Filosofia

CORSO DI DOTTORATO IN
“CULTURE D’EUROPA. AMBIENTE, SPAZI, STORIE, ARTI, IDEE”
Curriculum: **Scienze dei Beni culturali**

Ciclo XXXII

Coordinatore: prof. Diego E. Angelucci

**Tra Pleistocene Medio e Superiore nell’Italia
nord-occidentale: Geoarcheologia di Ciota
Ciara (VC) e Balzi Rossi Museo (IM)**

Dottorando: Maurizio Zambaldi

Settore scientifico-disciplinare [L-ANT/10]

Relatore:

Prof. Diego E. Angelucci

Anno accademico 2018/2019

INDICE

ELENCO ABBREVIAZIONI.....	V
INDICE DELLE TABELLE.....	VII
INDICE DELLE FIGURE	IX
INTRODUZIONE	XI
CONTESTO OGGETTO E SCOPO DELL'ELABORATO.....	XI
LA STRUTTURA DELL'ELABORATO.....	XVI
RETROTERRA TEORICO E METODOLOGICO.....	1
1 LA GEOARCHEOLOGIA: CENNO INTRODUTTIVO	3
1.1 SVILUPPO E DOMINIO	3
1.2 L'APPROCCIO GEOARCHEOLOGICO.....	4
2 PRINCIPI PER LO STUDIO DEPOSIZIONALE DEI SITI ARCHEOLOGICI	7
2.1 IL DEPOSITO ARCHEOLOGICO	7
2.2 PROCESSI FORMATIVI E DEPOSIZIONALI.....	9
2.2.1 <i>Processi postdeposizionali</i>	12
2.3 LA STRATIGRAFIA	12
3 CONTESTI DEPOSIZIONALI A CONFRONTO: SITI ALL'APERTO E IN GROTTA.....	15
3.1 I SITI ARCHEOLOGICI ALL'APERTO.....	17
3.1.1 <i>Sistemi deposizionali e processi formativi dei siti all'aperto: cenno</i>	18
3.2 GROTTI E RIPARI SOTTOROCCE	25
3.2.1 <i>L'occupazione umana nelle grotte</i>	27
3.2.2 <i>I sedimenti di grotta</i>	27
3.2.3 <i>Processi formativi dei depositi di grotta</i>	28
3.2.4 <i>Processi postdeposizionali e diagenetici</i>	32
4 CENNO METODOLOGICO	35
4.1 LA DESCRIZIONE DI CAMPO.....	35
4.2 LE ANALISI SEDIMENTOLOGICHE DI ROUTINE	35
4.2.1 <i>Analisi granulometriche e tessiturali</i>	36
4.2.2 <i>La determinazione della quantità di carbonio organico</i>	38
4.2.3 <i>La determinazione del tenore dei carbonati</i>	39
4.3 LE ANALISI GEOCHIMICHE.....	40
4.3.1 <i>La spettroscopia in fluorescenza a raggi X (XRF)</i>	40
4.3.2 <i>La diffrazione a raggi X (XRD)</i>	41

4.4	LA MICROMORFOLOGIA ARCHEOLOGICA.....	42
4.4.1	<i>Il campionamento</i>	42
4.4.2	<i>La preparazione delle sezioni sottili</i>	43
4.4.3	<i>Osservazione al microscopio ottico petrografico</i>	43
4.4.4	<i>Concetti e parametri per la descrizione sistematica</i>	45
4.5	OSSERVAZIONE MACROSCOPICA E DIGITALIZZAZIONE DELLE SEZIONI SOTTILI.....	47
4.5.1	<i>Protocollo per la digitalizzazione di sezioni sottili tramite DTP scanner</i>	48
4.5.2	<i>Organizzazione ed elaborazione dei dati</i>	50
	GEOARCHEOLOGIA DI CIOTA CIARA.....	53
	INTRODUZIONE	55
1	IL PALEOLITICO IN PIEMONTE: CENNO	57
2	IL MONTE FENERA: INQUADRAMENTO E STORIA DELLE RICERCHE.....	61
2.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E CENNO DI GEOLOGIA STRUTTURALE	62
2.1.1	<i>La successione stratigrafica paleo-mesozoica affiorante al Monte Fenera</i>	64
2.1.2	<i>Il carsismo del Monte Fenera</i>	66
2.2	ARCHEOLOGIA E STORIA DELLE RICERCHE.....	67
3	IL SITO ARCHEOLOGICO DELLA CIOTA CIARA	71
3.1	GEOLOGIA E DESCRIZIONE DELLA GROTTA	72
3.2	LE RICERCHE DEL XX SECOLO E I PRIMI CONTRIBUTI SULLA STRATIGRAFIA DEL RIEMPIMENTO	72
3.3	LE RICERCHE DEL XXI SECOLO: L'APPROCCIO INTERDISCIPLINARE	76
3.4	L'INSIEME FAUNISTICO E LA RICOSTRUZIONE PALEOAMBIENTALE.....	78
3.4.1	<i>La questione cronologica</i>	79
3.5	L'INDUSTRIA LITICA	79
3.5.1	<i>Le aree di approvvigionamento delle materie prime</i>	79
3.5.2	<i>L'insieme degli strumenti litici</i>	81
4	MATERIALI E METODI.....	83
5	RISULTATI.....	89
5.1	ASSETTO STRATIGRAFICO E OSSERVAZIONI DI CAMPO	89
5.1.1	<i>Descrizione geoarcheologica delle unità principali</i>	91
5.2	ANALISI SEDIMENTOLOGICHE	94
5.2.1	<i>Analisi granulometriche e tessiturali</i>	94
5.2.2	<i>Contenuto di materia organica e carbonati</i>	96
5.3	ANALISI GEOCHIMICHE PRELIMINARI	96
5.4	MICROMORFOLOGIA ARCHEOLOGICA	98
5.4.1	<i>Le classi di materiali definite in sezione sottile</i>	98

5.4.2	<i>Descrizione sistematica delle unità principali</i>	104
5.4.3	<i>Analisi semiquantitativa sui frammenti ossei</i>	112
6	DISCUSSIONE	115
6.1	ORGANIZZAZIONE STRATIGRAFICA	116
6.2	APPORTI E DINAMICHE SEDIMENTARIE	117
6.2.1	<i>Apporto autoctono</i>	117
6.2.2	<i>Apporti alloctoni</i>	119
6.2.3	<i>Apporti biogenici e antropogenici</i>	121
6.2.4	<i>Dinamiche sedimentarie</i>	123
6.3	PROCESSI POSTDEPOSIZIONALI	124
6.3.1	<i>Implicazioni sul registro sedimentario e archeologico</i>	126
	GEOARCHEOLOGIA DI BALZI ROSSI MUSEO	127
	INTRODUZIONE	129
1	IL PALEOLITICO IN LIGURIA: CENNO	131
2	I BALZI ROSSI: INQUADRAMENTO E STORIA DELLE RICERCHE	133
2.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	134
2.1.1	<i>Stratigrafia della successione di avampese: il dominio delfinese-provenzale</i>	135
2.1.2	<i>La falesia dei Balzi Rossi</i>	138
2.1.3	<i>La superficie di erosione marina e la spiaggia tirreniana</i>	139
2.2	IL COMPLESSO ARCHEOLOGICO E LA STORIA DELLE RICERCHE	139
2.2.1	<i>Dalla scoperta ai primi ritrovamenti archeologici</i>	140
2.2.2	<i>Gli scavi sistematici del XX secolo</i>	141
2.2.3	<i>Gli interventi più recenti e le indagini in corso</i>	143
2.3	IL SITO DELL'EX CASINÒ DEI BALZI ROSSI	144
3	IL SITO ARCHEOLOGICO DI BALZI ROSSI MUSEO	147
3.1	IL DEPOSITO ARCHEOLOGICO: METODI DI SCAVO E ORGANIZZAZIONE STRATIGRAFICA	147
3.1.1	<i>La fauna e la ricostruzione paleoambientale</i>	150
3.1.2	<i>L'industria litica</i>	151
4	MATERIALI E METODI	153
5	RISULTATI	157
5.1	ASSETTO STRATIGRAFICO	157
5.1.1	<i>Descrizione geoarcheologica delle unità principali</i>	158
5.2	MICROMORFOLOGIA ARCHEOLOGICA	162
5.2.1	<i>Le classi di materiali</i>	162

5.2.2	<i>Descrizione sistematica delle unità principali</i>	170
6	DISCUSSIONE	185
6.1	ORGANIZZAZIONE STRATIGRAFICA.....	185
6.2	APPORTI SEDIMENTARI E DINAMICHE SEDIMENTARIE.....	186
6.2.1	<i>Apporti gravitativi</i>	187
6.2.2	<i>Processi di versante e accumulo detritico</i>	187
6.2.3	<i>Apporti ed erosione eolica</i>	189
6.2.4	<i>Apporti biogenici</i>	189
6.2.5	<i>Apporti antropogenici</i>	190
6.3	DINAMICHE SEDIMENTARIE.....	191
6.3.1	<i>Il deposito di falda detritica</i>	191
6.3.2	<i>Il Paleosuolo</i>	193
6.4	PROCESSI POSTDEPOSIZIONALI.....	196
6.5	RICOSTRUZIONE DELLA STORIA FORMATIVA DEL DEPOSITO.....	199
	DISCUSSIONE E CONCLUSIONI	201
	DISCUSSIONE E CONSIDERAZIONI FINALI	203
1.1	CRONISTORIA E CONSIDERAZIONI SUL PROGETTO DI RICERCA.....	203
1.2	METODI RECENTI E STUDI PREGRESSI.....	206
1.3	LIMITI E PROBLEMATICHE DEGLI STUDI PREGRESSI.....	208
1.4	CIOTA CIARA: CONSIDERAZIONI FINALI.....	209
1.4.1	<i>Prospettive future</i>	213
1.5	BALZI ROSSI MUSEO: CONSIDERAZIONI FINALI.....	214
1.5.1	<i>Prospettive future</i>	219
1.6	OSSERVAZIONI E RIFLESSIONI CONCLUSIVE.....	219
	BIBLIOGRAFIA	223
	APPENDICI	247
	RISULTATI DATAZIONI ESR/U.....	251
	CIOTA CIARA. SEZIONE STRATIGRAFICA W.....	253
	CIOTA CIARA. SCANSIONI DELLE SEZIONI SOTTILI.....	255
	RISULTATI ANALISI XRF.....	257
	RISULTATI ANALISI XRD: DIFFRATTOGRAMMI.....	259
	BALZI ROSSI MUSEO. SCANSIONI DELLE SEZIONI SOTTILI.....	261
	CIOTA CIARA. REPORT ANALISI GRANULOMETRICHE.....	263

ELENCO ABBREVIAZIONI

ca.	circa
cap.	capitolo
es.	esempio
l.s.	<i>lato sensu</i> (nel significato più ampio)
sez.	sezione
sp.	specie
q./qq.	quadrato/i (del reticolo di scavo archeologico)
v.	vedi
TS	sezione sottile – <i>thin section</i> (per analisi micromorfologiche)

GRANULOMETRIA

G	ghiaia/-e
S	sabbia/-e; Sg (grossolana), Sm (media), Sf (fine), Sff (finissima)
L	limo
A	argilla
F	franco

ELENCO DELLE SIGLE E DEGLI ACRONIMI

§	paragrafo (nella sezione corrente)
cal BP	datazione al radiocarbonio calibrata – <i>before present</i> (1950 AD)
ϕ	diametro della singola particella (in sedimentologia)
ka	migliaia di anni
MIS	Stadio Isotopico Marino – <i>Marine Isotopic Stage</i>
μm	micrometro, 10^{-6} m (unità di misura)
nm	nanometro, 10^{-9} m (unità di misura)
s.l.m.	sul livello del mare (considerato come livello fondamentale di valore pari a zero)
OIL	osservazione al microscopio a luce incidente – <i>oblique incident light</i>
PPL	osservazione al microscopio a luce polarizzata – <i>plane polarised light</i>
XPL	osservazione al microscopio a nicols incrociati – <i>cross polarised light</i>
N, S, E, W	punti cardinali: nord, sud, est, ovest (<i>west</i>) (e loro combinazioni)
X, Y	indicazione del valore di coordinata (ascissa e ordinata) nel piano cartesiano
Z	indicazione del valore della quota rispetto a quota di riferimento noto (in metri)

INDICE DELLE TABELLE

SEZIONE I

Tabella I. 1 Fonti d'informazione, discipline e tecniche delle scienze della Terra utilizzate in geoarcheologia.....	6
Tabella I. B Principali tipologie di processi postdeposizionali e di disturbo e rimaneggiamento di suoli e sedimenti in contesti archeologici, con relativa direzione generale del movimento dei manufatti	11
Tabella I. C. Tipologie di Unità Stratigrafiche e suddivisioni nelle classificazioni geoarcheologiche e geologiche	13
Tabella I. D. Suddivisione degli ambienti morfogenetici / sistemi sedimentari continentali e di transizione, correlati all'origine delle morfologie e ai principali agenti (morfogenetici e sedimentari) che vi attuano	16
Tabella I. E. Principali associazioni tra ambienti sedimentari e tipologie comuni di sedimenti rinvenuti all'interno dei depositi in siti all'aria aperta	24
Tabella I. F. Principali processi deposizionali e rispettivi sedimenti e materiali caratterizzanti i depositi di grotta	29
Tabella I. G. Scala granulometrica utilizzata per la descrizione micromorfologica.	36
Tabella I. H. Aggettivi per la definizione delle classi di abbondanza	47
Tabella I. I. Elenco dell'attrezzatura (hardware e software) usata per la digitalizzazione di sezioni sottili presso il Laboratorio Microfilm e Fotografia Digitale	48

SEZIONE II

Tabella II. A Principali caratteristiche delle unità osservate sul campo in occasione del sondaggio di scavo Isetti del 1964	74
Tabella II. B. Principali caratteristiche delle riconosciute nello Scavo II (1966) presso la Ciota Ciara e correlazione con gli strati osservati in situ.....	75
Tabella II. C Ciota Ciara: lista dei campioni di sedimento sciolto raccolti presso il settore Atrio e utilizzati per le analisi sedimentologiche	85
Tabella II. D Ciota Ciara: lista dei campioni micromorfologici raccolti presso il settore Atrio e analizzati in occasione della presente ricerca.....	86
Tabella II. E Ciota Ciara: lista, numero e provenienza dei campioni utilizzati per le analisi di ciascuna unità studiata	87
Tabella II. F Principali caratteristiche delle unità scavate (suddivisione e descrizioni aggiornate a partire dal 2013) ..	93
Tabella II. G Ciota Ciara: Principali caratteristiche micromorfologiche osservate nelle unità 13, 14 e 15 (I): microstruttura, porosità e micromassa.....	109
Tabella II. H Ciota Ciara: Principali caratteristiche micromorfologiche osservate nelle unità 13, 14 e 15 (II): componenti grossolani	110
Tabella II. I. Ciota Ciara: Principali caratteristiche micromorfologiche osservate nelle unità 13, 14 e 15 (III): pedofigure.....	111

SEZIONE III

Tabella III. A Sito dell'ex-Casinò dei Balzi Rossi: dati disponibili riguardo alla ricostruzione geo-cronologica della serie rinvenuta in corrispondenza dei tre lembi scavati durante gli interventi 1968-1970	145
Tabella III. B Balzi Rossi: lista dei campioni micromorfologici analizzati in occasione della presente ricerca; l'ordine nell'elenco segue quello stratigrafico.	154
Tabella III. C Balzi Rossi Museo: lista e numero dei campioni micromorfologici analizzati per ciascuna unità studiata	155
Tabella III. D Principali caratteristiche delle unità scavate	160
Tabella III. E Balzi Rossi Museo: Principali caratteristiche micromorfologiche osservate nei campioni analizzati per le unità Tetto (T), Breccia (Br) e Argilla (A1): (I) microstruttura, porosità e micromassa	176
Tabella III. F Balzi Rossi Museo: Principali caratteristiche micromorfologiche osservate nei campioni analizzati per le unità Tetto (T), Breccia (Br) e Argilla (A1): (II): componenti grossolani.....	178
Tabella III. G Balzi Rossi Museo: Principali caratteristiche micromorfologiche osservate nei campioni analizzati per le unità Tetto (T), Breccia (Br) e Argilla (A1): (III): pedofigure	181

INDICE DELLE FIGURE

SEZIONE I

- Figura I. 1. Microscopio petrografico da ricerca (mod. *Olympus* BX51P) con indicazione dei principali componenti. .45
Figura I. 2. Strumentazione utilizzata per la digitalizzazione delle sezioni sottili. 50

SEZIONE II

- Figura II. 1. Mappa di distribuzione dei siti Paleolitici noti nella regione Piemonte..... 59
Figura II. 2. Vista aerea del Monte Fenera, del fiume Sesia e della città di Borgosesia (VC) e mappa con isoipse. 61
Figura II. 3. Inquadramento geologico delle Alpi Meridionali; Schema cronostratigrafico della successione Permo-Giurassica delle Alpi Meridionali occidentali 63
Figura II. 4. Carta geologica dell'area Cusio-Biellesse e sezioni stratigrafiche rilevate a Sostegno e al Monte Fenera 64
Figura II. 5. Successione stratigrafica affiorante presso il Monte Fenera. 66
Figura II. 6. Grotta della Ciota Ciara: fotografia dell'entrata rivolta verso SW (2018); Schizzo della pianta della grotta, dell'asse maggiore e della griglia di scavo, con indicazione delle sezioni stratigrafiche. 71
Figura II. 7. Disegno della pianta della Ciota Ciara con indicazione degli interventi di scavo noti a partire dal 1964... 73
Figura II. 8. Ciota Ciara, settore ATRIO. Griglia di scavo attuale, con indicazione delle sezioni stratigrafiche: sezione N, lungo i qq. D2-D4, sezione W, lungo i qq. G2-D2; sezione E, lungo i qq. F4-D4..... 84
Figura II. 9. Ciota Ciara: Sezioni stratigrafiche lungo i Q F4-D4 e D4-D2 alla fine della campagna di scavo del 2016 .90
Figura II. 10 Rielaborazione grafica dei risultati tessiturali: diagramma ternario di Shepard e di Folk. 95
Figura II. 11. Fasci di curve cumulative da analisi tessiturali per le unità 13, 14, 15 e 16. 95
Figura II. 12. Ciota Ciara: contenuto di materia organica e carbonato di calcio 96
Figura II. 13. Ciota Ciara: microfoto dei componenti grossolani. 101
Figura II. 14. Ciota Ciara: microfoto dei componenti a composizione carbonatica..... 102
Figura II. 15. Ciota Ciara: microfoto dei componenti biogenici e antropogenici. 103
Figura II. 16. Ciota Ciara: microfoto delle pedofigure identificate nelle unità 13 e 14. 107
Figura II. 17. Ciota Ciara: microfoto della struttura e delle pedofigure dell'unità 15 108
Figura II. 18 Ciota Ciara: microfoto dei frammenti di ossa e delle pedofigure ad essi associate. 113
Figura II. 19 Ciota Ciara: presenza e sviluppo dei rivestimenti di ossidi di Fe-Mn sui frammenti di ossa osservati al microscopio: relazioni tra le dimensioni delle ossa e il grado di alterazione, per le unità 13, 14 e 15. . 114
Figura II. 20. Ciota Ciara: microfoto di alcuni componenti grossolani alloctoni (SIL) 120
Figura II. 21. Ciota Ciara: microfoto dei "ciottoletti esotici" 121

SEZIONE III

Figura III. 1 Mappa di distribuzione dei siti Paleolitici noti nella regione Liguria.	132
Figura III. 2 Posizione geografica dei Balzi Rossi.....	134
Figura III. 3 Carta geologica dell'area di Ventimiglia-Mentone, con legenda litologica semplificata e principali elementi strutturali	135
Figura III. 4. Schema stratigrafico semplificato dell'area studiata. Si possono riconoscere tre domini principali: Delfinese-Provenzale Orientale, "Schistes à blocs" e Ligure-Piemontese.	138
Figura III. 5 Pianta del complesso dei siti dei Balzi Rossi.....	140
Figura III. 6. Zona dell'ex-Casinò dei Balzi Rossi: veduta dall'alto durante gli scavi per la ricostruzione del fabbricato; sezione generale dello scavo tra la grotta dei Fanciulli e il mare.	144
Figura III. 7. Zona archeologica dei Balzi Rossi.	148
Figura III. 8. Balzi Rossi Museo, fotografie al termine della campagna di scavo del 1990: Settore di scavo A e B.....	149
Figura III. 9. Sezioni della trincea superiore (Settore A) e inferiore (Settore B) al termine degli scavi del 1990.....	150
Figura III. 10. Balzi Rossi Museo: sezione stratigrafica presso il Settore B alla fine degli scavi del 1990.....	161
Figura III. 11. Balzi Rossi Museo: microfoto dei componenti carbonatici (CRB).....	165
Figura III. 12. Balzi Rossi Museo: microfoto dei componenti silicoclastici (SIL).....	166
Figura III. 13. Balzi Rossi Museo: microfoto dei componenti biogenici (ABC).	167
Figura III. 14. Balzi Rossi Museo: microfoto dei componenti biogenici (ABC).	168
Figura III. 15. Balzi Rossi Museo: microfoto dei componenti antropogenici (ABC).	169
Figura III. 16. Balzi Rossi Museo: microfoto di alcune pedofigure.	171
Figura III. 17. Balzi Rossi Museo: microfoto della microstruttura e di alcune pedofigure delle unità Brecce.	175
Figura III. 18. Balzi Rossi Museo: microfoto delle pedofigure connesse alla mobilitazione del CaCO ₃ nelle Brecce. .	197
Figura III. 19. Ricostruzione della storia formativa del deposito di Balzi Rossi Museo.	200

INTRODUZIONE

CONTESTO OGGETTO E SCOPO DELL'ELABORATO

La ricerca archeologica è fortemente mutata nel corso degli ultimi decenni, adattando progressivamente il proprio assetto metodologico alle più recenti conoscenze raggiunte in diversi campi scientifici e alla sempre più diffusa accessibilità di nuove tecniche analitiche. Questo processo ha dato origine alle cosiddette 'scienze archeologiche', che in alcuni settori risultano ormai mature e a sé stanti (ad es. le tecniche di datazione radiometrica, gli studi in campo biologico, etc.). In altri casi, questa combinazione è ancora in fase di sviluppo e gran parte del lavoro scientifico finalizzato a risolvere problematiche specifiche viene svolto da istituzioni e gruppi di ricerca esterni, ai quali gli archeologi si appoggiano.

In questo contesto si inserisce anche la geoarcheologia: la sua rilevanza è unanimemente riconosciuta a livello internazionale dall'intera comunità scientifica che si interroga sul passato del genere umano, tanto che il numero delle collaborazioni è in costante crescita: basti pensare ai progetti su ampia scala degli ultimi decenni o anche solo inserire poche parole chiave nei motori di ricerca delle riviste di settore (ad es. "*site formation processes*", "*microstratigraphic*", "*chronostratigraphic*", etc.). Al contrario, è su scala locale che l'avvio di collaborazioni rimane più difficoltoso e, soprattutto, nell'ambito delle ricerche condotte in contesti privi di quegli aspetti eccezionali che richiamano l'attenzione del grande pubblico; condizioni, le ultime, che inevitabilmente veicolano maggiore disponibilità di risorse economiche e umane. La difficoltà principale risiede senza dubbio nella mancanza di una costante partecipazione dello specialista a partire dall'inizio dei lavori e della sua reiterata presenza sul terreno durante lo svolgimento delle indagini archeologiche. In molti casi, il lavoro del geoarcheologo inizia solo nelle ultime giornate della campagna di scavo, in occasione della ripresa dei lavori sul campo durante gli anni successivi o, addirittura, a distanza di anni dalla conclusione delle attività. Nella maggior parte dei casi, tale situazione è determinata dal fatto che il geoarcheologo viene ancora considerato come una figura accessoria, seppur specializzata, da interrogare solamente nel caso in cui insorgano questioni di difficile risoluzione per mezzo dell'applicazione di metodologie di natura puramente archeologica l. s. (ad es. il metodo tipologico, etc.). Le condizioni di lavoro appena descritte interessano comunemente un'ampia casistica di interventi e portano con sé una serie di problematiche che, in ultima analisi, si ripercuotono sul grado di approfondimento raggiungibile dalla stessa investigazione geoarcheologica.

Un altro fattore discriminante è, invece, intrinsecamente connesso alla natura e alle caratteristiche dei depositi indagati. Come precedentemente introdotto, i progressi scientifici e tecnologici in altri campi della ricerca – tra cui la microscopia, la chimica, la biologia, l'informatica, etc. – hanno reso disponibili un insieme di strumenti che permette di esaminare nuovi aspetti e di raggiungere livelli di dettaglio prima

impensabili (v. ad. es. Brothwell e Pollard 2005; Canti e Huisman 2015). Si vedano, a titolo esemplificativo, le numerose pubblicazioni che, a partire dalla fine del secolo scorso, hanno dedicato ampio spazio allo studio dei processi di formazione dei siti, ponendo l'accento sul ruolo svolto dall'intera gamma delle dinamiche geogeniche, biogeniche e antropogeniche nell'accumulo e nell'alterazione del registro archeologico e di quello sedimentario (ovvero del deposito stesso). Al contempo, nei lavori più recenti si osserva una naturale tendenza degli autori a concentrare i loro sforzi soprattutto sulla categoria di depositi descritti in letteratura come "ad alta risoluzione". Nello specifico, si tratta di contesti geomorfologici particolari che determinano un grado di conservazione eccezionale delle evidenze archeologiche e sedimentarie, preservandone l'integrità cronologico-spaziale e consentendone uno studio approfondito a più livelli. In questi casi, alle dinamiche formative si deve aggiungere anche una considerazione sull'azione dei processi postdeposizionali e diagenetici, i quali risultano ben distinguibili, parzialmente inibiti o comunque limitati nella loro azione di alterazione dei sedimenti e dei materiali archeologici. Si tratta, in particolare, di depositi di grotta o di siti all'aperto dove si verifica un rapido seppellimento del materiale archeologico, riconducibile alle fasi di frequentazione antropica. Le caratteristiche dell'ambiente sedimentario e dei sistemi deposizionali favoriscono qui la protezione del deposito contro gli agenti esterni e le alterazioni *in situ*, a partire dal momento dell'accumulo dei sedimenti e dei materiali archeologici fino al loro rinvenimento. Va da sé che le condizioni sopra elencate rientrano proprio tra quelle caratteristiche di eccezionalità cui si è fatto cenno in precedenza e che non possono pertanto corrispondere alla maggior parte delle situazioni con cui il ricercatore si confronti.

Agli aspetti legati all'integrità naturale del deposito, si aggiungono quelli conseguenti all'azione antropica, tra cui rientrano anche gli interventi degli archeologi. In tal senso, è qui necessario evidenziare come le attività di scavo, campionamento e documentazione giochino un ruolo fondamentale nel preservare l'interezza del dato archeologico-sedimentario e dei rapporti stratigrafici, nonché nel garantire la possibilità di un loro studio futuro. Se è pur vero che tale assunto possa sembrare scontato, chiunque si sia trovato a lavorare su depositi scavati durante i secoli scorsi sa bene che, in realtà, su questi aspetti non sempre è stata posta sufficiente attenzione. Gli strumenti utilizzati e le metodologie applicate in questi contesti hanno di certo sofferto di una maggiore limitazione rispetto alle ampie possibilità attuali, come risulta immediatamente evidente sia nelle modalità di intervento sul campo sia in quelle documentaristiche e interpretative. Considerandole alla luce dello stato dell'arte della ricerca, molte delle operazioni allora metodologicamente all'avanguardia sollevano oggi diverse criticità. Scorrendo le relazioni di scavo e le pubblicazioni prodotte durante il secolo scorso, si evince chiaramente che molte delle prospezioni superficiali, dei sondaggi e degli interventi di scavo effettuati erano finalizzati a risolvere problematiche e questioni che non coincidono con quelle attuali. Questo è ancora più evidente nel caso di ricerche condotte da amatori e non professionisti, i quali hanno spesso portato, più o meno inconsapevolmente, ad una consistente e irrimediabile perdita di informazioni contestuali. Risulta chiaro che, nell'ambito di questi

interventi, gli aspetti più propriamente scientifici – il cui studio è oggi fortemente incoraggiato – non fossero di certo considerati prioritari, né nell'immediato né tantomeno in ottica futura.

Il confronto tra lo scenario descritto e quello proprio della ricerca archeologica contemporanea induce inevitabilmente a riflettere su quali siano oggi il valore e l'attendibilità degli studi precedenti all'interno di un contesto caratterizzato da una rapida e costante evoluzione. Va infatti sottolineato che tra i depositi archeologici per i quali si evidenzia una carenza nel dato 'scientifico' rientrano anche alcuni siti classici, spesso citati e utilizzati come termini di confronto o di riferimento per nuovi studi e altri siti, magari di minore risonanza o importanza individuale, ma comunque essenziali per un ragionamento su ampia scala. Il riconoscimento di questo iato tra le indagini contemporanee e il dato prodotto in precedenza, seppur limitato ad aspetti intrinseci alle modalità di ricerca, ci spinge verso nuovi interrogativi e mette in evidenza come da un lato esistano incongruenze e dall'altro non si possa prescindere da tutto il lavoro svolto, indipendentemente dalla distanza metodologica. Preso atto di questa dicotomia, si conviene che una riconsiderazione in chiave moderna di studi effettuati nei secoli scorsi debba anch'essa essere annoverata tra gli scopi della ricerca contemporanea, al fine di favorire l'integrazione dei dati e un approfondimento delle conoscenze attuali in merito alle modalità di occupazione umana durante la preistoria.

Il presente lavoro prende spunto da quanto finora messo in evidenza e, nello specifico, si vuole inserire all'interno di un filone di ricerca più ampio, incentrato sulla contestualizzazione cronostratigrafica (quindi cronologica, stratigrafica e geoarcheologica) di siti paleolitici scavati in passato, ma che per diversi aspetti rivestono tuttora un ruolo centrale nella ricerca archeologica su scala nazionale e internazionale (v. ad es. Daura et al. 2010; Douka et al. 2012; Angelucci et al. 2013; Higham et al. 2014; Guérin et al. 2017). L'idea alla base è quella di concentrarsi su contesti noti, ma deficitari di uno studio geoarcheologico sistematico e completo, con il duplice obiettivo di ricostruirne le dinamiche formative e le alterazioni postdeposizionali e di testare l'utilità di tale approccio anche in siti che non possono essere qualificati come 'ad alta risoluzione'. Il focus della presente ricerca è volutamente posto su contesti paleolitici, dove il ruolo giocato dalla geoarcheologia può essere ancora più rilevante per via dell'intricata relazione tra il registro sedimentario e quello archeologico. Nello specifico, si è deciso di prendere in esame due siti paleolitici dell'Italia nord-occidentale, collocati in un areale che dal settore occidentale delle Alpi Meridionali raggiunge la costa tirrenica: Ciota Ciara, in Piemonte, e Balzi Rossi Museo (ex-Birreria), in Liguria. I depositi che questi conservano sono stati scavati e indagati rispettivamente tra gli anni '70 e gli anni '90, per la Ciota Ciara, e negli anni '90, per Balzi Rossi Museo. Entrambi i siti sono noti al dibattito internazionale incentrato sulle indagini relative al popolamento umano in Europa durante la Preistoria antica. La scelta è volontariamente ricaduta su depositi pleistocenici conservati in contesti geomorfologici diversi: un sito in grotta il primo e *open-air* il secondo. La finalità a cui essa tende è quindi quella di valutare l'impatto che ambienti/sistemi deposizionali tra loro distinti abbiano avuto sui depositi che conservano e, di conseguenza, di riflettere su quali siano le potenzialità e i limiti della metodologia in seguito proposta in relazione a ciascuna delle

tipologie analizzate. In concomitanza alla mancanza di uno studio geoarcheologico sistematico, un ulteriore elemento di connessione è da ricercarsi nella cronologia, in quanto entrambi i siti hanno restituito tracce di frequentazione umana riconducibili al Paleolitico Medio (attribuzione effettuata sulla base degli studi tipologici sull'industria litica rinvenuta). A tal proposito, è qui necessario fare un appunto sullo sviluppo del presente progetto di ricerca, aspetto poi discusso nella Sezione conclusiva: uno dei principali elementi di connessione tra i siti selezionati si sarebbe infatti dovuto ritrovare proprio nella vicinanza cronologica, la quale suggeriva una loro possibile sovrapposibilità in corrispondenza dell'ultimo Interglaciale (MIS 5) (v. discussione in Berto, 2016 e Cremaschi, 1991); l'impossibilità, almeno per il momento, di ottenere delle date assolute per Balzi Rossi Museo e, soprattutto, le recenti datazioni ESR U/Th effettuate presso la grotta della Ciota Ciara – le quali anticiperebbero sensibilmente la cronologia della frequentazione umana – ci esortano tuttavia a considerare ora con cautela questo aspetto.

Come già indicato, non si tratta di contesti ad alta risoluzione, ma di siti che a domande archeologiche ancora irrisolte affiancano problematiche che coinvolgono aspetti metodologici legati alle modalità di indagine e allo stato di conservazione dei depositi che custodiscono. In particolare, la Ciota Ciara è situata in una area del versante meridionale delle Alpi Occidentali dove non sono state registrate altre evidenze di occupazione che eguagliano o precedano la sua attuale attribuzione cronologica. Al contempo, prima del presente contributo, i depositi che conserva risultavano completamente privi di analisi incentrate sul registro stratigrafico. La frammentarietà dei dati e della documentazione prodotta in occasione delle campagne di scavo svolte durante il secolo scorso ha reso complessa la comprensione delle dinamiche deposizionali e postdeposizionali e non ha di certo agevolato la correlazione dei dati prodotti in passato con quelli dei più recenti interventi – iniziati nel 2009 – dell'Università degli Studi di Ferrara. Per quanto riguarda il sito di Balzi Rossi Museo, la sua collocazione all'interno dell'omonimo complesso preistorico di rilevanza internazionale costituisce essa stessa un elemento di interesse tale da giustificare la necessità di una rivalutazione in chiave moderna. In questo caso le osservazioni stratigrafiche sono state avviate già in fase di scavo (v. Cremaschi et al. 1991), ma un'analisi approfondita che prenda in considerazione anche gli aspetti microstratigrafici, nell'ambito di una correlazione con le altre evidenze conservate nel complesso – ad oggi considerevolmente incrementate sia nel numero sia nel grado di approfondimento – non è stata ultimata.

Da un punto di vista metodologico, in entrambi i casi è stato seguito un approccio geoarcheologico standard, ponendo l'attenzione sull'analisi dei processi di formazione e dei processi postdeposizionali (Goldberg e Macphail 2006; Rapp e Hill 2006). Le indagini sono iniziate sul terreno con la descrizione delle caratteristiche sedimentarie e stratigrafiche, per essere poi approfondite in laboratorio per mezzo di analisi sedimentologiche, geochimiche e microscopiche. Nell'ambito della presente ricerca si è quindi deciso di focalizzare l'attenzione soprattutto sul dato microstratigrafico, servendosi della tecnica dell'analisi micromorfologica, ovvero dello studio di suoli e sedimenti indisturbati a livello microscopico (Stoops 2003).

Spesso, le sole osservazioni di campo non sono infatti sufficienti per raggiungere una reale comprensione della complessità stratigrafica che li caratterizza. Nel caso di depositi di età preistorica, questo aspetto assume ancora maggiore rilevanza per via dell'elevata ricchezza informativa delle unità stratigrafiche – la quale, generalmente, risulta inversamente proporzionale ad uno spessore contenuto – e di altri fattori, tra cui la scarsa riconoscibilità delle strutture sedimentarie, la granulometria dei sedimenti, etc. (v. ad es. Karkanis e Goldberg 2018). La scelta di attuare questa strategia è stata determinata da un lato dalle condizioni di conservazione e di accessibilità dei siti, dall'altro dalla constatazione oggettiva che un'analisi microstratigrafica (v. anche micromorfologica) possedesse le maggiori potenzialità informative in relazione alla tipologia e alle caratteristiche dei depositi indagati. La correlazione del dato macroscopico e di quello microscopico ha pertanto consentito di esplorare aspetti prima ignorati e di formulare nuove considerazioni su base stratigrafica riguardanti entrambi i depositi.

Le analisi svolte nell'ambito della presente ricerca si propongono pertanto di:

- confrontare le evidenze riconosciute sul terreno con i dati ottenibili dalle osservazioni in sezione sottile, al fine di individuare evidenze riconducibili a processi deposizionali non desumibili dal solo livello macroscopico
- analizzare la composizione dei sedimenti e dei suoli al fine di individuare la provenienza dei componenti conservati all'interno del registro sedimentario
- verificare la presenza di indicatori di evidenze di processi postdeposizionali sulla microstruttura e sui componenti (ossa, frammenti di origine vegetale, residui di scheggiatura) e valutarne gli effetti sul registro sedimentario e su quello archeologico (ad es. bioturbazione, illuviazione di argilla, crioturbazione, etc.), al fine di ricostruire le variazioni nelle condizioni climatiche e ambientali
- verificare la presenza di evidenze materiali e di una microstratificazione antropica riconducibili a fasi di occupazione umana (ad es. residui di scheggiatura, superfici con evidenze di calpestio, etc.)
- verificare la presenza di elementi che possano essere diagnostici di specifici modelli comportamentali (rinvenimento di paleosuperfici e delle relative tracce connesse all'occupazione antropica, come ad esempio quelle di combustione, di accumulo di manufatti o altri materiali, etc.)

La somma di queste analisi mira alla compressione del deposito nel suo complesso e quindi a individuare le principali dinamiche sedimentarie responsabili della deposizione dei sedimenti, i processi di alterazione postdeposizionale e le evidenze riconducibili all'impatto antropico. Tali informazioni costituiscono i presupposti per stabilire il grado di integrità delle sequenze pleistoceniche indagate e dei materiali archeologici in esse conservati e investigati dalle altre discipline del domino archeologico. Riassumendo, lo scopo ultimo della ricerca è quindi quello di ricostruire la storia deposizionale di questi siti e di rivalutare il loro potenziale informativo all'interno dello studio delle modalità di gestione del territorio e di utilizzo

dello spazio da parte dei gruppi umani neandertaliani e di riconoscere eventuali evidenze di scelte insediative effettuate all'interno delle aree considerate. Da un punto di vista teorico, la presente ricerca vuole anche interrogarsi sull'utilità di studiare contesti come quelli analizzati, testando l'efficacia di un approccio sistematico nell'affrontare problematiche archeologiche e metodologiche di lungo corso, ma ancora oggi irrisolte.

LA STRUTTURA DELL'ELABORATO

Il presente elaborato è organizzato in quattro sezioni tra loro interconnesse. Nella *Sezione I* viene trattato il retroterra teorico e metodologico a cui fa riferimento l'intero lavoro. Dopo un breve accenno alla storia e alle implicazioni della geoarcheologia come disciplina, verranno discussi i principi e i concetti fondamentali per lo svolgimento di uno studio deposizionale dei siti archeologici, quali: il deposito, i processi formativi e la stratigrafia. Segue la presentazione degli aspetti principali che caratterizzano i depositi archeologici conservati presso contesti di grotta e all'aria aperta, facendo breve cenno ai processi deposizionali e postdeposizionali che interessano i diversi ambienti. Infine, viene presentata la metodologia adottata e riportate le principali caratteristiche degli strumenti utilizzati nel corso delle analisi. Le sezioni successive sono invece dedicate ai due casi studio trattati, rispettivamente la *Sezione II* alla Ciota Ciara e la *Sezione III* al sito di Balzi Rossi Museo. In entrambe vengono brevemente introdotti il contesto geografico, geologico e la storia delle ricerche per ciascun sito, ai quali seguono la presentazione e la discussione dei risultati ottenuti durante le fasi di ricerca alla luce dei metodi scelti. Una discussione complessiva sui dati ottenuti e il loro inquadramento all'interno del contesto più ampio della ricerca, così come sugli aspetti rimasti irrisolti e le relative prospettive di approfondimento future, sono invece presentati nella *Sezione IV*. Nella medesima trovano spazio anche alcune considerazioni conclusive sull'iter di lavoro, dove vengono messi in evidenza alcuni degli aspetti che più hanno influito sul suo svolgimento.

SEZIONE I

RETROTERRA TEORICO E METODOLOGICO

LA GEOARCHEOLOGIA: CENNO INTRODUTTIVO

La geoarcheologia è oggi sempre più imprescindibile per chi si cimenti nell'impresa di interpretare il registro archeologico. Da un punto di vista teorico, la definizione corrente la indica come la ricerca archeologica effettuata per mezzo di concetti e metodi propri delle scienze della Terra (Butzer 1982). Nella pratica, la geoarcheologia indaga, attraverso metodologie scientifiche, le dinamiche dei processi che avvengono sulla superficie terrestre con la finalità di raggiungere interpretazioni archeologiche. La disciplina elabora i dati secondo il metodo scientifico e fa riferimento all'intervallo temporale corrispondente alla presenza umana sul pianeta: il Quaternario. Gli obiettivi che la geoarcheologia si propone possono variare sulla base dei diversi contesti con cui si confronta, ma le questioni che tenta di risolvere rimangono sempre di natura archeologica. Per raggiungere tale scopo, essa prende in considerazione l'intera gamma dei fattori antropici e naturali, nonché le loro interconnessioni. Il fine è pertanto la comprensione dei processi formativi dei depositi custoditi dai siti archeologici all'interno del loro contesto ambientale e quindi di tutti i mutamenti che li hanno interessati nel corso del tempo. In ultima analisi, la geoarcheologia fornisce gli strumenti per studiare le connessioni a lungo termine tra le popolazioni umane e gli altri componenti della geosfera e della biosfera (Hill e Rapp 2014:3008).

1.1 Sviluppo e dominio

La storia della geoarcheologia affonda le sue radici a partire tra la fine del 1700 e il 1800, nell'ambito dell'interesse rivolto alla cronologia stratigrafica, all'“antichità dell'uomo” e alla sua interazione con la natura¹ (Hill 2017). La nuova “archeologia scientifica” (Trigger 1989), in quel momento in fase di sviluppo, si è presto rivolta alla geologia, dalla quale ha ripreso il concetto di stratigrafia, e alle scienze naturali, per lo studio dei depositi, dei processi e delle evidenze naturali² (Nicosia 2018). A partire dalla metà del secolo scorso e nell'ambito dello sviluppo del dialogo interdisciplinare avviatosi con i nuovi approcci teorici degli anni '60-'70, comincia quindi a farsi strada anche l'idea di individuare nella geoarcheologia una disciplina

¹ Per una cronistoria esaustiva dello sviluppo del concetto e della disciplina, oltre che del suo rapporto con l'archeologia e le Scienze della Terra a partire dalle prime interazioni sino ad oggi, si rimanda alle recenti revisioni proposte da Rapp e Hill 2006; Hill e Rapp 2014; Hill 2017.

² Per approfondimenti sul significato dei termini e dei concetti qui introdotti all'interno del dibattito interdisciplinare, si rimanda alla discussione riportata nel Cap.2.

a sé stante³. È infatti all'inizio degli anni '70 che il termine "*geoarchaeology*" viene utilizzato per la prima volta in letteratura, parallelamente o contrapposto ad "*archaeological geology*", per indicare i vari approcci di ricerca nell'ambito archeologico che si sono serviti dell'appoggio di tecniche proprie delle geoscienze⁴. Nel corso degli anni sono state quindi avanzate diverse proposte per definire la geoarcheologia (v. ad es. Renfrew 1976:2; Gladfelter 1981:343; Butzer 1982:35; Waters 1992:3–4; Rapp e Hill 1998:1–2; Cremaschi 2000:3), rispettivamente basate sulle problematiche prese in esame, gli strumenti utilizzati per analizzarle e il retroterra degli specialisti che hanno avanzato le proprie proposte (v. ad es. discussione in Leach 1992). Il dibattito sulla sua considerazione in qualità di disciplina a sé stante e su quali fossero i suoi obiettivi specifici in rapporto alle altre Scienze naturali e all'archeologia è perdurata almeno fino alla fine del secolo scorso (Rapp e Hill 2006:1–20) e, per certi aspetti, non si è ancora del tutto esaurito, come si evince ad esempio dai dibattiti sul rapporto tra la geoarcheologia e la 'geologia archeologica', l'archo-metria e l'archeologia ambientale (v. ad es. Canti 2001; Butzer 2008; Chazan 2017; Hill e Rapp 2014). Durante il suo sviluppo, la ricerca geoarcheologica non si è comunque limitata alla sola applicazione dei metodi delle Scienze della Terra all'archeologia, ma si è progressivamente incentrata sullo studio dei modelli a lungo termine delle interazioni tra gli esseri umani e il sistema naturale (Hill 2005). I metodi di cui si serve la allineano quindi con l'archeologia ambientale e la geologia del Quaternario, in un quadro che si connette agli approcci usati nella geografia fisica, nella geomorfologia, nell'ecologia storica e nell'archeologia del paesaggio: in un certo senso, la geoarcheologia potrebbe pertanto essere indicata come "una scienza ecologica che studia le relazioni tra gli uomini e la terra" (Hill 2017:292). Alla luce di quanto finora riportato, si coglie quindi l'occasione per rimarcare che la Geoarcheologia oggi non può più essere genericamente assimilata all'archeologia e alle Scienze della Terra, bensì può e deve essere considerata come una disciplina a sé stante.

1.2 L'approccio geoarcheologico

In virtù della sua natura interdisciplinare sopra descritta, la geoarcheologia si trova inevitabilmente a confrontarsi con una vasta gamma di aspetti della ricerca archeologica e per la loro indagine presuppone pertanto l'impostazione di un approccio 'multiscalare', ovvero orientato verso molteplici livelli (o scale) di analisi (Butzer 2008). Questi possono essere affrontati servendosi di svariate tecniche analitiche che il geoarcheologo deve scegliere sulla base delle problematiche archeologiche con le quali si confronta (v. ad es. Butzer 1982; Goldberg e Macphail 2006; Rapp e Hill 2006; Butzer 2008; Angelucci 2018; Karkanas e

³ Si fa qui soprattutto riferimento alla *New Archeology* (Ferring 1994), alla *Contextual Archaeology* (ad es. Butzer 1982; Clarke 1968, 1972) e alla *Behavioral Archeology* (ad es. Gladfelter 1981; M. B. Schiffer 1987; Schiffer 1995).

⁴ La prima menzione del termine "*geoarchaeology*" è ad opera di Karl W. Butzer (Hill 2017) nel titolo del primo articolo del primo volume del *Journal of Archaeological Science* (Butzer 1974), dopo aver utilizzato l'aggettivo "*geoarchaeological*" in un articolo dell'anno precedente (Butzer 1973:315).

Goldberg 2018). Ricollegandosi a quanto riportato in precedenza, l'obiettivo finale della loro integrazione consiste nella ricostruzione delle relazioni dei gruppi umani del passato con il contesto ambientale in cui essi hanno vissuto. Nel tentativo di proporre una sintesi, le principali domande a cui la geoarcheologia tenta di dare risposta sono rivolte alle seguenti questioni:

- la localizzazione e la datazione dei siti e dei depositi archeologici;
- la documentazione del paesaggio, in merito ai registri sedimentologici e stratigrafici presenti e passati: identificazione, descrizione e analisi dei sedimenti, dei suoli e delle materie prime;
- la cronologia e la stratigrafia: ricostruzione delle successioni stratigrafiche e delle sequenze cronologiche a scala locale o regionale;
- lo studio dei contesti paleoambientali: individuazione delle caratteristiche fisiche, delle modificazioni nel tempo degli ambienti e delle oscillazioni climatiche su scala globale o locale;
- le interazioni uomo-ambiente: utilizzo delle risorse naturali in relazione allo sfruttamento del territorio, valutazione dell'impatto antropico sul paesaggio e delle modalità di popolamento;
- i processi di formazione del registro archeologico: determinazione della genesi dei depositi, delle alterazioni postdeposizionali e integrazione ecologica dei siti archeologici.

Da un punto di vista operativo, il geoarcheologo può dunque sviluppare la sua strategia a seconda delle problematiche specifiche che incontra e alle condizioni imposte dal progetto di ricerca cui fa riferimento. L'approccio geoarcheologico standard generalmente prevede:

- una fase iniziale per la formulazione delle questioni archeologiche da risolvere, l'identificazione delle relative fonti disponibili e la scelta della strategia d'azione;
- una fase operativa della ricerca che prevede la raccolta dei dati tramite l'utilizzo degli strumenti e delle tecniche delle Scienze della Terra (v. ad es. Tabella I. 1);
- Le attività iniziano sul terreno e prevedono in prima istanza la descrizione delle caratteristiche del sedimento e della successione stratigrafica indagata (Courty, Goldberg, e Macphail 1989; Cremaschi 2000; Cremaschi e Rodolfi 1991; Goldberg e Macphail 2006), a cui seguono quindi analisi di laboratorio e la discussione dei risultati;
- una fase interpretativa, con l'elaborazione di modelli geoarcheologici a partire dai dati raccolti e il confronto con le conoscenze disponibili durante la fase iniziale;
- una fase divulgativa e l'eventuale inizio di un nuovo percorso di ricerca a partire dal primo punto.

Tabella I. 1 Fonti d'informazione, discipline e tecniche delle scienze della Terra utilizzate in geoarcheologia (modificato da Angelucci 2018:6)

Fonti	Discipline	Tecniche (esempio)
rilievo e forme	Geomorfologia	prospezione geomorfologica, morfometria, fotografia aerea
sedimenti	Sedimentologia	rilevamento di campo, analisi di laboratorio, analisi de facies, micromorfologia
suolo	Pedologia	rilevamento di campo, analisi di laboratorio, classificazione pedologica, micromorfologia
stratificazione (sedimenti e suoli)	Stratigrafia	rilevamento di campo, analisi de facies
età	Cronologia	analisi stratigrafica e correlazioni, datazioni
manufatti	Tafonomia, Tracceologia, Petrografia, etc.	caratterizzazione petrografica, analisi microscopica
sedimenti e suoli	Geofisica Geotecnica	prospezione geofisica, prospezione geognostica
organizzazione del territorio	(varia)	ex. <i>land evaluation</i>

PRINCIPI PER LO STUDIO DEPOSIZIONALE DEI SITI ARCHEOLOGICI

Già a partire dagli inizi del secolo scorso, il progressivo sviluppo di nuovi metodi di indagine ha portato archeologi e geoarcheologi ad interrogarsi sul significato del proprio lavoro, degli oggetti studiati e dei principi seguiti per la loro descrizione e interpretazione all'interno del dibattito interdisciplinare. Al fine di fare chiarezza sul significato dei concetti che fondano la base della ricerca geoarcheologica, ne viene introdotta e discussa la terminologia corrente, cui è stato fatto riferimento anche nel corso dell'elaborato. In particolare, il focus viene posto sui concetti di "deposito", di "processo formativo" e di "stratigrafia", sui quali, di fatto, si fonda ogni attività di scavo stratigrafico. Nel corso dello sviluppo storico della ricerca archeologica *l. s.*, questi termini sono stati utilizzati con svariate finalità, tanto da assumere significati mutevoli a seconda degli approcci disciplinari che sono andati sviluppandosi nel tempo. Nel presente capitolo viene pertanto riportata una breve discussione sulla loro evoluzione semantica, in funzione di quello più propriamente geoarcheologico (v. §1.1), il quale implica la conoscenza di un linguaggio specifico al fine di poterne comprendere il reale contributo in rapporto alla complessità delle indagini archeologiche.

2.1 Il deposito archeologico

Durante lo sviluppo della ricerca archeologica e la definizione dei suoi fondamenti teorici, il concetto di 'deposito' è stato utilizzato per svariati scopi (v. ad es. discussione in Stein 1987). Il dibattito sul suo significato ai fini della ricerca assume tuttavia particolare interesse quando l'approccio ecologico⁵ (Watson, LeBlanc, e Redman 1984), fondato sulla ricostruzione del paesaggio e del paleoambiente, inizia progressivamente a oscurare quello storico-culturale. In estrema sintesi, si potrebbe dire che il riconoscimento dell'influenza dell'ambiente sui sistemi culturali del passato ha portato la ricerca a focalizzarsi non più esclusivamente sul reperto archeologico, ma a prendere piuttosto in considerazione anche l'intero contesto in cui esso si inserisce.

Da un punto di vista sedimentologico, con il termine deposito si intendono tutti quei materiali inorganici e organici, solidi, che si accumulano sulla superficie terrestre come conseguenza di processi naturali (veicolati da agenti quali gravità, acqua, ghiaccio, vento e animali) e antropici, spesso attivi in concomitanza dei primi. I depositi (qui sinonimo di sedimenti) seguono il ciclo degli eventi definiti dai principi del ciclo sedimentario (Stein 2001), i quali prevedono l'attivazione consecutiva (o consequenziale) di diversi

⁵ L'approccio ecologico è conosciuto anche come archeologia ambientale (Willey e Sabloff 1993) o prospettiva geografica (Daniel 1976).

processi: alterazione, erosione, trasporto, sedimentazione, seppellimento e diagenesi (Krumbein e Sloss 1963; Reineck e Singh 1986). L'analisi e la ricostruzione di queste fasi stanno alla base della comprensione dei processi deposizionali che sono responsabili della formazione del deposito stesso. In questo senso, tutti i sedimenti che lo costituiscono sono da intendersi come riconducibili ad eventi deposizionali *ex abrupto* o prolungati nel tempo, durante i quali le fonti del materiale, gli agenti di trasporto e l'ambiente deposizionale sono rimasti invariati (Stein 1987). Ogni particella sedimentaria risulta di conseguenza relazionata alle altre e il deposito stesso definito dalle proprietà fisico-chimiche e dagli attributi dei sedimenti che contiene (Stein 1987). Le modalità in cui i diversi processi coinvolti hanno agito durante la deposizione sono invece riflesse nella tessitura dei sedimenti e, in particolare, nell'organizzazione spaziale finale assunta dai componenti (*fabric*) (Karkanas e Goldberg 2018; Stoops 2003). Va inoltre qui indicato che una delle principali caratteristiche dei sedimenti consiste nell'organizzarsi in corpi stratificati, ovvero in unità discrete e tra loro distinte che generalmente presentano un'estensione laterale di ordine superiore allo spessore. Il loro insieme, contestualmente alle discontinuità verticali e laterali che ne delimitano l'estensione, costituisce la stratificazione (v. §2.3 più sotto).

Per definizione, tutti i reperti archeologici vengono recuperati scavando i depositi e, di conseguenza, ne costituiscono anch'essi parte integrante al pari dei sedimenti. Il concetto che sta alla base di questa affermazione presuppone quindi l'esistenza di una relazione codificata tra i sedimenti e i manufatti in essi contenuti, secondo la quale entrambi i termini ne costituiscono parte integrante e inseparabile (Stein, 1987; Karkanas e Goldberg, 2018). Sulla base di questo assunto, anche la deposizione dei reperti è da considerarsi contemporanea a quella dei sedimenti inglobanti, sempre tenendo in considerazione l'azione dei processi sin- e postdeposizionali che possono attivarsi (v. §1.1.1 e Tabella I. B più sotto) e i limiti determinati dalla risoluzione temporale raggiungibile in fase analitica. Di conseguenza, esclusivamente uno studio integrale (ovvero multiscalare, v. §1.2) dei depositi può consentire di ricostruire l'interezza del registro archeologico: ad esempio, solo l'indagine sulla natura dei componenti (minerale o organica) permette di formulare delle ipotesi relative ai processi che hanno influenzato la loro conservazione differenziale, l'alterazione fisico-chimica e la scomparsa dei materiali archeologici (Weiner 2010:46-67).

Sulla base di quanto detto finora, si converrà che per interpretare correttamente tutti gli aspetti concernenti lo studio di un sito archeologico sia prima necessario indagare il contesto in cui esso si inserisce e la successione stratigrafica che conserva. Questo si traduce proprio nel porre il focus sui depositi, i quali costituiscono le più piccole unità deposizionali riconoscibili e definiscono pertanto anche il maggior livello informativo ottenibile, la risoluzione temporale e il significato archeologico e antropologico (Goldberg et al. 2009; Karkanas e Goldberg 2018). Seguendo un approccio di questo tipo, risulta quindi di fondamentale importanza ricostruire i processi deposizionali che hanno portato alla formazione del deposito preso in esame, riconoscendo e isolando al contempo il ruolo dei processi postdeposizionali e degli aspetti che hanno influenzato la sua conservazione.

2.2 Processi formativi e deposizionali

Lo studio dei 'processi di formazione dei siti archeologici' è oggi un aspetto cruciale della ricerca archeologica, ma il concetto che vi sta alla base implica la comprensione di un retroterra teoretico e metodologico più esteso e complesso rispetto al solo significato letterale dei termini (v. ad es. discussione in Stein 2001). L'attenzione su queste tematiche è stata introdotta per la prima volta negli Anni '60 negli Stati Uniti con la nascita dell'archeologia processuale⁶, la quale abbandona l'approccio tipicamente storico della ricerca archeologica e la indirizza verso uno più propriamente scientifico. Da questo momento il focus viene gradualmente spostato dalla sola interpretazione dei manufatti allo studio della storia deposizionale dei siti che li conservano e alla ricostruzione del contesto paleoambientale in cui si inseriscono. Questi aspetti diventano l'oggetto di studio primario di diverse discipline accessorie fondate sull'applicazione sistematica di metodologie di derivazione scientifica, quali ad esempio la geoarcheologia, la tafonomia, etc. Il successivo sviluppo negli Anni '70 dell'approccio comportamentale⁷ introdotto da Michael Schiffer preparò, invece, il retroterra teorico sulla base del quale si fonda l'intero dibattito sul concetto. Schiffer (1987:7) definisce i processi formativi come "i fattori che creano i registri storici e archeologici". Egli suggerisce che i sistemi culturali del passato connessi ai comportamenti umani originari associati ai manufatti ("contesto sistemico") subiscano trasformazioni determinate da processi culturali (*C-transforms*) e naturali (*N-transforms*). Lo studio dei processi formativi si deve concentrare su entrambi gli aspetti, i quali sono in ultima analisi responsabili della formazione del contesto archeologico (Schiffer 1972, 1976; Schiffer 1987). Per i processi culturali vengono presi in considerazione i manufatti contenuti all'interno dei depositi, al fine di spiegare "come il registro archeologico venga prodotto in termini di espliciti modelli, teorie e leggi relative al funzionamento dei sistemi culturali" (Schiffer 1972:156). Questi comprendono sia i processi responsabili dell'accumulo e del precedente utilizzo dei materiali (i comportamenti umani), sia i processi che introducono modifiche o che oscurano i primi, a partire dalle attività ad essi contemporanee fino all'azione degli archeologi. La ricostruzione del comportamento umano deve essere dedotta dal contesto archeologico (il deposito), che egli definisce come la distribuzione e l'organizzazione spaziale tridimensionale dei singoli manufatti all'interno del sito. Affinché si possano trarre conclusioni sul comportamento umano a partire dal contesto archeologico, è quindi necessario comprendere

⁶ L'archeologia processuale (*New Archaeology*) ha posto l'accento sull'applicazione di metodi scientifici derivanti da altre discipline, servendosene per lo studio dei processi di formazione, la costruzione di modelli e la verifica di ipotesi nella ricerca e nell'identificazione di leggi generali relative al comportamento umano (v. ad es. Binford e Binford 1968; Clarke 1968; Paddayya 2014; Watson, LeBlanc, e Redman 1971).

⁷ L'archeologia comportamentale (*Behavioral Archaeology*), ispirata dall'archeologia processuale, è una scienza sociale con un approccio unico allo studio del comportamento umano che ha ridefinito l'archeologia come disciplina incentrata sul ruolo degli oggetti materiali, considerandoli non come un regno separato bensì come un attributo dell'azione umana in tutte le attività antropiche passate e presenti (v. ad es. Binford 1981; Reid, Schiffer, e Rathje 1975; Schiffer 1976, 1995; Walker e Schiffer 2014).

come questo si sia formato (Waters 1992:11). Le trasformazioni determinate da agenti naturali comprendono, invece, tutti i processi che disturbano, alterano e obliterano le configurazioni originali tra gli oggetti e che contestualmente portano alla formazione del deposito, così come si presenta al momento dello scavo (v. discussione in Karkanas e Goldberg 2018 e Shahack-Gross 2017).

A partire da questo momento, il concetto di “processo formativo” assumerà progressivamente (in letteratura) una doppia valenza: da una parte manterrà il valore teoretico, proprio dell’archeologia comportamentale, mentre dall’altra assumerà il significato di “processo deposizionale”, mutuato delle Scienze della Terra e proprio di molte di quelle che si svilupperanno come scienze archeologiche⁸. Nel primo caso il termine identifica i “processi di formazione culturale” (*cultural formational processes*) individuabili nel ruolo delle leggi comportamentali e delle attività umane nella creazione del registro archeologico, il quale viene pertanto ricostruito a partire dall’analisi e dall’interpretazione dei manufatti. Nel secondo caso, lo studio viene esteso all’intero contesto archeologico e l’unità analitica fondamentale spostata dal manufatto all’intero deposito, considerando sia i processi naturali sia quelli antropici che ne hanno determinato la formazione (v. ad es. Goldberg, Nash, e Petraglia 1993; Nash e Petraglia 1987).

I processi naturali trasportano e accumulano nuovi materiali (sedimenti e manufatti) all’interno del sito e spesso determinano la ridistribuzione e l’alterazione di quelli già presenti. L’occorrenza o meno dei diversi processi in corrispondenza di un determinato sito è estremamente variabile e dipende da molteplici fattori, tra cui si possono annoverare la sua cronologia, le condizioni paleoclimatiche e paleoambientali e le loro variazioni nel corso del tempo, la complessità delle modalità di occupazione umana, etc. Si deve comunque tenere conto che nell’ambito d’azione di uno stesso processo superficiale, i componenti geogenici e gli oggetti archeologici si comportano allo stesso modo (Gladfelter, Stein, e Farrand 2001) e la loro deposizione riflette l’energia degli stessi agenti deposizionali (acqua, vento, etc.) (Goldberg e MacPhail 2008). In questo senso, i manufatti devono essere considerati al pari dei sedimenti che li contengono e la loro analisi individuale (ad es. tipologica, funzionale, etc.) separata dall’indagine dei processi che hanno determinato il loro accumulo. Solamente in questo senso il concetto di “processi formativi” assume un significato analogo a quello di “processi deposizionali” usato in geologia e sedimentologia – il quale include allo stesso tempo anche i processi erosivi e quelli postdeposizionali (Goldberg e Macphail 2006; Karkanas e Goldberg 2018). Questo secondo approccio sta alla base anche della ricerca geoarcheologica, la quale si concentra sullo studio di entrambi i processi naturali e culturali e di come questi modellino il contesto del sito e del registro archeologico in esso contenuto (Mandel, Goldberg, e Holliday 2017).

⁸ Oggi per lo più afferenti all’archeometria (Tite 1991): campo di studi che si serve di tecniche e approcci propri delle discipline scientifiche per risolvere problematiche di natura archeologica (Henderson 2000).

Tabella I. B Principali tipologie di processi postdeposizionali e di disturbo e rimaneggiamento di suoli e sedimenti in contesti archeologici, con relativa direzione generale del movimento dei manufatti (modificato da Mandel et al. 2017; basata su Goldberg e Macphail 2006; Schaetzl e Anderson 2005)

Processo	Tipologia di processo o disturbo/rimaneggiamento	Direzione generale del movimento dei manufatti
Naturali: geogenici e biogenici		
Alluviale	Dispersione da scorrimento delle correnti d'acqua	Lungo la corrente (verso valle), con selezione del sedimento (rimozione della frazione fine e sovrapposizione dei manufatti)
Eolico	Dispersione da vento	Secondo la direzione del vento, con selezione del sedimento (rimozione della frazione fine e sovrapposizione dei manufatti)
Movimenti di massi o graviturbativo	Dispersione da processi di versante: soliflusso, reptazione, col-luviamento	Lungo il versante
Crioturbazione	Rimaneggiamento da gelo-disgelo	Verso l'alto e lateralmente
Argilliturbazione	Rimaneggiamento da processi vertici associati a minerali delle argille a reticolo espandibile	Verso l'alto o il basso
Acquaturbazione	Rimaneggiamento causato da flussi d'acqua ad elevata energia	In tutte le direzioni
Cristalloturbativo	Rimaneggiamento per crescita o soluzione di cristalli	In tutte le direzioni
Impatto	Rimaneggiamento dovuto all'im-patto inferto al terreno da grandi oggetti (anche antropogenici)	In tutte le direzioni
Sismico	Rimaneggiamento da terremoti e successivo riassetto superficiale	Verso il basso
Bioturbazione	Rimaneggiamento da attività di animali o piante	I manufatti più piccoli tendono a muoversi verso l'alto, quelli più grandi verso il basso; quando sepolti (biomantello) sembrano muoversi verso il basso. In tutte le direzioni quando seguono la crescita delle radici o gli sradicamenti di alberi, i quali possono portare anche ad un'inversione stratigrafica
Antropogenici		
Calpestio	Dispersione (anche ad opera di animali)	Verso il basso
Scavo, raccolta e altre attività antropiche	Dispersione selettiva	Asporto selettivo di manufatti e/o deposi-zione (casuale) in contesti diversi

2.2.1 Processi postdeposizionali

A partire dal momento successivo al suo accumulo, un deposito è esposto e soggetto all'azione di diversi agenti e processi che possono alterare i sedimenti che lo costituiscono, sia nella composizione sia nell'organizzazione spaziale. Questi processi portano a delle trasformazioni che da un punto di vista sedimentologico vengono definite come 'diagenetiche', ovvero indicano tutti i cambiamenti che avvengono in un sedimento a bassa temperatura e pressione dopo la deposizione (Allaby 2013:165). In corrispondenza dei depositi archeologici, tra i più comuni processi diagenetici si possono annoverare la pedogenesi, la bioturbazione (sia da flora, sia da fauna), la crioturbazione e numerose trasformazioni chimiche e fisiche – su tutte, l'alterazione dei minerali, l'ossidazione della materia organica, l'umificazione, la carbonatazione e la precipitazione chimica di sostanze (con possibile conseguente cementazione) (Karkanis e Goldberg 2018; Mandel et al. 2017). Una sintesi delle principali tipologie di processi di disturbo e rimaneggiamento di suoli e sedimenti in contesti archeologici in associazione alle direzioni del movimento dei manufatti da essi provocato è riportata nella Tabella I. B più sopra.

2.3 La stratigrafia

La stratigrafia è la scienza che si occupa dello studio della stratificazione, ovvero dell'interpretazione dei materiali stratificati (rocce, sedimenti e suoli) e delle loro discontinuità. Essa ne esamina l'origine, l'organizzazione tridimensionale (verticale e orizzontale) e i rapporti cronologici. Si tratta di una delle discipline fondamentali della geologia che inizia a svilupparsi già nel XVII secolo (v. ad es. Harris, Brown, e Brown 1993:1–7). La stratigrafia si articola in varie branche che, seppur unificate nei loro principi generali, differiscono in parte nei concetti e nelle tecniche di studio⁹; tra le principali rientrano:

- la litostratigrafia: caratteristiche litologiche e posizione stratigrafica
- la biostratigrafia: contenuto biologico (faunistico e floristico)
- la magnetostratigrafia: eventi ed epoche di polarità
- la climatostratigrafia: eventi climatici
- la pedostratigrafia: suoli e orizzonti di suoli
- la cronostratigrafia: età
- la stratigrafia archeologica: contenuto archeologico

⁹ I principi, le leggi e le unità della stratigrafia sono normalizzati dall'ICS (*International Commission on Stratigraphy*), un organismo che lavora su scala internazionale (<http://stratigraphy.org/>).

L'organizzazione nel tempo e nello spazio delle singole unità stratigrafiche implica, tuttavia, delle connessioni anche tra depositi distinti e, quindi, tra entità che si presentano separate sul terreno, rendendo complessa la definizione e la ricostruzione dei loro rapporti. Per stabilire queste correlazioni, la stratigrafia ricorre ad una classificazione specifica che prevede una suddivisione del deposito in diverse "unità stratigrafiche", riconoscibili su basi rispettivamente spaziali (contenuto e limiti fisici dei singoli strati) o temporali (datazioni assolute)¹⁰ (Goldberg, Holliday, e Mandel 2017; Schoch 1989; Stein e Holliday 2017). In questa sede, ci si concentra sulle principali classificazioni e le relative suddivisioni formali comunemente utilizzate in geoarcheologia e geologia (v. Tabella I. C) (v. Stein e Holliday 2017:33–38 per ulteriori dettagli).

Tabella I. C. Tipologie di *Unità Stratigrafiche* e suddivisioni formali nelle classificazioni geoarcheologiche e geologiche (modificata da Goldberg et al. 2017; Stein e Holliday 2017)

Elemento	Classificazione	Suddivisione	Classificazione	Suddivisione
Base	geoarcheologica	formale	geologica	formale
Litologia	Unità litostratigrafica (tempo-trasgressiva)	Strato/livello, sub-strato/livello, inclusione; unità di sedimento elementare	Unità litostratigrafica (tempo-trasgressiva)	Formazione, membro, letto
Tempo	Unità cronostatigrafica (intervallo temporale specifico)	Set, fase, sotto-fase	Unità Geocronologica (intervallo temporale specifico)	Eone, era, periodo, epoca, età
Fossili	Unità biostratigrafica (tempo-trasgressiva)	Biozona	unità Biostratigrafica (tempo-trasgressiva)	Biozona
Manufatti	Unità etnostratigrafica (tempo-trasgressiva)	Zona, supra-zona, sub-zona		Nessuno

Nell'ambito dello scavo stratigrafico, gli archeologi considerano la stratigrafia, i depositi, le evidenze e i manufatti alla scala del sito e delle sue immediate vicinanze (Stein e Linse 1993). L'organizzazione degli strati non è tuttavia un oggetto che possa essere semplicemente descritto in termini di forma e colore: è un concetto che si acquisisce in seguito alla valutazione dei dati (Hanson 1958). Diverse scuole di pensiero hanno sviluppato i loro modelli di analisi stratigrafica proprio a partire dai componenti che definiscono la sequenza cronologica di un sito: il deposito, gli oggetti e gli elementi architettonici (Warburton 2003). Gli archeologi si sono serviti dei concetti della stratigrafia per definire e correlare i sedimenti (depositi) e la loro organizzazione riconosciuta sul terreno con i materiali archeologici in essi contenuti (v. ad es. Gasche e Tunca 1983; Harris 1989; Harris et al. 1993; Lyman e O'Brien 1999; Mills e Vega-Centeno 2005; Schiffer 1987; Stein 2000; Stein e Holliday 2017). Ad oggi, la stratigrafia archeologica si fonda su quattro leggi

¹⁰ La classificazione delle unità stratigrafiche è codificata nell'International Guide (Hedberg 1976) e nel più recente North American Stratigraphic Code (NACSN 2005). Per le definizioni delle singole unità stratigrafiche si rimanda quindi a questi testi e agli altri riferimenti Stratigraphic citati nel testo.

fondamentali (Harris et al. 1993), a loro volta mutate dai principi propri della stratigrafia geologica sedimentaria (v. litostratigrafia): (1) legge di sovrapposizione, (2) legge di orizzontalità originaria, (3) legge di continuità originaria e (4) legge di successione stratigrafica. Basandosi su queste leggi, essa permette di ricostruire l'ordine cronologico degli eventi e la rispettiva collocazione temporale dei manufatti, oltre a fornire le basi per la scelta e la definizione delle unità analitiche utilizzate per discutere le attività umane in corrispondenza dei siti (Balme e Paterson 2009). In ultima analisi si può quindi dire che i sedimenti e la stratigrafia forniscono il contesto assoluto dei manufatti (McAnany e Hodder 2009).

Per quanto riguarda la geoarcheologia, il concetto di stratigrafia ricalca in maniera più stretta i punti di vista geologico e deposizionale, i quali enfatizzano l'osservazione dei depositi principalmente a una scala geomorfologica (Goldberg et al. 2017). Anche nel caso dei contesti archeologici le successioni stratigrafiche si formano infatti perché gli ambienti sedimentari e i sistemi deposizionali sono dinamici e in continuo mutamento (Waters 1992:60) (v. Cap. 3). La stratigrafia, proprio in quanto costituente lo studio dell'origine, dell'organizzazione tridimensionale e dei rapporti cronologici dei materiali stratificati (rocce, sedimenti e suoli), permette quindi di analizzare le relazioni spaziali e temporali tra le unità deposizionali fondamentali per la (geo-)archeologia (unità stratigrafiche e depositi), sulla base delle quali è possibile esaminare anche il contesto e la storia formativa dei siti che le conservano (Karkanas e Goldberg 2018).

CONTESTI DEPOSIZIONALI A CONFRONTO: SITI ALL'APERTO E IN GROTTA

I dati ad oggi disponibili in merito ai cacciatori-raccoglitori preistorici indicano una mobilità estremamente elevata per i gruppi umani in età pleistocenica all'interno del territorio e, quindi, modalità abitative e comportamentali più o meno complesse ma generalmente non rappresentate da costruzioni architettoniche (Karkanas e Goldberg 2018:171). Fanno eccezione le evidenze di focolari strutturati, come ad esempio nelle grotte di Bruniquel (Jaubert et al. 2016), del Lazaret (Valensi et al. 2013) e di Pincevent (Leroi-Gourhan 1984) in Francia, di Qesem in Israele (Shahack-Gross et al. 2014) e di Klissoura 1 in Grecia (Karkanas et al. 2004); a queste si possono aggiungere altri limitati ritrovamenti unici nel loro genere, come gli allineamenti di pietre presso la grotta Üçağızlı in Turchia (Kuhn et al. 2009). Sulla base delle evidenze note – e all'opposto di quanto avviene per gli spazi costruiti e recintati di molti siti olocenici –, i contesti cui si sta facendo riferimento possono essere generalmente raggruppati in due categorie fondamentali: i siti all'aperto e le grotte (Straus 1979). Entrambe sono caratterizzate da un insieme di processi formativi l. s. (v. §2.2) che presentano caratteristiche ricorrenti, quando osservate all'interno di contesti geomorfologici simili, anche se situati in aree geografiche differenti o distanti.

Si ritiene opportuno fare qui una premessa in merito ai concetti che verranno ripresi in fase di discussione dei dati. A tal proposito, nel presente capitolo vengono introdotti gli aspetti fondamentali che caratterizzano i sistemi deposizionali in grado ospitare siti archeologici all'aperto e in grotta, evidenziando il ruolo dei rispettivi processi morfogenetici e sedimentari nell'accumulo e nella conservazione dei depositi che custodiscono. È noto che sulla superficie terrestre agiscono processi di carattere fisico, chimico, biologico e antropico che la modellano e la modificano. In geomorfologia, ciascuno di essi può essere definito come *"l'insieme o il sistema di relazioni che si stabiliscono tra le azioni svolte da agenti della dinamica terrestre e i loro prodotti o risultati"* (Pedraza 1996:43). Appare quindi evidente una stretta analogia tra gli agenti e i processi morfogenetici (appena definiti) e quelli sedimentari, studiati dalla sedimentologia (v. ad es. Cap. 2): se i 'prodotti' dei primi sono gli ambienti morfogenetici, quelli dei secondi sono i sistemi sedimentari. Sebbene i due concetti siano tra loro differenti, così come la terminologia utilizzata per il loro studio, in entrambi i casi si tratta di porzioni della superficie terrestre dominate da processi specifici dove si riconosce un insieme di morfologie, cui si correlano determinate associazioni di *facies* sedimentarie (Ricci Lucchi 1980b; Panizza 1995; Castiglioni 1998). Preso atto di questo – e tenendo sempre presente che la ricerca qui discussa si sviluppa sulla base di un approccio geoarcheologico e non pu-

ramente geomorfologico o sedimentologico –, si è deciso di operare una semplificazione e parlare di ‘ambienti sedimentari’ o ‘sistemi deposizionali’, intendendo con essi porzioni della superficie terrestre dove agiscono determinati processi specifici, diversi da quelli del suo intorno (Angelucci 2018). In base alla loro posizione, una prima macro-distinzione può essere operata tra ambienti continentali, marini e di transizione (o misti). Tralasciando gli ambienti marini, di scarso interesse in questa sede, nella Tabella I. D viene proposta una suddivisione semplificata dei principali ambienti morfogenetici/sistemi sedimentari, con lo scopo di mostrare i principali agenti che vi attuano.

Tabella I. D. Suddivisione (semplificata) degli ambienti morfogenetici / sistemi sedimentari continentali e di transizione, correlati all’origine delle morfologie e ai principali agenti (morfogenetici e sedimentari) che vi attuano (modificata da Angelucci 2018)

<i>origine delle morfologie</i>	<i>posizione</i>	<i>ambiente /sistema</i>	<i>agenti principali (+ altri)</i>
endogena	continentale	vulcaniche	vulcanismo (influenzate da litologia, struttura e tettonica)
mista		carsiche	carsiche
esogena		di versante	forza di gravità (+ acque correnti non incanalate)
		alluvionale	acque correnti incanalate
		eolico	vento
		di sorgente	emersione in superficie di falda acquifera
		lacustre e palustre	acque ferme (+ acque correnti)
		glaciale	ghiacciai (masse glaciali in movimento)
		crionivale (o "periglaciale")	neve e ghiaccio (non in movimento)
		di grotta e riparo	vario
	di transizione	di spiaggia	moto ondoso e correnti marine (+ vento) di transizione
		deltizio	moto ondoso, correnti marine, acque correnti e acque ferme
		di piana di marea e di estuario	correnti di marea (+ acque correnti e acque ferme)

Come introdotto in precedenza, le sezioni successive dell’elaborato saranno dedicate alla presentazione dello studio svolto sui due siti selezionati. Qui si rammenta solamente che entrambi conservano evidenze riconducibili a frequentazioni umane di età pleistocenica, ma che al contempo si situano all’interno di ambienti sedimentari tra loro diversi: all’aperto, ai piedi di una falesia in prossimità della linea di costa i Balzi Rossi, in un contesto di grotta carsica la Ciota Ciara. Nell’ambito della loro indagine, oltre agli aspetti connessi alle modalità di occupazione umana – noti in letteratura per quanto concerne questa cronologia– è stato necessario indagare e ricostruire anche i processi morfogenetici e sedimentari che controllano il sistema deposizionale in cui i due siti si collocano. A tale scopo, viene di seguito introdotta una breve discussione di inquadramento in merito ai processi formativi comunemente osservati nei siti

all'aperto e nei siti in grotta e ad alcune delle problematiche ad essi connesse. Si sottolinea come questa sia da intendersi come esemplificativa per tipologie di siti, modalità di occupazione umana e cronologie compatibili con quelle identificate nei casi studio trattati e, pertanto, funzionale esclusivamente al contestualizzazione di questi ultimi. I principali concetti cui si fa riferimento sono ripresi da indagini di ambito archeologico e geoarcheologico dedicate a singoli studi di caso o inseriti all'interno di compendi e revisioni di più ampio respiro (ad es. Laville, Rigaud, e Sackett 1980; Butzer 1982; Courty e Vallverdu 2001; Stein e Farrand 2001; Woodward e Goldberg 2001; Goldberg e Macphail 2006; Karkanas e Goldberg 2018). Per una trattazione più approfondita e comprensiva dei vari aspetti geologici, geomorfologici e sedimentologici che interessano i diversi sistemi deposizionali menzionati, questa non può essere una sede adatta, pertanto si rimanda necessariamente alle numerose pubblicazioni specialistiche disponibili, tra cui quelle citate nel corso del presente capitolo e nel prosieguo del testo.

3.1 I siti archeologici all'aperto

I siti archeologici all'aperto (*open-air*) costituiscono porzioni di sistemi dinamici e ad elevata energia: essendo direttamente esposti alle dinamiche superficiali, sono soggetti sia all'azione dei processi deposizionali sia di quelli erosivi. L'attivazione delle diverse forze in gioco è determinata in primo luogo dalla tipologia di ambiente sedimentario e, quindi, dalla geologia dell'area di interesse. L'elevata variabilità dei contesti risultanti è quindi conseguenza diretta di questa combinazione, a cui, nel momento dell'occupazione, si unisce la presenza di fattori attrattivi per i gruppi umani del passato (ad es. disponibilità d'acqua e cibo). Tra i principali sistemi deposizionali che interessano questi depositi rientrano quelli connessi ad ambienti sedimentari caratterizzati da morfologie esogene (ad. es. alluvionali, lacustri, costieri e periglaciali – dettagli più sotto e nella Tabella I. D più sopra) (v. ad es. Fuchs et al. 2008; Martins et al. 2010; Budek et al. 2013; Arrizabalaga, Rios-Garaizar, e Alvarez-Alonso 2015; Clark 2016; Zaidner et al. 2016).

La conservazione di questi depositi – e quindi degli stessi materiali archeologici – è invece principalmente determinata dall'intensità dei fenomeni erosivi di disgregazione fisica e di alterazione chimica attivi in ciascun sistema sedimentario. A questi vanno aggiunti i processi postdeposizionali che interferiscono durante le fasi di interruzione della deposizione (v. Tabella I. B). L'esito complessivo della somma di tutti i fenomeni in gioco può portare a situazioni diametralmente opposte, anche in contesti che di base si presentano simili. Da un lato, gli ambienti all'aperto possono favorire la conservazione e la protezione del registro archeologico, determinandone il seppellimento – come nel caso di processi a bassa energia: deposizione di polveri eoliche, scorrimento d'acqua, inondazioni, etc. –, dall'altro, i medesimi possono invece portare alla sua dispersione, fino al completo smantellamento. Se il tasso di erosione è minimo, i processi postdeposizionali tenderanno principalmente a redistribuire i sedimenti e i manufatti già depositati in superficie (v. ad es. Lenoble, Bertran, e Lacrampe 2008) o, al limite, a rimuovere i materiali più fini, esponendo e conservando esclusivamente quelli grossolani (v. ad es. Rick 1976). Al contrario, elevati

tassi di erosione e consistenti cambiamenti ambientali, a loro volta condizionati da fattori climatici e idrologici su scala regionale, possono portare al completo interrimento dei siti e dei materiali archeologici, fino a comprometterne la visibilità o rimuoverli interamente.

3.1.1 Sistemi deposizionali e processi formativi dei siti all'aperto: cenno

La formazione e la conservazione dei siti in contesti all'aperto sono determinate dall'ambiente morfogenetico in cui i registri sedimentari e archeologici vanno accumulandosi. Questi sono pertanto direttamente associati ai sistemi deposizionali continentali o di transizione che li ospitano. Si contano sistemi alluvionali (pianure alluvionali e morfologie legate alle acque correnti incanalate), lacustri, palustri, di sorgente (e altri bacini interessati da acque ferme e correnti), costieri (spiagge, lagune, piane di marea e di estuario), eolici (azione del vento), glaciali (o crionivali) e di versante (processi di vario tipo con inclusioni di suoli\sedimenti locali) (v. ad es. Stein e Farrand 2001; Goldberg e Macphail 2006; Rapp e Hill 2006; Mandel et al. 2017). Di seguito ne viene presentata una rassegna essenziale, prendendo in considerazione le tipologie più comuni in funzione della loro influenza sui processi formativi e sulle loro implicazioni nella conservazione del registro sedimentario e archeologico. Considerata la vastità dell'argomento, si ribadisce che questa è da intendersi con l'esclusiva finalità di inquadrare in maniera concisa i temi trattati, richiamando di volta in volta la bibliografia geoarcheologica (e geomorfologica) di riferimento. Un cenno ai principali processi postdeposizionali è già stato presentato più sopra nella Tabella I. B., mentre una sintesi delle combinazioni più comuni tra ambienti sedimentari e tipologie di sedimenti ritrovati nei siti all'aperto è disponibile nella Tabella I. D. Anche in questo caso, per una trattazione approfondita degli aspetti geomorfologici, sedimentologici e stratigrafici relativi ai sistemi deposizionali e agli ambienti morfogenetici di seguito introdotti si rimanda direttamente all'ampia bibliografia dedicata (si citano ad es. Butzer 1976; Ricci Lucchi 1980b; Reineck e Singh 1986; Panizza 1995; Castiglioni 1998; Perry e Taylor 2007; Nichols 2009; Reading 2009; Huggett 2011; Shroder 2013; Boggs 2014).

Sistemi di versante

Con il termine versante si indica un qualsiasi pendio del rilievo, escludendo gli elementi del fondovalle. La configurazione che possiede dipende da diversi fattori, tra cui la litologia, la presenza di accidenti tettonici, il contesto climatico e ambientale, il livello di base dell'erosione, la durata dei processi che lo interessano, etc. (Selby 1993). In particolare, il modellamento dei versanti si correla ai processi di degradazione e aggradazione, i quali possono agire attraverso meccanismi puramente gravitativi o in associazione con altri agenti di trasporto (su tutti l'acqua, ad es. per scorrimento superficiale e sub-superficiale). I risultati possono variare nel tempo, per quanto riguarda la velocità e l'intensità e vengono tradizionalmente suddivisi tra movimenti lenti e veloci (Castiglioni 1998:103). I movimenti lenti sono spesso il risultato del naturale assestamento del materiale lungo il versante (i suoli e il regolite) e attuano mediante meccanismi di soliflusso e reptazione. I movimenti veloci possono coinvolgere singoli frammenti di roccia liberati dalla

disgregazione (caduta di detrito per gravità), dando origine a falde detritiche e coni detritici che si accumulano alla base di una parete; in alternativa, possono interessare masse rocciose e terreni sciolti nel loro insieme (frane), ovvero movimenti di massa veri e propri che possono determinare la completa riconfigurazione dei versanti. Ogni versante tende a raggiungere una forma stabile e in equilibrio con le condizioni al contorno, ovvero un profilo rettilineo e un'inclinazione corrispondente all'angolo di riposo del materiale che vi affiora (si definisce in tal caso versante regolarizzato); chiaramente ciò non esclude azioni erosive successive che possono portare anche al suo completo smantellamento.

Lo studio dell'evoluzione dei versanti è argomento della geomorfologia, ma è chiaro che il loro modellamento e l'azione dei processi citati giocano un ruolo importante anche per le sorti dei depositi archeologici che si trovano in corrispondenza di questi ambienti, interessandoli in maniera differenziale in base alla loro collocazione lungo il pendio (v. ad es. Saric 2011; Frumkin et al. 2016; Uthmeier e Chabai 2018). Proprio a causa della commistione e dell'elevata variabilità dei processi in gioco, ancora ad oggi lo studio delle dinamiche formative in questi ambienti risulta spesso estremamente complicato e fortemente connesso ad altri sistemi deposizionali (soprattutto quelli periglaciali –v. più sotto). Esistono tuttavia svariati tentativi, soprattutto in ambito francese, che si sono incentrati sull'analisi delle colate detritiche e dei movimenti di massa (ponendo il focus principalmente sulla *fabric analysis*), i quali hanno fornito alcuni spunti ad oggi imprescindibili per lo studio dei depositi di versante (v. ad es. Mùcher 1974; van Steijn, van Brederode, e Goedheer 1984; Bertran 1993; Francou e Texier 1995; van Steijn et al. 1995; Bertran et al. 1997; Bertran 1999; Bertran e Texier 1999).

Sistemi alluvionali

La presenza di acqua è stata da sempre uno dei fattori di attrazione principali nell'intera storia del genere umano, in virtù della ricchezza di risorse che questa può fornire per il sostentamento (individuale e di gruppo) e per lo svolgimento di molte attività che sono andate sviluppandosi nel corso della storia. Questa condizione trova diretta corrispondenza nell'abbondanza delle forme e dei depositi controllati dalla presenza di acque correnti incanalate (terrazzi fluviali, pianure, valli e conoidi alluvionali) che sono diventate teatro di occupazioni umane più o meno stabili a partire dalla preistoria e, per questo, di grande interesse nell'ambito della ricerca (geo-)archeologica (v. ad es. Ferring 1986; Brown 1997). Tuttavia, se da un lato gli ambienti alluvionali consentono un iniziale accumulo dei manufatti, dall'altro gli stessi processi fluviali possono successivamente modificarne la distribuzione, sia in senso verticale sia orizzontale (Rapp e Hill 2006:75). Su scala più ampia, essi possono infatti attuare come processi d'erosione lineare (in profondità) o d'erosione laterale, portando rispettivamente all'incisione (approfondimento) del corso d'acqua e alla genesi di scarpate (o ripe) d'erosione fluviale in posizione laterale. Ogniquale volta si verificano una o più variazioni nei parametri idrologici o nei fattori esterni che regolano il profilo del corso d'acqua (ad es. variazioni eustatiche, fenomeni di sbarramento o di approfondimento della rete idrografica, movi-

menti tettonici, variazioni di portata liquida o di trasporto solido, etc.), esso tenderà a regolarizzare i dislivelli presenti lungo il suo tracciato attraverso le azioni di erosione, trasporto e sedimentazione, le quali funzionano come processi di autoregolazione del profilo di equilibrio. In questo modo, i corsi d'acqua possono rimuovere completamente le evidenze culturali e persino grandi porzioni dei depositi di interesse archeologico, distruggendo, di conseguenza, anche le evidenze dell'occupazione antropica. Al contrario, la deposizione fluviale (*alluvium*) può risultare nel rapido seppellimento e nella conseguente conservazione dei medesimi. Si può dunque sostenere che l'integrità dei siti in ambienti fluviali sia correlata al tempo, all'entità e alla durata degli eventi idrologici (Petraglia e Nash 1987:126). I processi fluviali sono quindi in grado di determinare la rideposizione dei reperti archeologici in contesti secondari (anche durante cicli multipli) e i conseguenti smussamento, arrotondamento e selezione dei reperti, così come delle particelle di sedimento, a loro volta indicativi del rotolamento su grandi distanze (Mandel et al. 2017:799).

Sistemi lacustri

L'ambiente sedimentario lacustre_è principalmente controllato dall'azione delle acque ferme e presenta vari sotto-ambienti, come quelli di delta (per l'esistenza di immissari che forniscono gli apporti esterni), di spiaggia (zona di riva dove agiscono dinamiche di tipo costiero –v. più sotto), bacinali (zona di centro lago), etc. In questi ambienti il sedimento grossolano (sabbia e ghiaia) tende ad accumularsi in corrispondenza delle posizioni più esterne, mentre il sedimento fine (limo o limo argilloso) nella zona di centro per decantazione. In quest'ultima, si possono accumulare anche livelli ricchi in materia organica, più o meno decomposta (torbe), sedimenti evaporitici (calcari, dolomie, salgemma o gesso) o accumuli di origine biogenica (ad es. diatomiti). Tutti questi depositi tendono a drappeggiare il fondo del lago e, nel caso dei laghi ghiacciati, ad organizzarsi secondo stratificazione o laminazione ritmica (ritmiti o varve lacustri) data dall'alternanza di strati organici e strati detritici.

Nei sistemi lacustri, i litorali costituiscono ambienti transizionali dinamici, localizzati tra ecosistemi terrestri e acquatici (acqua ferma e corrente), dove fluttuazioni nei parametri ambientali, anche leggere, vengono spesso registrate da rispettivi mutamenti nei modelli sedimentari (Mandel et al. 2017:800). Per questi ambienti Feibel (2001:134) riconosce tre tipi di transizioni: (1) una transizione tra i processi erosivi, di trasporto e deposizione; (2) l'effetto geologico abrupto e spesso catastrofico di eventi su ampia scala (come le forti tempeste che generano le onde); (3) il cambiamento da condizioni subacquee a subaeree, mentre i livelli dell'acqua salgono e scendono. A questi si aggiunge l'effetto delle modificazioni postdeposizionali (tra cui dissoluzione, cementazione, pedogenesi, etc.), le quali possono intaccare anche i depositi archeologici. In maniera analoga a quanto avviene negli ambienti alluvionali, in quelli lacustri, ove soggetti a variazioni del livello dell'acqua, gli stessi depositi archeologici possono essere protetti dalla rideposizione di sedimenti prima immersi più a fondo o, al contrario, risultare rimaneggiati o erosi (ad es. ad opera del moto ondoso, dell'incisione di canali o della deflazione) (Mandel et al. 2017:800).

Sistemi eolici

Al pari dell'acqua, anche il vento si configura come un agente in grado di favorire la conservazione del registro archeologico (seppellendolo sotto altri sedimenti) e, al contempo, di determinarne il rimaneggiamento e l'erosione (per abrasione), fino alla loro completa distruzione (Rapp e Hill 2006:65).

L'azione del vento è prevalente in quegli ambienti dove la copertura vegetale o pedogenetica risulta scarsa e quindi principalmente in zone desertiche, steppe e pianure periglaciali o aree costiere (v. più sotto). La deposizione eolica può tuttavia verificarsi anche in altre aree, tra cui le zone controllate dall'azione alluvionale o lacustre (già brevemente discusse in precedenza). Il trasporto di frammenti solidi avviene principalmente in sospensione e per saltazione, ma anche per rotolamento e reptazione. La capacità del vento di trasportare a distanza particelle solide (ovvero la sua energia) è legata alla sua velocità, la quale risulta modificata e frenata vicino al terreno per fenomeni di attrito e di turbolenza (Castiglioni 1998:315). L'erosione eolica è particolarmente attiva negli ambienti dove l'azione di trasporto del vento è più efficace (zone a clima arido o semiarido e nelle aree litorali). Essa opera per deflazione, ovvero attraverso la rimozione di particelle di sedimento da parte della corrente eolica – la cui efficacia dipende quindi dalla velocità del vento, dalla dimensione delle particelle e dalla rugosità della superficie – e per corrosione, ovvero quell'azione di "smerigliatura" che le stesse particelle trasportate dal vento esercitano sugli oggetti intercettati lungo il percorso.

I depositi eolici derivanti dai processi citati possono essere raggruppati in tre tipi principali: (1) i residui grossolani (es. pavimenti residuali), tipici delle zone di deflazione; (2) le sabbie eoliche, oggetto di trasporto trattivo e che danno origine alle dune diffuse nelle zone aride (deserti) e nelle zone costiere; (3) le polveri eoliche (loess), trasportate in sospensione (Castiglioni 1998:315–28).

Sistemi costieri (marini)

Gli ambienti costieri sono zone dinamiche di transizione tra terra e acqua, controllate da diversi fattori, soprattutto di tipo geologico-strutturale e connessi al livello relativo del mare, al moto ondoso, alle maree e alle correnti; ciascuno di questi fattori è, a sua volta, soggetto a notevoli variazioni nel tempo su intervalli che vanno da pochi secondi fino a diversi millenni (Wells 2001:149).

Nelle regioni costiere, la presenza dell'acqua marina comporta un elevato tasso di umidità, condizione che è spesso causa di diffusi fenomeni di disgregazione fisica e di alterazione chimica delle rocce locali (aloclastismo, umidificazione, soluzione, idrolisi, idratazione, etc.) (Panizza 1995:120). Al contrario di quanto avviene in altri ambienti umidi, si registra tuttavia una scarsa copertura vegetale (causata dalla salsedine), dalla quale consegue l'attivazione di diversi processi, come quelli di ruscellamento diffuso e concentrato, di soliflusso e di frana per imbibizione delle rocce e dei detriti dei litorali (Panizza 1995:120). Pertanto, sia esso a falesia o a spiaggia, la gamma di processi di accumulo e di erosione che interessano un litorale risulta estremamente variabile (Castiglioni 1998:329–73).

Box. 1 L'erosione marina: falesie e piattaforme di erosione

Falesie

Una falesia può essere descritta come una scarpata rocciosa a contatto col mare, in forte pendio (verticale o strapiombante), in genere priva vegetazione e dovuta all'azione erosiva diretta o indiretta del mare. Esistono falesie in rocce coerenti, ma anche in sabbie o argille e anche delle *false falesie*, "che non sono state modellate dalle azioni del mare, ma sono dovute ad altre cause, come ad esempio le scarpate di faglie litorali, o le ripe di erosione subaerea sommerse per trasgressione". L'erosione marina, che opera attraverso l'azione del moto ondoso, costituisce la causa principale dell'arretramento di una falesia, interessata da processi di abrasione (azione meccanica d'urto e di sfregamento dei detriti scagliati dalle onde contro la costa) da un lato e di asporto dei detriti dall'altro. Devono inoltre essere tenuti in considerazione anche la disgregazione e l'alterazione meteoriche e gli altri parametri che caratterizzano la morfologia costiera, quali l'ampiezza delle maree, la resistenza della roccia, la topografia della linea di costa, la ripidità della scarpata sommersa, la quantità e la granulometria dei materiali detritici trasportati, etc. Oltre che dai processi di erosione che disgregano e smantellano la parete rocciosa, l'evoluzione delle falesie dipende anche da quelli che provocano la riduzione e l'evacuazione dei detriti. Tentando di schematizzare, il meccanismo di arretramento di una falesia, che può assumere tassi molto vari (da impercettibili ad anche di 10 cm l'anno), prevede:

- (1) una scarpata a contatto col mare, attaccata da processi di disgregazione e alterazione meteoriche che ne accentuano le fessurazioni;
- (2) la cavitazione e l'abrasione del moto ondoso, che scavano un solco di battente in corrispondenza del livello medio del mare;
- (3) il crollo di una porzione di roccia, in corrispondenza del tratto di falesia strapiombante maggiormente fessurata e l'accumulo dei detriti al piede della medesima;
- (4) l'azione dei processi abrasivi legati al moto ondoso, e soprattutto quella delle correnti di deriva litorale, responsabili di una progressiva riduzione dei frammenti rocciosi al piede della falesia;
- (5) la degradazione meteorica e le azioni dei frangenti possono a questo punto riportare la falesia alla situazione morfologica descritta all'inizio e far riprendere così la genesi di arretramento.

Parametri come l'altezza e la pendenza della superficie d'attacco dell'ondazione consentono di distinguere due tipi principali di falesie:

- (1) le falesie vive, con pareti direttamente o indirettamente lambite dal mare;
- (2) le falesie morte, non più attive e separate dal mare da depositi litorali, colluviali o di altro genere. Queste conservano le pareti pseudo-verticalizzate, in cui si riscontrano le tracce della precedente abrasione marina e i segni lasciati dagli organismi litofagi, ma si collocano in posizione topografica lontana dalla battigia e quindi non più battuta dall'azione del moto ondoso. Una loro ulteriore suddivisione può essere operata sulla base dei fattori che hanno determinato il moto ondoso: ove è presente una piattaforma di erosione marina (v. sotto), si parla di "falesie stabilizzate", nel caso di processi di eustatismo negativo o di epirogenesi positiva si parla invece di "falesie antiche" o "fossili" (Cortemiglia 2004:187).

Localmente, nelle falesie si possono formare varie forme irregolari (ad es. vasche, grotte, archi, etc.), la cui origine può essere dovuta a processi di degradazione fisico-chimica (ad es. di soluzioni carsica, etc.), oppure a erosione marina differenziale di rocce più o meno resistenti e fratturate.

Piattaforme di erosione marina

L'arretramento di una falesia porta alla formazione di una superficie d'abrasione detta piattaforma di erosione (o abrasione) marina (litorale). Queste morfologie dipendono dal tipo di roccia presente e dalla sua giacitura, dai fenomeni erosivi antichi e attuali. Ove si estenda, essa finisce per ostacolare le azioni dei frangenti di costa, il cui potere erosivo si attenua. Nel caso di movimenti marini trasgressivi, il meccanismo di evoluzione della falesia procede e la piattaforma di erosione marina viene gradualmente sommersa. Nel caso di movimenti regressivi, essa non può più essere raggiunta dal mare e diventa progressivamente una falesia morta (v. sopra). Una volta emersa, una piattaforma di erosione marina, così come un terrazzo di bassa marea o una piattaforma corallina (terrazzi marini) si trova al di sopra del nuovo livello del mare e ne testimonia la posizione antica. I terrazzi possono derivare dal modellamento della roccia in posto, eventualmente incisa da microforme di erosione fisica, chimica o biologica, oppure essere interamente o parzialmente costituiti da resti di organismi e conservare (oppure essere costituite) da materiale detritico.

Elencando i soli processi naturali più comuni, l'accumulo può essere determinato dal modellamento subaereo dell'entroterra (soprattutto processi fluviali, colluviali ed eolici) o all'azione diretta o indiretta del mare (smantellamento e arretramento delle falesie, etc.); l'erosione, invece, dalla rifrazione delle onde, dalle variazioni climatiche (che modificano le modalità e l'entità di erosione e sedimentazione nell'entroterra o che fanno mutare il regime dei venti), dalla deflazione, dalle trasgressioni marine (di tipo eustatico, isostatico, tettonico), etc. (Panizza 1995:141).

Complessivamente, l'azione dei processi citati può quindi modificare sensibilmente la morfologia degli ambienti costieri, anche lungo distanze relativamente brevi (Rapp e Hill 2006:90). Inevitabilmente, anche i depositi archeologici che si trovino in queste aree ne risultano egualmente affetti. Ad esempio, gli episodi regressivi possono formare insiemi di siti tempo-trasgressivi su spiagge vicine, all'interno delle quali i siti più antichi coincidono con quelli più distanti dal limite moderno con il mare (Mandel et al. 2017:803); al contrario, gli episodi trasgressivi possono causare l'erosione della spiaggia e dei siti archeologici e la conseguente dispersione differenziale dei materiali, trasportando e accumulando i piccoli manufatti e i sedimenti fini in deposizioni secondarie, tralasciando invece quelli più grossolani (Rapp e Hill 2006:95). Oltre ai depositi di spiaggia, numerosi sono quelli che si impostano sopra scogliere e nuove superfici rese disponibili dall'erosione marina (piattaforme di erosione marina – v. Box.1), le quali possono ritirarsi secondo processi e tassi molto variabili nel tempo e nello spazio (Rick, Erlandson, e Vellanoweth 2006). Infine, si possono annoverare anche i depositi in aree oggi sommerse (ad es. grotte), ma che originariamente sono state interessate da occupazioni umane durante i periodi in cui il livello del mare era più basso, risultando allora pertanto accessibili (Gusick e Faught 2011).

Sistemi glaciali

Il glacialismo è sempre stato uno dei principali fattori di morfogenesi e sedimentogenesi del pianeta: l'azione del ghiaccio in movimento, sotto forma di ghiacciai, determina sia l'erosione del paesaggio (esazione glaciale) sia il trasporto e la deposizione di ingenti quantità di sedimenti che danno origine a varie morfologie (ad es. circhi e valli glaciali, fiordi, rocce montonate, etc.) e depositi caratteristici (ad es. accumuli morenici, massi erratici, etc.) (v. ad es. Castiglioni 1998:255–98). Il trasporto glaciale avviene senza alcuna selezione del sedimento e può coinvolgere sia materiali di vari metri cubici, successivamente depositati alla fronte del ghiacciaio o in posizione laterale, sia sedimento più fine (tipicamente nella taglia del limo e dell'argilla), spesso formatosi come conseguenza dell'azione di abrasione esercitata dal ghiacciaio sui materiali di substrato. Oltre che dal ghiaccio in movimento, i sedimenti possono essere trasportati e rimaneggiati anche dalle acque glaciali di fusione che scorrono sotto o intorno al ghiacciaio (torrenti glaciali), le quali danno origine a forme particolari del territorio (ad es. le 'marmitte dei giganti', le forre d'erosione glaciale, etc.) e depositi fluvioglaciali stratificati e ben selezionati.

Tabella I. E. Principali associazioni tra ambienti sedimentari e tipologie comuni di sedimenti rinvenuti all'interno dei depositi in siti all'aria aperta (modificata da Karkanas e Goldberg 2018; basata su Butzer 1982)

Ambienti\ sistemi sedimentari	Tipologie di sedimenti all'interno dei depositi
<i>Fluviali</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • piane alluvionali • margini di conoidi alluvionali • margini deltaici 	<p>massi</p> <p>ghiaia</p> <p>sabbia</p> <p>limo</p>
<i>Littorali marini, rive dei fiumi e bacini</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • spiagge • redrodune • lagune e paludi • contatti laterali tra depositi alluvionali o sabbia eolica 	<p>ghiaia</p> <p>sabbia</p> <p>fango ricco di sostanze organiche</p> <p>marne</p>
<i>Sorgenti</i>	precipitati chimici: CaCO ₃ , Fe e Mn; comunemente attorno alla vegetazione; tubulari o a cumuli sedimenti ricchi in materia organica
<i>Eolici</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • sabbia • ambienti costieri • aree desertiche interne • limo • sedimenti vulcanici 	<p>sabbia: dune, laminazioni, rivestimenti; deflazione</p> <p><i>loess</i></p> <p>tefra/criptotefra</p>
<i>Versanti</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • colate rapide • colate di fango • colate detritiche • crolli gravitativi 	<p>sedimenti misti, generalmente poco selezionati e stratificati, a supporto clastico e fangoso</p> <p>colate con stratificazione laminare distinguibile</p>
<i>Periglaciali, glaciali e climi freddi</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • soliflusso • crioturbazione • scorrimento 	
Processi antropogenici	
Contesti e depositi simili a quelli osservabili in grotte e ripari sottoroccia; più complessi in corrispondenza di siti non attribuibili a cacciatori-raccoglitori (ad. es. <i>mounds</i> , aree urbane, etc.)	

Durante le fasi fredde del Pleistocene, il ghiaccio arrivò a coprire quasi un quarto delle terre emerse, ragione che spiega la diffusione di morfologie relitte e di depositi glaciali anche in aree oggi non più glacializzate. La formazione e il ritiro dei ghiacciai hanno inevitabilmente influenzato anche l'abitabilità di determinate aree e la distribuzione delle occupazioni umane preistoriche, nonché la loro integrità (Rapp e Hill 2006:86). Il glacialismo ha spesso portato all'erosione di aree precedentemente occupate dai gruppi umani e alla conseguente dispersione delle evidenze a queste connesse, talvolta determinando anche accumuli secondari all'interno di depositi più recenti.

Sistemi periglaciali

Da un punto di vista morfoclimatico, i sistemi glaciali sono spesso legati a quelli periglaciali, ovvero alle zone circostanti ai ghiacciai non soggette all'azione del ghiaccio in movimento, ma controllate dal clima freddo e dal gelo; ove gli ambienti siano invece controllati dall'azione della neve e del ghiaccio vengono più propriamente definiti 'ambienti crionivali' (ad es. i suoli poligonali in aree a permafrost o a gelo discontinuo, i *rock glaciers*, etc.) (Panizza 1995:197–215). L'attivazione dei diversi processi che contraddistinguono questi ambienti, come ad esempio il crioclastismo, il geliflusso, la nivazione etc. (v. ad es. Ballantyne 2018) gioca un ruolo importante non solo nel modellamento delle morfologie, ma anche nella conservazione e nella dispersione delle evidenze archeologiche. Oltre a quelli già citati, possono essere annoverati anche i processi associati alle fluttuazioni di temperatura (ad es. i cicli di gelo-disgelo), il movimento superficiale di materiali non consolidati su terreni parzialmente ghiacciati (soliflusso), la pressione criostatica (involuzioni e crioturbazione) e i processi fluvio-glaciali attivi durante la fusione del ghiaccio.

3.2 Grotte e ripari sottoroccia

Le grotte e i ripari sottoroccia sono cavità che si formano all'interno di diverse rocce ospitanti attraverso una ampia gamma di processi fisici e chimici di origine naturale e che risultano successivamente accessibili agli uomini. La speleogenesi avviene principalmente in calcare e dolomia in ambienti carsici (v. Box. 2), ma può verificarsi anche in altre litologie cristalline per fessurazione, in rocce vulcaniche o in ghiacciai. Questi possono essere organici e inorganici con e avere un'origine interna o esterna rispetto alla stessa cavità stessa, e risultando a loro volta testimoni di diverse storie deposizionali (Goldberg e Sherwood 2006). La successione sedimentaria conservata può inoltre subire modificazioni chimiche e fisiche come conseguenza dell'azione di numerosi processi postdeposizionali e diagenetici: questi possono essere di origine naturale (variazioni paleoclimatiche, paleoambientali, bioturbazione etc.), ma anche antropogenica (come ad es. la combustione) e sono in grado di rimaneggiare, alterare o rimuovere i materiali precedentemente accumulati (Mallol e Goldberg 2017).

Box. 2 Il Carsismo

Morfologia carsica

Con il termine carsismo si indica l'insieme di processi correlati alla solubilità di alcuni tipi di rocce, che originano peculiari morfologie superficiali (epigee) e profonde (ipogee), oltre a una serie di fenomeni ad esse associati e che caratterizzano il paesaggio carsico (o carso). Tra le forme carsiche si distinguono quelle correlate all'assorbimento dell'acqua –che possono essere chiuse (ad es. doline, polje) o aperte (ad es. pozzi carsici, inghiottitoi), al flusso idrico (ad es. grotte, gallerie) o all'emissione dell'acqua (ad es. risorgenze). Questi fenomeni non escludono la concomitanza con altri processi geomorfici, quali ad esempio i processi fluviali e periglaciali, ma il paesaggio carsico più tipico, caratterizzato dall'assenza dell'idrografia superficiale e dall'abbondanza di forme sotterranee si sviluppa dove i processi di carsificazione sono dominanti. Complessivamente, questi associano dissoluzione chimica e effetti meccanici dovuti all'erosione idrica, e sono influenzati dai seguenti fattori:

- (1) La natura della roccia, che deve essere solubile chimicamente;
- (2) l'organizzazione strutturale dell'ammasso roccioso, che è in grado di influenzare il processo di dissoluzione: la presenza di discontinuità (giunti di stratificazione, diaclasi, faglie, etc.) agevola infatti l'infiltrazione dell'acqua e quindi la velocità del processo di corrosione chimica;
- (3) il clima: in particolare la disponibilità d'acqua (abbondanza di precipitazioni meteoriche) come elemento d'innescio dei meccanismi di dissoluzione e la temperatura, che influisce sulla velocità della reazione –in climi temperati freddi la reazione è lenta, ma la soluzione acquosa è stabile grazie all'alta pressione parziale della CO₂, mentre in climi più caldi si verifica l'opposto.

Tra le rocce solubili più comuni rientrano: (1) rocce a chimismo e composizione carbonatica –CaCO₃ (su tutte calcare e dolomia, ma anche clastiche, come la calcarenite, o metamorfiche, come il marmo, etc.) ed evaporitiche (gesso e salgemma). Questo vale principalmente per le zone a clima temperato-umido, mentre in condizioni climatiche più aride possono essere coinvolte anche altre litologie. Nei climi caldo-umidi si assiste ad una rapida dissoluzione delle superfici rocciose esposte e della precipitazione di carbonato di calcio, mentre in climi freddi la dissoluzione è lenta, ma la stabilità della soluzione acquosa incentiva la formazione di fessure profonde e l'infiltrazione dell'acqua all'interno del massiccio roccioso, favorendo quindi i processi di speleogenesi (formazione di grotte) profonda.

Grotte carsiche o cavità carsiche

La formazione delle grotte carsiche dipende principalmente da tre fattori:

- (1) i processi di dissoluzione (carsificazione), che corrodono le rocce (e ridepositano il CaCO₃ in forma di concrezioni);
- (2) l'erosione meccanica dovuta ai ruscelli e ai fiumi sotterranei, che inoltre trasporta e deposita i materiali (ghiaie, sabbie, argille, etc.);
- (3) l'azione della forza di gravità (crolli e cadute di blocchi), che determina spesso l'ammasso di detriti sul fondo di molte grotte.

La speleogenesi inizia con l'infiltrazione dell'acqua superficiale e l'allargamento delle fessure, che portano alla formazione e allo sviluppo graduale di una rete carsica (o sistema endocarsico), costituita dall'insieme di corsi d'acqua e flussi idrici che si verificano all'interno della roccia. Questa si organizza, a partire dalla superficie topografica verso il basso, secondo tre zone, caratterizzate dall'azione di processi differenti:

- (1) la zona vadosa (o zona superiore), dove l'acqua circola per percolazione solo in occasione delle precipitazioni. Le cavità hanno spesso sviluppo verticale e convogliano l'acqua verso il basso. La zona è dominata principalmente da processi di dissoluzione ed erosione meccanica;
- (2) la zona intermedia, con caratteristiche miste che dipendono dalle oscillazioni stagionali della falda freatica
- (3) la zona freatica (o zona inferiore), in cui l'acqua circola in pressione idrostatica: le grotte sono qui permanentemente sature d'acqua e il flusso idrico si svolge principalmente in senso orizzontale, con movimento dell'acqua dalle zone di accumulo verso le risorgenze che la riportano in superficie. Prevale qui le azioni di carsificazione di tipo chimico.

La rete carsica è controllata al livello di base: le fluttuazioni tra zona freatica e zona vadosa (cioè tra grotte piene o prive d'acqua) risentono delle variazioni del livello di base e del profilo del corso d'acqua verso il quale la rete carsica drena - anche se sono influenzate anche da altri fattori, come l'eventuale presenza di soglie di permeabilità.

3.2.1 L'occupazione umana nelle grotte

I depositi di grotta hanno sempre goduto di un forte interesse nell'ambito delle ricerche archeologiche (Collcutt 1979; Straus 1979) e costituiscono gran parte del registro conservato per molti periodi preistorici (Straus 1997). L'occupazione delle grotte, così come quella dei ripari sottoroccia, ha infatti caratterizzato l'intera storia dell'uomo a partire dal Paleolitico in molte regioni del mondo (v. ad es. Tolan-Smith e Bonsall 1997 cum ref.). Queste morfologie sono state considerate le prime evidenze di "*home base*" durante il Pleistocene Medio (Rolland 2004): è noto infatti come questi ripari naturali siano stati sfruttati come abitazioni e aree di interesse centrali per lo svolgimento di attività sociali e per questo custodi delle loro tracce. A tal proposito, è comune in letteratura l'assunto secondo il quale – durante la preistoria – sia stata principalmente la zona atriale ad essere intensamente sfruttata per lo svolgimento delle attività quotidiane, dal momento che le parti più interne delle grotte non sono raggiunte dalla luce (solare e lunare) e presentano condizioni tendenzialmente inospitali per la vita umana. Spesso le ricerche archeologiche si sono quindi concentrate in quest'area, ma è pure vero che esistono esempi che dimostrano l'esatto contrario (per il Paleolitico Medio v. ad es. Angelucci e Zilhão 2009; Jaubert et al. 2016). I depositi stratificati di grotta, sedimentari e archeologici, evidenziano inoltre una diversa distribuzione e conservazione delle tracce di attività antropica rispetto a quelli conservati nei siti all'aperto, soprattutto per via di una minore intensità dell'azione erosiva diretta degli agenti atmosferici. La differenza fondamentale tra i due contesti è la presenza, nei primi, di pareti laterali che delimitano le aree di occupazione e influenzano quindi anche i processi deposizionali e postdeposizionali registrati (Goldberg e Mandel 2008). Va tuttavia tenuto in considerazione che la scala e la durata degli accumuli a lungo termine all'interno dei depositi di grotta sono generalmente mediate dal tempo, condizione che può risolversi nella formazione di palinsesti (Bailey e Galanidou 2009; Henry 2012; Bargalló, Gabucio, e Rivals 2016; Martínez-Moreno et al. 2016). Tali condizioni non implicano necessariamente che i depositi siano disturbati o rimaneggiati, ma possono complicare la separazione e la decodifica degli eventi a breve termine al loro interno (Enloe 2006), anche se non mancano tentativi riusciti (v. ad es. Almeida et al. 2007).

3.2.2 I sedimenti di grotta

All'interno delle grotte si accumulano e si mescolano sedimenti autoctoni (autigenici) e alloctoni (allogenici), le cui età possono variare anche di centinaia di milioni di anni (Goldberg e Sherwood 2006). I sedimenti autigenici derivano principalmente dalla fratturazione e disgregazione della roccia madre all'interno della quale si è formato il sito (e da cui ne dipendono la natura e gli "attributi") (Sasowsky 2004). A questi si aggiungono anche i precipitati chimici, tra cui calcite e aragonite (più del 95% dei depositi minerali totali all'interno della grotta e spesso in forma di speleotemi, stalattiti e stalagmiti, le quali possono anche rompersi e rientrare tra i componenti clastici grossolani; v. Schwarcz e Rink 2001), seguite da fosfati, nitrati e solfati (Hill, Forti, e Shaw 1997; Ford e Williams 2007). I sedimenti allogenici sono costituiti da tutti i materiali provenienti dall'esterno (Gillieson 2004) che sono stati inglobati nella cavità attraverso

fratture nella roccia e inghiottitoi (Bosch e White 2004) o passando per la zona atriale, in seguito dell'attivazione di processi deposizionali di tipo fluviale, eolico, di versante, etc. In quanto soggetti a erosione e trasporto, questi sedimenti risultano in media più fini rispetto quelli autigenici (fatta eccezione per i depositi di versante).

In generale, le grotte iniziano ad accumulare materiale geogenico e organico a partire dal momento in cui lo intercettano. L'archivio sedimentario che si va formando risulta quindi composto sia da sedimenti clastici sia chimici (primari e secondari), il cui rapporto complessivo può variare nel corso del tempo. Sono il contesto geologico, così come quello geomorfologico locale, a definire – almeno in buona parte – la natura dei processi di sedimentazione, i tassi di accumulo e di erosione. Anche la deposizione all'interno degli ambienti di grotta (v. §3.2.3 più sotto e Tabella I. B) aderisce infatti alle leggi della stratigrafia: i sedimenti più antichi si trovano alla base del deposito; la deposizione degli strati è orizzontale, anche se l'argilla e il limo possono aderire alle superfici inclinate della grotta e determinare la formazione di laminazioni fini (per accrescimento); i livelli di accumulo dei sedimenti tendono a mantenere la loro continuità e a terminare in modo regolare, fatta eccezione per i casi in cui i materiali che intersecano il deposito sedimentario siano più antichi del medesimo (Springer 2012:136–37). Per quanto riguarda l'alterazione, la zona atriale è generalmente la più sensibile ai processi che agiscono in superficie e ne risulta pertanto maggiormente soggetta rispetto alle parti più interne. Ad esempio, si possono osservare una progressiva disgregazione della volta, che in molti casi porta alla retrocessione graduale della linea di pioggia della cavità, tracce connesse all'azione del gelo o all'attività sismica, l'attivazione di processi di versante e di idratazione (v. ad es. Woodward e Goldberg 2001).

Complessivamente, i sedimenti di grotta costituiscono degli importanti archivi per la ricostruzione cronostratigrafica, paleoclimatica e paleoambientale del contesto geomorfologico in cui le cavità che li custodiscono sono situate (v. ad es. Bailey e Woodward 1997; Ellwood et al. 1997; Courty e Vallverdu 2001; Pickering et al. 2007; Sasowsky e Mylroie 2007; Kourampas et al. 2009; Hunt e Fiacconi 2017; Parés et al. 2018; Veres et al. 2018; Deák et al. 2019).

3.2.3 Processi formativi dei depositi di grotta

I sedimenti allogeni possono essere accumulati all'interno delle grotte e dei ripari sottoroccia attraverso diversi processi, regolati dall'azione di altrettanti agenti di trasporto. L'attivazione selettiva dei processi deposizionali è conseguenza diretta delle caratteristiche proprie dell'ambiente morfogenetico in cui la grotta si è sviluppata e, in alcuni casi, le modalità e gli esiti dei medesimi possono essere assimilati a quelli descritti per i contesti all'aperto (v. §3.1.1 più sopra). Tra i principali processi responsabili della formazione dei depositi di grotta si possono annoverare: processi fluviali, processi di versante (dilavamento e movimenti di massa), processi eolici, insieme a ulteriori dispersioni di suoli e sedimenti accumulatisi in precedenza. Vengono di seguito trattati brevemente i principali processi deposizionali geomorfologici attivi in grotta (v. anche Tabella I. F).

Tabella I. F. Principali processi deposizionali e rispettivi sedimenti e materiali caratterizzanti i depositi di grotta (basata e adattata da Butzer 1982; Goldberg 2001; Goldberg e Sherwood 2006; Karkanas e Goldberg 2018)

Processi\Depositi	Tipologia di sedimenti e materiali
Geogenici	
Gravitativi	Disgregazione di clasti grossolani (<i>éboulis</i>) Liberazione di sabbia (calcareo e quarzi) per disgregazione della roccia del substrato Distacco di frammenti di roccia in conseguenza della crescita piante e materia organica sulle pareti e la volta
Deposizione freatica	Depositi relitti e/o rimaneggiati riversati in quelli archeologici Ghiaia, sabbia, limo, argilla
Stillicidio (acqua)	Accumulo/infiltrazione di argilla e limo in sospensione sul substrato Percolazione verticale all'interno del substrato sottostante e migrazione laterale dalle pareti
Superfici inclinate (generalmente rivolte dall'atrio verso l'interno)	Sedimenti finemente stratificati Colate di fango e colate detritiche Crolli a secco
Vulcanici	Accumuli massivi o strati di tefra riconoscibili sul terreno Criptotefra, riconoscibile quando isolata dalla matrice
Eolici	Accumuli di sabbia, in livelli distinti oppure incorporata nella matrice Limo (loess)
Fluviali e correnti d'acqua	Depositi alluviali (grotte in contesti fluviali) Sabbia, limo, argilla accumulati da processi a bassa intensità
Biogenici	
Escrementi e deiezioni animali	Guano di uccelli e/o pipistrelli Boli e gastroliti di uccelli Escrementi, principalmente di carnivori (iene, orsi, etc.) Frammenti di ossa animali più o meno alterati (rosicate, digerite, etc.)
Apporti floristici	Residui di nidi di uccelli, tane di roditori, orsi, iene, etc. Humus e residui organici (erbe, steli, parti corticali di semi, etc.) Resti di radici e/o alberi e arbusti cresciuti in prossimità dell'atrio
Apporti minerali	Limo e argilla derivanti dalla decomposizione dei nidi di vespe Ossa e gusci di molluschi
Antropogenici	
<i>Apporto antropogenico di suoli\sedimenti e materia organica, gestione delle risorse e attività in situ</i>	
Preparazione di lettiere	Materia organica e fibre provenienti dall'esterno (piante, fitoliti, alghe)
Pirotecnologia	Costruzione e utilizzo di focolari: combustibile (legno, letame) e prodotti della combustione (cenere, carboni, grasso animale bruciato e aggregati di argilla intorno alle radici usate per l'accensione)
Gestione dei rifiuti	Pulizia dei focolari e delle superfici di occupazione: dispersione laterale dei prodotti della combustione; accumulo o rimozione dei prodotti della combustione; resti di cibo, litica, ossa, escrementi, etc.
Costruzione	Muri di pietra, mattoni di fango o altri materiali, fosse, buche, focolari allineati, recinzioni per animali
Accumuli secondari	Attività <i>in situ</i> : processamento di ossa e conchiglie, litica (<i>débitage</i>), ocre, arte mobile

Processi di grotta e sedimenti autigenici

Tra i principali processi attivi all'interno delle grotte si contano certamente quelli gravitativi, a cui sono riconducibili la disgregazione della volta e delle pareti (ad es. dissoluzione, attività sismica e cicli di gelo/di-sgelo) e il conseguente accumulo di blocchi e clasti grossolani, definiti in letteratura come *éboulis*¹¹ (Bailey e Woodward 1997; Courty e Vallverdu 2001). A questa si può aggiungere anche la disintegrazione della roccia del substrato per soluzione (ad es. idratazione e carbonatazione) e la conseguente liberazione di sabbia calcarea e quarzo (v. ad es. Mandel e Simmons 1997; Goldberg e Arpin 1999). I blocchi disgregati superano facilmente il volume totale di tutti gli altri depositi clastici all'interno della grotta o degli strati rocciosi soprastanti (Springer 2012).

Processi colluviali e movimenti in massa

Si tratta della più diffusa tipologia di sedimenti ritrovati all'interno dei depositi di grotta. Rientrano in questa categoria i processi di dilavamento dei versanti lungo superfici inclinate e con orientamento generalmente rivolto dall'atrio verso l'interno della cavità, i movimenti di massa (frane, colate...) e i processi responsabili dell'accumulo di clasti e sedimenti grossolani. I sedimenti fini dilavati vengono invece generalmente depositati all'interno delle cavità per mezzo dell'azione dell'acqua che scorre lungo le pareti (v. ad es. Butzer 1981; Goldberg 1992; Woodward e Goldberg 2001) o per altri processi a bassa energia (ad es. *ruscellamento superficiale*).

Processi di infiltrazione

Il materiale fine dilavato dalle fonti esterne (argilla e limo) viene introdotto all'interno delle cavità attraverso le fratture e i condotti precedentemente apertisi nella roccia del substrato e si può quindi accumulare in seguito a stillicidio o in sospensione. Le infiltrazioni avvengono spesso in concomitanza dei processi descritti in precedenza e sono comuni nei contesti carsici attivi. In molti casi si tratta di suoli e sedimenti introdotti all'interno del sistema carsico attraverso zone di captazione situate in posizioni superiori rispetto a quelle della cavità ospitante (Bar-Yosef et al. 1993).

Processi eolici

Limo e sabbie fini possono essere depositati anche dall'azione del vento e risultare in livelli distinti oppure incorporati all'interno della matrice. L'accumulo di questi sedimenti all'interno delle cavità è determinato soprattutto da fattori quali la quota, le dimensioni e le caratteristiche morfologiche della grotta stessa (e in particolar modo, della zona atriale). Sono molte le grotte, su scala globale, che presentano

¹¹ Il termine francese *'éboulis'* è stato utilizzato per indicare il materiale grossolano risultante dai processi crioclastici (Laville, Rigaud, e Sackett 1980). Tuttavia, a quote poco elevate dove le condizioni periglaciali difficilmente si siano potute verificare, la sua formazione è piuttosto da ricondursi ad altre tipologie di processi, quali la dissoluzione, l'attività sismica, l'attività delle radici o la frantumazione causata dalla circolazione idrica (Bailey e Woodward 1997; Collcutt 1979; Farrand 2001).

depositi di sabbie (da dune costiere) legate alle fluttuazioni dei livelli marini (v. ad es. Goldberg 2000; Goldberg e Macphail 2000; Rodríguez-Vidal et al. 2004) o di provenienza desertica (Goudie e Middleton 2001). Oltre alle sabbie, comuni sono anche le polveri eoliche –*loess* (v. ad ed. Bailey e Woodward 1997; Krajcarz et al. 2016); infine, un'ulteriore componente eolica può essere individuata nella cenere vulcanica (tefra o criptotefra) (v. ad es. Stiner, Munro, e Starkovich 2012).

Processi fluviali e litorali

In contesti di grotta, i sedimenti fluviali (*alluvium*) possono essere depositati come conseguenza diretta dell'inondazione di un fiume durante una piena (accrezioni verticali e/o laterali): la deposizione del sedimento avviene spesso direttamente attraverso la zona atriale (v. ad es. Tankersley 1997). Modalità simili, ma con occorrenza meno comune, interessano anche i sedimenti allogeni di facies marine e lacustri (v. ad es. Kuhn et al. 2009; Karkanas e Goldberg 2010b). Le evidenze indicate si possono ritrovare anche all'interno di grotte che hanno successivamente perso la loro connessione originaria con questi ambienti (ad es. Farrand 1999), per via di cambiamenti del livello relativo del mare (Chakroun et al. 2005) o dell'interramento di un lago prima affiorante in superficie (Bailey et al. 1983).

I sedimenti depositati come conseguenza dello scorrimento di acqua ad elevata energia non sono comuni in corrispondenza di depositi archeologici, tuttavia si possono ritrovare ghiaie in associazione a sabbie e limi stratificati trasportati da processi fluviali endocarsici sotterranei (v. ad es. Macphail e Goldberg 2003; Braillard, Guélat, e Rentzel 2004). In alcuni casi l'acqua può infatti infiltrarsi all'interno del sistema carsico, portando alla formazione di complesse evidenze erosive che includono canali irregolari e gallerie sotterranee (Karkanas 2001; Karkanas e Goldberg 2017).

Apporti biogenici

Tra i processi biogenici si possono contare sia gli apporti faunistici sia quelli floristici. Tra i prodotti inglobati all'interno dei sedimenti rientrano pertanto escrementi e deiezioni animali, guano e boli di uccelli e/o pipistrelli e resti di frammenti di ossa che presentano tracce di alterazione differenziale (ad es. rosicate, digerite, etc.) (v. ad es. Weiner, Goldberg, e Bar-Yosef 1993; Karkanas et al. 1999; Stiner et al. 2001). Infine, si possono annoverare i resti vegetali di piante cresciute nella zona atriale delle grotte, l'humus e altri residui organici (ad es. erbe, steli, parti corticali di semi, etc.) derivanti dalla volta e dalle fratture o cresciuti al di sotto della caduta dello stillicidio.

Apporti antropogenici

I sedimenti possono essere accumulati all'interno di un sito in grotta anche come conseguenza dell'azione antropica. In tal senso le prime evidenze si possono ritrovare già a partire dal Paleolitico, ma il loro apporto diventa sostanziale soprattutto nei siti olocenici in area mediterranea (v. ad es. Karkanas 2006; Angelucci et al. 2009; Hardy e Moncel 2011; Ntinou e Tsartsidou 2017). Si tratta di introduzioni accidentali o involontarie dall'esterno, come il fango rimasto attaccato sotto i piedi e i resti vegetali, o

volontarie e finalizzate allo svolgimento di precise attività. Alcuni esempi sono i prodotti secondari della scheggiatura (*microdébitage*), della lavorazione di ossa e conchiglie, ocra, arte mobile, della preparazione di lettiere (ad es. piante, fitoliti, alghe), del consumo di cibo, etc. (Goldberg et al. 2009; Cabanes et al. 2010; Wadley et al. 2011). In molti siti, anche la gestione dei rifiuti (ad es. quelli derivanti dall'allevamento) può determinare un considerevole incremento della quantità di sedimento accumulata presso il sito (Boschian 1997; Karkanas 2006; Macphail et al. 1997).

Un ulteriore fattore è sicuramente l'utilizzo del fuoco, i cui prodotti possono essere, al contempo, tra quelli volumetricamente più importanti o oppure di più difficile individuazione (soprattutto per le cronologie più antiche). Nello specifico, una sequenza sedimentaria può risultare arricchita con materiale fine in forma di cenere o carbone, così come i resti polverizzati o bruciati del cibo che è stato cotto sul fuoco, fino a formare spesse sequenze di materiale bruciato (Schiegl et al. 1996; Albert, Berna, e Goldberg 2012; Berna et al. 2012); inoltre, è attestato come la cenere di origine vegetale e i materiali carbonizzati risultino generalmente ben conservati all'interno degli ambienti di grotta in rocce calcaree (Courty et al. 1989).

Da ultima, si può annoverare la costruzione di strutture, come muri di pietra o in mattoni di fango e altri materiali, fosse, buche, focolari, recinzioni per animali, etc. Come già indicato, queste sono rare durante il Paleolitico (v. ad es. Karkanas et al. 2004; Kuhn et al. 2009; Shahack-Gross et al. 2014), ma diventano sempre più comuni nelle epoche successive.

3.2.4 Processi postdeposizionali e diagenetici

I processi di alterazione fisica e chimica in grado di interferire con il registro sedimentario e archeologico negli ambienti di grotta (e nei ripari sottoroccia) ricadono sotto il nome di diagenesi e si possono attivare in concomitanza di innumerevoli circostanze e combinazioni. Una sintesi generica delle principali tipologie di processi postdeposizionali è già stata presentata nella Tabella I. B più sopra, pertanto si farà qui cenno esclusivamente ad alcune delle loro implicazioni più comuni all'interno degli ambienti di grotta.

Alterazioni fisiche

Tra le principali alterazioni fisiche rientrano la dispersione dei materiali archeologici (ossa, litica, etc.), come conseguenza dell'attivazione di processi quali dilavamento superficiale, colate di fango, deflazione eolica e flussi d'acqua con intensità di energia variabile (v. Tabella I. D più sopra). Nel caso di sistemi carsici attivi, un ruolo di rilievo viene rivestito anche dalle variazioni del livello delle acque freatiche, le quali sono in grado di disperdere e depositare i sedimenti all'interno della grotta (con granulometrie dall'argilla alla ghiaia) e sono spesso responsabili anche del loro rimaneggiamento e di quello dei materiali archeologici (v. ad es. Karkanas 2001; Schuldenrein 2001). Al contempo, altri processi quali la crioturbazione, l'argilliturbazione e la bioturbazione possono alterare sensibilmente i depositi e la loro organizzazione spaziale. Lo stesso vale per l'attività biologica di animali e piante, quindi la preparazione delle tane ad opera della meso- e macrofauna (soprattutto roditori, orsi e iene), ma anche la crescita delle radici di specie vegetali,

principalmente in corrispondenza della zona atriale. Anche gli uomini, durante lo svolgimento delle loro attività, possono portare alla dispersione dei sedimenti e dei loro stessi prodotti (ad es. tramite lo scavo di buche, la gestione dei rifiuti, il calpestio, etc.) (Goldberg e Sherwood 2006), determinando l'alterazione delle strutture sedimentarie primarie, della tessitura dei sedimenti e, in ultima analisi, al rimaneggiamento della matrice e dei componenti (Karkanas e Goldberg 2017).

Alterazioni chimiche

Rispetto a quelle fisiche, le alterazioni chimiche risultano meno evidenti sul terreno; fatta eccezione per le concrezioni di carbonatiche (ad es. *flowstone*, travertino, stalattiti, brecce, etc.). Tra gli agenti diagenetici più studiati si possono annoverare il guano, gli acidi organici e la percolazione di acque acide, i quali possono determinare la dissoluzione del CaCO_3 , la formazione di altri minerali secondari (ad es. fosfatici o gesso) e la precipitazione (neoformazione) di silice (v. ad es. Karkanas et al. 1999; Goldberg 2000; Karkanas et al. 2000; Weiner, Goldberg, e Bar-Yosef 2002; Mallol, Cabanes, e Baena 2010; Stephens, Rose, e Gilbertson 2017). L'attivazione di tali processi può portare alla dissoluzione, completa o differenziale, di diversi materiali (tra cui soprattutto i frammenti di ossa) (v. ad es. Krajcarz e Krajcarz 2019).

CENNO METODOLOGICO

Nel presente capitolo vengono brevemente descritti i metodi e le tecniche analitiche utilizzate per l'ottenimento dei dati e la loro analisi. Il presente lavoro di ricerca ha seguito un approccio geoarcheologico standard, secondo il quale le indagini iniziano sul terreno con la descrizione della successione stratigrafica e vengono poi approfondite in laboratorio (v. §1.2). L'ordine della trattazione seguirà quello operativo, introducendo il lavoro di campo e fornendo poi una descrizione essenziale dei procedimenti e dei parametri propri delle tecniche utilizzate. Maggiore spazio verrà dedicato alla micromorfologia archeologica, in quanto tecnica cardine nello studio dei due contesti discussi nelle sezioni successive.

4.1 La descrizione di campo

La ricerca discussa nel presente elaborato ha previsto la descrizione sistematica delle sezioni stratigrafiche esposte presso i due depositi archeologici presi in esame. L'attenzione è stata concentrata sul riconoscimento delle variazioni interne alla stratificazione, tenendo in considerazione sia quelle laterali che quelle verticali. Tale operazione è finalizzata ad individuare a livello macroscopico le evidenze riconducibili a diversi eventi deposizionali e alle successive alterazioni postdeposizionali.

Nel concreto, al fine di ricostruire l'intera storia formativa del deposito, sono state descritte la composizione e la tessitura del sedimento, le caratteristiche morfologiche, dimensionali e l'orientamento delle componenti sedimentarie¹², in concomitanza con le caratteristiche pedogenetiche e antropogeniche (Cremaschi 2000; Goldberg e Macphail 2006). Si mette fin da subito in evidenza che i depositi studiati erano già stati scavati prima dell'inizio di questo intervento e che le osservazioni sono state pertanto effettuate in corrispondenza dei profili stratigrafici esposti durante le precedenti campagne. I dati di campo sono stati successivamente tradotti in descrizioni sistematiche a cui sono state affiancate rappresentazioni grafiche delle evidenze stratigrafiche e una prima interpretazione. Parallelamente, sono stati raccolti dei campioni per lo svolgimento di analisi sedimentologiche e di sedimento indisturbato per quelle micromorfologiche.

4.2 Le analisi sedimentologiche di routine

Convenzionalmente, le analisi sedimentologiche di routine raggruppano una serie di tecniche e procedure utilizzate per l'ottenimento delle prime indicazioni riguardanti le caratteristiche fisico-chimiche di

¹² La codifica dei colori è stata effettuata a umido mediante *Munsell® Soil Color Charts* (MUNSELL® COLOR 1954)

suoli o sedimenti (Courty et al. 1989; Goldberg e Macphail 2006). Tra queste si annoverano le analisi granulometriche e tessiturali e le determinazioni del pH, del tenore di carbonio organico, del contenuto totale di carbonati, etc. (Cremaschi e Rodolfi 1991) Nell'ambito dello studio svolto presso il deposito della Ciota Ciara, le analisi sono state svolte presso i laboratori del Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Ferrara e hanno previsto la determinazione delle classi granulometriche, tramite setacciatura meccanica e sedigrafo, e la discriminazione dei carbonati, tramite l'analisi di perdita al fuoco (*Weight Loss on Ignition –LOI*) e calcimetria, di cui vengono di seguito brevemente riportate le procedure e i parametri analitici utilizzati (Zambaldi 2015).

4.2.1 Analisi granulometriche e tessiturali

Le analisi granulometriche (*Particle Size Analysis –PSA*) consistono in operazioni di separazione del campione di terreno sciolto nelle sue particelle individuali e la loro successiva suddivisione in una serie di classi (granulometriche) distinte e comprese tra intervalli dimensionali predefiniti¹³. Si tratta di scale a progressione geometrica, cioè basate su rapporti e non sugli incrementi tra le varie classi. Per la dispersione dei costituenti del sedimento vengono seguiti dei procedimenti chimici, meccanici o per mezzo di ultrasuoni, mentre per la separazione in classi si procede con la setacciatura e la sedimentazione (Garrison 2016; Gee e Bauder 1986; Lindholm 1987; McManus 1988; Sarkar e Haldar 2005; Syvitski 1991). I valori risultanti vengono convenzionalmente tradotti in scale logaritmiche e rappresentati graficamente per mezzo di istogrammi e curve di frequenza.

Tabella I. G.Scala granulometrica (United States Geological Survey –USGS, da Wentworth 1922) utilizzata per la descrizione micromorfologica; tra parentesi rotonde le abbreviazioni usate nel testo.

Classe	Sottoclasse	Limiti	Φ
ghiaia (G)		> 2 mm	-1
sabbia (S)	molto grossolana (gg)	1-2 mm	0
	grossolana (g)	0,5-1 mm	1
	media (m)	250-500 μm	2
	fine (f)	125-250 μm	3
	molto fine (ff)	63-125 μm	4
limo (L)	grossolano (g)	31-63 μm	5
	medio (m)	16-31 μm	6
	fine e molto fine (f, ff)	4-16 μm	7
argilla (A)		< 4 μm	8

¹³ La granulometria corrisponde alle dimensioni e alla distribuzione statistica delle particelle, e in particolare dei granuli, che compongono il sedimento (Ricci Lucchi 1980a). Le analisi granulometriche in sedimentologia corrispondono in pedologia alle analisi tessiturali: determinati parametri, come gli intervalli delle scale dimensionali, possono quindi variare a seconda degli standard adoperati.

Nel presente contributo è stata adottata la scala granulometrica proposta dalla USGS (*United States Geological Survey*, v. Tabella I. G più sopra) per garantire un confronto accurato con le evidenze sul terreno¹⁴: i dati vengono presentati in accordo alla classificazione di Wentworth (Wentworth 1922), mentre i parametri tessiturali sono stati calcolati secondo quelli proposti da Folk e Ward (Folk e Ward 1957). Le attività di laboratorio hanno previsto diverse fasi tra loro propedeutiche: la preparazione e il pretrattamento dei singoli campioni di sedimento raccolti sul terreno, la separazione della frazione sabbiosa da quella fangoso-pelitica, le procedure analitiche individuali delle singole frazioni riconosciute e la conseguente elaborazione dei dati tramite software.

Preparazione dei campioni

I campioni raccolti sul terreno sono stati quartati, al fine di ottenere una quantità di sedimento utile statisticamente rappresentativa. I campioni sono stati trattati con perossido di idrogeno (H₂O₂) a bassa concentrazione (16 volumi) e lasciati reagire a temperatura ambiente per 24-48 ore fino al cessare della reazione di effervescenza, al fine di ottimizzare la dispersione delle particelle e ossidare la sostanza organica presente. Si è pertanto proceduto alla separazione della frazione grossolana (< 4 φ) da quella fine, attraverso una setacciatura ad umido con vaglio avente luce netta pari a 63 μm. La frazione residua di fango è stata lasciata sedimentare a più riprese, fino alla completa rimozione dell'acqua in eccesso. È stato quindi determinato il peso del fango allo stato umido. Entrambe le frazioni sono state fatte essiccare in stufa per almeno 24 ore, al fine di rimuovere l'umidità. Durante tale operazione, sono state impostate temperature costanti di 105 °C per la frazione grossolana e di 60 °C per quella fine. Il Fattore di Umidità (FU) è stato calcolato secondo la formula: $FU = \text{peso del suolo seccato all'aria (g)} / \text{peso suolo del seccato a 105°}$; il peso netto secco è stato quindi misurato tramite bilancia tecnica con sensibilità al centigrammo.

Analisi delle singole frazioni

Le frazioni delle ghiaie e quelle delle sabbie sono state isolate mediante setacciatura manuale e setacciatore meccanico a vibrazione e basculamento su pila di setacci. Le dimensioni delle maglie utilizzate per la separazione delle sabbie hanno dimensioni comprese tra -1 φ (2 mm) e +4 φ (63 μm) e vengono ridotti ad intervalli progressivi di 0.5 φ (Krumbein e Sloss 1963). La quantità nota di campione è stata sottoposta al processo per circa 10 minuti. Il sedimento trattenuto entro ciascun setaccio è stato pesato in rapporto al peso totale iniziale. Il valore del peso della frazione pelitica passante per l'ultimo setaccio (63 μm) è stato aggiunto a quello misurato al termine della sedimentazione in caraffe. La frazione sabbiosa è stata analizzata mediante una bilancia di sedimentazione, la quale ha permesso di misurare la velocità con cui le particelle solide sospese in un liquido si depositano sul fondo secondo i principi espressi dalla legge di Stokes (Syvitski 1991). I parametri costruttivi dello strumento utilizzato prevedono l'utilizzo di

¹⁴ Per la descrizione micromorfologica è comune anche la scala proposta da Stoops (2003:49).

quantità di campione comprese tra i 2,80 g e 3,00 g e per questo le sabbie sono state ulteriormente quartate per mezzo di un quartatore meccanico di precisione. Il tubo della bilancia è stato riempito con acqua ossigenata di cui viene costantemente misurata la temperatura. I campioni selezionati sono stati posizionati sulla testa di carico della bilancia e lasciati sedimentare all'interno del tubo per 20 minuti. Tale procedimento ha permesso di determinare la distribuzione della sabbia all'interno dell'intero spettro dimensionale e di campionare la coda fine (silt grossolano –63-31 μm). I dati sono stati acquisiti in tempo reale da un calcolatore per mezzo di un software dedicato sviluppato dall'Università di Ferrara (*Sedimcol*). Sono stati determinati e registrati i parametri tessiturali secondo Folk and Ward (1957), le percentuali relative delle classi granulometriche secondo la scala dimensionale di Wentworth (1922) e il phi medio suddividendo le sabbie in: sabbia molto grossa ($< -1 \phi$), sabbia grossa, sabbia media, sabbia fine, sabbia molto fine, silt e argilla ($<4 \phi$).

Per l'analisi della frazione fangosa è stata utilizzata un Sedigrafo a raggi X (modello *Micromeritics 5100*). Sono state impostate condizioni di analisi convenzionali (Syvitski 1991). I valori di densità standard sono stati posti a 2.7 g/cm^3 , mentre l'intervallo dimensionale considerato è stato esteso da 0.0884 mm a 0.00049 mm. I campioni di fango sono stati sub-campionati in porzioni da 15 g a cui sono stati aggiunti 50 cc di Calgon (esametafosfato di sodio) a bassa concentrazione (0.5%), al fine di agevolare la dispersione di ogni singolo granulo. I risultati delle analisi effettuate dallo strumento sulla frazione fine sono stati esportati come file report e successivamente elaborati in *Sedimcol* sul modello di quanto fatto in merito alla frazione grossolana.

4.2.2 La determinazione della quantità di carbonio organico

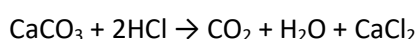
La determinazione della percentuale di peso della materia organica e del contenuto di carbonati all'interno dei sedimenti è stata effettuata per mezzo dell'analisi di perdita al fuoco (*LOI*). Si tratta di un metodo della chimica analitica inorganica che consente di stimare il contenuto in acqua e le quantità di carbonati e materia organica utilizzando le relazioni lineari tra i valori *LOI* e il contenuto di carbonio organico e inorganico (Pansu e Gautheyrou 2006; Santisteban et al. 2004). La procedura prevede di sottoporre il campione di sedimento selezionato ad un trattamento termico sequenziale a temperature di 105°C, 550 °C e 980 °C (Dean 1974; Heiri, Lotter, e Lemcke 2001). Il riscaldamento determina la perdita delle sostanze volatili e una progressiva riduzione della massa del campione fino al raggiungimento di un valore stabile. Il metodo si fonda quindi su analisi termiche differenziali basate su tempi di dissoluzione noti: la materia organica inizia a dissolversi a ca. 200 °C e risulta completamente rimossa a 550 °C; la maggior parte dei carbonati necessita invece di temperature superiori, ad es. 700-750 °C per la dolomite e 800-850 °C la calcite (Dean 1974).

Per l'analisi dei campioni trattati in questa ricerca sono state adottate le procedure analitiche convenzionali *LOI* utilizzate dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Ferrara. Sono stati preparati e pesati campioni di ca. 4 g, allocati poi in crogioli pretarati e fatti essiccare all'interno di una stufa a

105 °C. Una volta registrato il peso, sono stati trasferiti in muffola, per due ulteriori cicli di essiccazione a ca. 500 °C e 1.000 °C. I campioni sono stati pesati al termine ad ogni fase di essiccazione e il consecutivo calcolo delle variazioni ha permesso di esprimere la quantità di sostanza organica in forma di percentuale di peso.

4.2.3 La determinazione del tenore dei carbonati

Per la separazione del carbonio organico da quello inorganico e la misurazione delle relative percentuali sono generalmente utilizzate analisi chimiche basate sulla decomposizione dei carbonati con acido cloridrico (HCl), nell'ambito delle quali viene calcolata la perdita gravimetrica di anidride carbonica (CO₂) liberata in dalla reazione:



Lo strumento utilizzato è il calcimetro, di cui esistono diversi modelli. Per le analisi qui riportate è stato utilizzato il tipo Dietrich-Frühling¹⁵, il quale prevede l'inserimento del campione e del reagente all'interno di un contenitore in vetro sigillato (Bidini 1991). La reazione chimica libera l'anidride carbonica che si accumula nella parte superiore del calcimetro. Il metodo permette di determinare i carbonati contenuti nel sedimento (CaCO₃, MgCO₃, Na₂CO₃), ma il risultato viene espresso sempre solo come carbonato di calcio (CaCO₃). La percentuale di quest'ultimo rispetto al contenuto totale di C nel campione può essere quindi calcolata a partire dalla misurazione delle moli di CO₂ generatesi secondo il rapporto equivalente per cui per ogni mole di CaCO₃ reagito si ha una mole di CO₂.

La procedura utilizzata ricalca quella proposta dalla SISS (Società Italiana Scienza del Suolo 1985) e il *D.M. 13/09/1999*¹⁶. Nello specifico, i campioni sono stati essiccati in stufa a 105°C per rimuovere l'umidità e successivamente frantumati manualmente per mezzo di un mortaio al fine di ottenere una polvere impalpabile, di cui ne sono stati isolati esattamente 0.500 mg. Il campione così preparato è stato inserito nel calcimetro e fatto reagire con 5 ml di acido cloridrico. Durante il processo sono state effettuate tre misurazioni progressive a 60 secondi dall'avvio, a 120 secondi dal termine della prima misurazione e a 720 secondi dal termine dalla seconda. Durante il primo minuto il valore registrato è significativo per la sola calcite (CaCO₃), mentre altri carbonati che reagiscono più lentamente, come la dolomia (CaMg(CO₃)₂), vengono evidenziati durante la seconda e la terza misurazione; la somma dei valori restituisce quindi la percentuale dei carbonati totali (Dreimanis 1962).

¹⁵ Questo modello permette di eseguire accurate correzioni rispetto alla temperatura (da 10° a 25°) e alla pressione atmosferica (da 270 a 768 tor) alla quale viene effettuata la misura e di ottenere un risultato alla seconda decimale (Società Italiana Scienza del Suolo 1985).

¹⁶ D.M. 13 settembre 1999 Approvazione dei "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo" (GU Serie Generale n.248 del 21-10-1999 - Suppl. Ordinario n. 185)

4.3 Le analisi geochimiche

4.3.1 La spettroscopia in fluorescenza a raggi X (XRF)

La spettroscopia in fluorescenza a raggi X (*X-ray fluorescence –XRF*) è una delle tecniche maggiormente utilizzate per le analisi elementali dei materiali e risulta spesso un valido supporto anche nell'ambito della ricerca archeologica (Pearsons 1997; Mantler e Schreiner 2000; Creagh e Bradley 2006; Pollard et al. 2007; Artioli 2010). Essa consente di identificare gli elementi chimici presenti nel campione analizzato e, in determinate condizioni, di stabilirne la concentrazione. Si tratta di un metodo di analisi invasivo, ma di per sé non distruttivo. La strumentazione utilizzata può essere portatile o da banco e necessita di una fonte di raggi X (o raggi γ) per irradiare il campione, un supporto per il campione e un sistema per individuare i raggi X secondari.

La tecnica si basa sul principio secondo il quale eccitando un campione con radiazioni X primarie, esso emetta una radiazione X secondaria (di 'fluorescenza'), indicante i picchi che caratterizzano gli elementi chimici in esso presenti. Più specificatamente, gli elettroni del guscio interno¹⁷ dell'atomo vengono espulsi ad opera dei raggi X primari ad energia elevata; gli atomi ionizzati instabili si rilassano allo stato fondamentale in seguito ad una serie di salti elettronici all'interno di orbitali inferiori per riempire i vuoti, emettendo di conseguenza fotoni di fluorescenza nella regione a raggi X, la quale corrisponde alla struttura quantica dell'atomo (Artioli 2010:34). L'emissione di fluorescenza rappresenta lo spettro caratteristico di un atomo, che può essere quindi utilizzato per identificare e quantificare gli elementi chimici. Gli spettri che si ottengono mostrano l'intensità dei raggi X in fluorescenza emessi dal campione come funzione dell'energia: in seguito a una corretta calibrazione e correzione, le aree rappresentate dai picchi ottenuti possono essere convertite in concentrazioni relative o assolute degli elementi chimici analizzati (Artioli 2010:35).

Sono disponibili due tipologie principali di sistemi di rilevamento: (1) EDS (*energy dispersive spectrometry*), basati su rilevatori allo stato solido e analizzatori multicanale in grado di misurare direttamente l'energia dei raggi X in fluorescenza; (2) WDS (*wavelength dispersive spectroscopy*), basati su una grata di diffrazione (tipicamente un singolo 'cristallo analizzatore') che misura l'energia del raggio X di fluorescenza indirettamente, attraverso la diffrazione delle diverse lunghezze d'onda del segnale di fluorescenza collimato ad angoli diversi (Artioli 2010:36). Per ulteriori approfondimenti riguardo ai principi e alla tecnica citati, si rimanda alla letteratura specialistica di settore (v. ad es. Jenkins, Gould, e Gedcke 1981; Kramar 2000; Janssen 2004).

¹⁷ Definiti anche elettroni di core (*core electrons*): elettroni di un atomo che non partecipano al legame chimico, come invece avviene per gli 'elettroni di valenza'.

Le analisi svolte nell'ambito dello studio della Ciota Ciara (v. Sez. II, Cap. 4) sono state effettuate presso il Laboratorio di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Ferrara per mezzo dello spettroscopio WDS in dotazione. I campioni di sedimento raccolti sono stati preparati, macinandoli utilizzando un pestello e una giara in agata fino all'ottenimento di una polvere impalpabile, la quale è stata successivamente pressata per preparare pastiglie analizzabili dallo strumento (come supporto è stato utilizzato dell'acido borico, in quanto esso risulta neutro alla lettura dello strumento).

4.3.2 La diffrattometria a raggi X (XRD)

La diffrattometria a raggi X (*X-ray diffraction –XRD*) dallo stato solido è una tecnica analitica per la caratterizzazione di materiali sintetici e naturali inorganici. In particolare, essa permette di: (1) identificare i componenti cristallini, (2) effettuare analisi quantitative di miscele polifasiche, (3) studiare la struttura atomica a lungo raggio del cristallo e (4) effettuare analisi fisiche degli aggregati cristallini (Artioli 2010:50). L'utilizzo di routine più comune della tecnica in archeometria coincide con l'identificazione e la quantificazione delle fasi cristalline per diffrazione e per tale scopo vi è stato fatto ricorso anche nell'ambito della presente ricerca. La diffrattometria a raggi X non è una tecnica di analisi di superficie, in quanto sia il *beam in* che il *beam out*¹⁸ sono costituiti da fotoni con una profondità di penetrazione e di fuga elevate. La tecnica rientra comunque tra le metodologie analitiche non distruttive dal momento che la quantità di materiale necessaria è limitata e il danneggiamento del campione risulta trascurabile.

Le tecniche sperimentali utilizzate variano in relazione alla tipologia dei campioni utilizzati, i quali possono essere costituiti da cristalli singoli (con dimensioni contenute), aggregati policristallini (polveri) o campioni orientati (fibre, film sottili, superfici levigate) (Artioli 2010:51). La configurazione degli strumenti generalmente prevede una fonte di raggi X tramite tubo sigillato o anodo rotante, un diffrattometro automatico a due cerchi (polveri) o a quattro cerchi (cristalli singoli) per l'orientazione del campione in relazione al fascio incidente delle radiazioni e uno o più rilevatori per il segnale diffratto. I dati raccolti corrispondono ai profili di intensità dei raggi X diffratti come funzione dell'angolo di dispersione, il quale mostra i picchi diffratti di Bragg¹⁹ caratteristici di ciascuna fase cristallina (Artioli 2010:51).

Nell'ambito dello studio della Ciota Ciara (v. Sez. II, Cap. 4), le analisi sono state svolte presso il Laboratorio di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Ferrara, utilizzando il metodo delle polveri.

¹⁸ *Beam*: fascio delle radiazioni in uscita (*out*) e in entrata (*in*).

¹⁹ Si fa riferimento alla legge di Bragg (Bragg e Bragg, 1913), secondo la quale facendo incidere un'opportuna onda elettromagnetica su di un cristallo, si osservano fenomeni di interferenza causati dalla riflessione di onde da parte di piani cristallini diversi ma paralleli. L'equazione espressa dalla legge di Bragg è: $n\lambda = 2d \sin \vartheta$, dove: (d) è la distanza tra i piani atomici nel minerale, (λ) è la lunghezza d'onda di radiazione incidente dei raggi x, (n) è l'ordine della riflessione e (ϑ) è l'angolo di diffrazione. La legge esprime quindi la dipendenza della diffrazione di una radiazione elettromagnetica dalle dimensioni del reticolo cristallino.

4.4 La micromorfologia archeologica

La micromorfologia archeologica (mutuata dalla micromorfologia del suolo) si serve di tecniche microscopiche per determinare la natura dei componenti nei depositi archeologici e analizzarne l'organizzazione e le relazioni spaziali all'interno di campioni di suoli e sedimenti indisturbati e orientati (analisi della *fabric* e microstratigrafia) (Nicosia e Stoops 2017; Stoops 2003). Tali campioni vengono preventivamente trattati in laboratorio seguendo procedimenti standardizzati e finalizzati alla preparazione di sezioni sottili (v. §4.4.2 più sotto), successivamente osservate per mezzo di un microscopio petrografico a luce polarizzata (v. §4.4.3 più sotto). Le sezioni sottili possono essere analizzate anche per mezzo di tecniche geochemiche complementari, tra le quali si possono citare ad esempio la spettroscopia EDS, le analisi micro-XRF e micro-FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*), etc. (v. ad es. Macphail e Goldberg 2017; Nicosia e Stoops 2017).

Di seguito verranno trattati gli aspetti inerenti al presente lavoro di ricerca, mentre per approfondimenti riguardanti lo stato dell'arte e ulteriori dettagli relativi alla ricerca micromorfologica si rimanda all'ampia bibliografia del settore, tuttora in costante aggiornamento (v. ad es. Courty et al. 1989; Nicosia e Stoops 2017; Stoops, Marcelino, e Mees 2018).

4.4.1 Il campionamento

Il prelievo dei campioni *in situ* per analisi micromorfologiche è da considerarsi tra le fasi più delicate dell'intero processo, in quanto dalla loro qualità dipenderà anche quella delle sezioni sottili e, in primo luogo, la possibilità stessa della loro preparazione. I campioni di sedimento o suolo raccolti devono rimanere del tutto indisturbati, in modo tale che la loro integrità strutturale, l'orientamento e le relazioni tra i componenti vengano conservate intatte. Ogni deformazione che modifichi le caratteristiche originarie possedute *in situ*, può infatti determinare la perdita di informazioni o della rappresentatività stessa del campione. È quindi necessario adattare ai singoli contesti le strategie di campionamento, le tecniche e gli strumenti utilizzati e le modalità di trasporto e conservazione (es. Courty et al., 1989; Goldberg and Macphail, 2003; Nicosia and Stoops, 2017).

La campionatura effettuata in occasione degli interventi discussi nel presente elaborato ha interessato i profili stratigrafici ad oggi esposti presso i due depositi archeologici indagati. Sono stati raccolti campioni in corrispondenza di tutte le unità stratigrafiche individuate durante le operazioni di descrizione di campo. La natura del sedimento non ha premesso una strategia sistematica e sono state pertanto individuate di volta in volta le porzioni più rappresentative e più adatte al prelievo di un campione micromorfologico. Sono stati raccolti dei blocchetti di sedimento delle dimensioni massime di 15x12 cm utilizzando cazzuola da archeologia e coltello per l'estrazione e di garze impregnate di polvere di gesso per il consolidamento e la preservazione da possibili deformazioni successive. Su ciascun campione sono state indicate le rispettive orientazione, provenienza (sito, US, Q) e polarità (alto/basso). Ove possibile, sono state registrate

anche le quote (Z) in corrispondenza del punto di prelievo. Al fine di facilitarne il trasporto e la conservazione, i campioni sono stati avvolti in fogli di giornale, successivamente fissati con del nastro adesivo di carta, sul quale sono state nuovamente riportate le informazioni distintive.

4.4.2 La preparazione delle sezioni sottili

Vengono di seguito brevemente presentate le procedure convenzionali adottate per la preparazione delle sezioni sottili analizzate; per i dettagli particolari relativi ai singoli campioni utilizzati in occasione della presente ricerca si rimanda invece ai capitoli dedicati (v. Sez. II, §4; Sez. III, §4). I campioni raccolti sul terreno sono stati trasportati o spediti presso tre diversi laboratori, rispettivamente afferenti all'università di Gand (Belgio), all'Institut de Paleoecologia Humana i Evolució Social (IPHES, Tarragona, Spagna) e alla ditta Servizi per la Geologia del dott. Massimo Sbrana (Piombino, LI). Le procedure per la preparazione dei campioni hanno previsto un periodo di essiccazione in condizioni controllate a una temperatura di ca. 60 °C, al fine di rimuovere l'umidità conservata all'interno del sedimento e poter ottenere la misurazione di un valore di peso costante. I blocchetti di sedimento raccolti, ancora avvolti nei loro involucri protettivi, sono stati quindi impregnati in una miscela sintetica di resina di poliestere. Una volta consolidati, i campioni sono stati tagliati in lastre di dimensioni centimetriche per mezzo di una sega circolare con lama diamantata e fissati su vetrini porta oggetti. Ulteriori operazioni di taglio e politura hanno quindi permesso di abbassare lo spessore del campione fino a portarlo a ca. 30 µm su tutta la sua superficie²⁰. Le sezioni sottili analizzate in occasione della presente ricerca si presentano in tre diversi formati, comprese tra le sezioni petrografiche convenzionali (28x48 mm) le sezioni di grande formato (95x55 mm) e le cosiddette 'mammoth' (139x68 mm).

4.4.3 Osservazione al microscopio ottico petrografico

Per le osservazioni micromorfologiche viene utilizzato un microscopio ottico polarizzatore a luce trasmessa (Figura I. 1 più sotto). Esistono diversi modelli di questo strumento che differiscono l'uno dall'altro in alcuni dettagli costruttivi o per l'aggiunta di diversi accessori, ma le componenti e la struttura base rimangono fondamentalmente le stesse (v. ad es. Nesse 2013:16–26). I microscopi ottici polarizzatori a luce trasmessa montano due nicol²¹: un polarizzatore, interposto tra la fonte luminosa e l'obiettivo, e un analizzatore, che può essere a sua volta interposto tra il primo polarizzatore e l'obiettivo. L'inserimento di entrambi i nicol e la loro posizione reciproca determinano le variazioni nella trasmissione del fascio di luce che, partendo dalla sorgente luminosa, raggiunge gli oculari. Quando viene inserito il primo nicol, la luce trasmessa viene polarizzata lungo il piano di vibrazione da esso determinato e l'osservazione viene

²⁰ Per una trattazione più approfondita delle procedure di laboratorio, delle sostanze e dei materiali che vengono convenzionalmente utilizzati, si rimanda alle linee guida nella bibliografia specifiche (v. ad es. Allman e Lawrence 1972; Nicosia e Stoops 2017).

²¹ Prisma polarizzatore per birifrangenza.

per questo definita in luce piana polarizzata (*plane polarised light*, PPL). Inserendo anche l'analizzatore, il cui piano di vibrazione è orientato perpendicolarmente rispetto a quello del primo nicol, le radiazioni polarizzate vengono invece assorbite e la luce non raggiunge l'oculare. In questo secondo caso si parla di osservazione a polarizzatori incrociati (*crossed polarised light*, XPL).

L'osservazione di un campione in PPL permette di apprezzare il colore e la morfologia dei componenti (ad es. alcune caratteristiche fisiche dei minerali, come l'abito e la sfaldatura), nonché la struttura e l'organizzazione spaziale del materiale costituente il campione di suolo e/o sedimento (*fabric*) analizzato. In XPL è invece possibile distinguere i costituenti isotropi, che appaiono opachi, da quelli anisotropi e birifrangenti, caratterizzati invece da colori di interferenza e indici di rifrazione specifici (*refractive index –RI*)²². Ulteriori osservazioni sono state effettuate utilizzando fonti luminose aggiuntive, quali la luce riflessa (*oblique incident light*, OIL), la luce ultravioletta (*ultraviolet light*, UVL) e la luce blu (*blue light*, BL). L'osservazione in OIL permette di analizzare le caratteristiche superficiali dei materiali e risulta indicata per lo studio di quelli opachi (ad es. materia organica amorfa e ossidi di ferro). La BL e la UVL permettono invece l'individuazione di costituenti autofluorescenti (fluorescenza primaria) di alcuni componenti, tra cui rientrano i fosfati, alcuni carbonati, al carbonato-idrossiapatite e materiali organici come resti di radice e cellulosa. Considerati tuttavia i bassi livelli di autofluorescenza generalmente riscontrati durante questo tipo di osservazioni, queste sono da svolgersi in ambiente oscurato.

Strumenti e accessori utilizzati

Le osservazioni micromorfologiche riportate e discusse in questo contributo sono state effettuate presso il Dipartimento di Lettere e Filosofia dell'Università degli Studi di Trento e l'Istituto per le Scienze Archeologiche (INA) dell'Università di Tubinga (Germania). In particolare, sono stati utilizzati due microscopi petrografici polarizzatori a luce trasmessa da ricerca, di cui vengono di seguito riportate le informazioni essenziali in merito alle configurazioni dei rispettivi accessori in dotazione:

1. Modello *Olympus* BX51P con revolver personalizzato a sei obiettivi con ingrandimenti 2x; 4x, 10x, 20x, 40x, 100x. L'utilizzo di una lampada al tungsteno (100W) associata al microscopio ha permesso le osservazioni in luce blu (filtro di eccitazione 420-480 nm, filtro di emissione 520 nm) e ultravioletta (filtro di eccitazione 330-335 nm, filtro di emissione 420 nm) (v. Figura I. 1);
2. Modello *ZEISS* Axio Imager A.2 con revolver a cinque obiettivi con ingrandimenti 2,5x; 5x, 10x, 20x, 40x.

La luce incidente riflessa è stata ottenuta per mezzo dell'utilizzo di una torcia a LED (*light emitting diode*), indirizzando il fascio di luce direttamente sulla sezione sottile posizionata sul piatto portaoggetti.

²² Per una trattazione approfondita degli aspetti concernenti la petrografia e la mineralogia ottica si rimanda alla bibliografia specifica (v. ad es. Williams, Turner, e Gilbert 1982; Nesse 2013; Gribble e Hall 1985).

Per la documentazione fotografica sono state utilizzate delle tele-fotocamere digitali a colori ad alta risoluzione (Olympus UC30 e Zeiss), integrate ai microscopi tramite snodo trinoculare. L'acquisizione delle immagini digitali è stata effettuata per mezzo di software proprietari dedicati e forniti in dotazione ai microscopi petrografici (rispettivamente *Olympus cell^A*® 3.1 e *Axio Vision*® 4). Tali strumenti hanno permesso la visualizzazione e l'elaborazione in tempo reale delle immagini acquisite dalle fotocamere, consentendo la regolazione in digitale dei parametri espositivi, la misurazione di aree e lunghezze (in pixel o nel sistema metrico decimale) e il salvataggio dei file in diversi formati per l'archiviazione e la modifica in altro software.

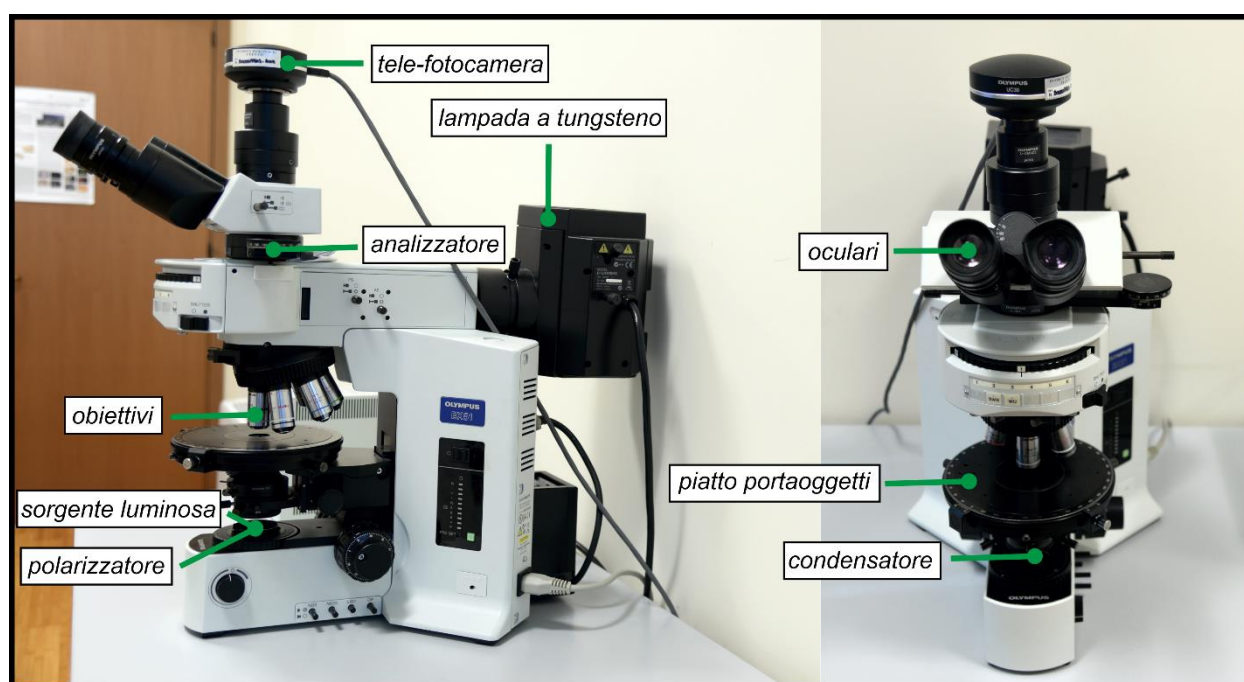


Figura I. 1. Microscopio petrografico da ricerca (mod. *Olympus BX51P*; in dotazione al Dipartimento di Lettere e Filosofia dell'Università di Trento) con indicazione dei principali componenti.

4.4.4 Concetti e parametri per la descrizione sistematica

La procedura e i parametri adottati per l'osservazione dei campioni fanno riferimento principalmente alle linee guida per la descrizione di sezioni sottili di suolo e regolite redatta da Stoops (2003). Queste forniscono un valido strumento per isolare il dato descrittivo da tutte le speculazioni interpretative del singolo ricercatore. I concetti sono modulati sulla base della revisione, della comparazione e della correlazione delle ricerche precedenti nel campo degli studi della pedologia e della micropedologia (es. Brewer, 1964; Bullock, 1985; FitzPatrick, 1984; Kubiena, 1938; Stoops and Jongerius, 1975). Il sistema descrittivo ha permesso di definire una terminologia precisa e ad oggi convenzionalmente adottata anche nello studio della micromorfologia archeologica. L'edizione citata, alla quale si rimanda per dettagli (Stoops 2003),

è redatta in lingua inglese, mentre una traduzione italiana dei termini e dei concetti chiave in essa contenuti è proposta in Nicosia et al. (2010). Per i componenti che invece esulano dalla gamma di quelli inseriti in questo sistema descrittivo, sono stati adottati termini mutuati dalla rispettiva letteratura di ambito e comunemente utilizzati all'interno delle pubblicazioni scientifiche che riportano risultati di analisi micromorfologiche effettuate su suoli e sedimenti. Una volta completata la fase descrittiva, i dati raccolti sono stati interpretati, facendo riferimento ai concetti proposti all'interno della letteratura specialistica dedicata all'applicazione della micromorfologia alla ricerca archeologica (v. ad es. Courty et al. 1989; Macphail e Goldberg 2017; Nicosia e Stoops 2017; Karkanis e Goldberg 2018; Stoops et al. 2018).

Da un punto di vista operativo, le analisi al microscopio petrografico, precedute da un esame macroscopico dell'intera sezione sottile, procedono per diversi livelli di ingrandimento. Le osservazioni devono tenere in considerazione il verso del campione per preservare le informazioni desumibili dall'orientamento originale della stratigrafia e dei componenti al suo interno. L'osservatore deve alternare continuamente condizioni di illuminazione in PPL, XPL e OIL, dal momento che queste permettono di evidenziare specifici caratteri informativi del campione analizzato. Una prima analisi preliminare è solitamente incentrata sull'individuazione di un'eventuale eterogeneità nel campione e la sua conseguente ripartizione in diverse porzioni, solitamente definite 'unità micromorfologiche'. La descrizione procede quindi incrementando progressivamente l'ingrandimento utilizzato e alternando i vari obiettivi in funzione della necessità. Solitamente le indagini al microscopio prevedono tre livelli distinti.

Il primo livello di osservazione è finalizzato alla descrizione della microstruttura, la quale consiste essenzialmente nella distribuzione dei singoli grani, aggregati e pori che in sezione sottile rappresentano l'immagine bidimensionale dell'originale geometria tridimensionale presente in natura. Spesso viene osservata una gerarchia nell'articolazione interna della microstruttura, con diverse tipologie osservabili a scale di ingrandimento progressive.

Il secondo livello di osservazione prevede la descrizione della massa di fondo (*groundmass*), concetto che esprime i caratteri principali del suolo o del sedimento nel loro insieme. Questa è a sua volta articolata in componenti grossolani (indicati come "g") e materiale fine ("f"), costituente la micromassa. Tra le due frazioni viene posto un limite dimensionale arbitrario, scelto sulla base delle caratteristiche specifiche del campione analizzato, e ne vengono calcolate la proporzione reciproca (rapporto g/f) e la distribuzione relativa (*related distribution pattern –RIDP*) all'interno della massa di fondo. La micromassa viene descritta in termini di colore in PPL, aspetto, composizione e modelli di orientamento e distribuzione dei colori di interferenza (*b-fabric*). I componenti grossolani vengono invece quantificati e descritti sulla base di parametri convenzionali e tabelle comparative, utilizzate per indicarne gli aspetti distintivi, tra cui le dimensioni (v. Tabella I. G più sopra), la frequenza (v. Tabella I. H più sotto), la forma, il grado di selezione, l'orientamento, la distribuzione, il grado di arrotondamento, l'alterazione, etc.

I componenti vengono suddivisi sulla base della loro della loro composizione (minerale o organica) e successivamente raggruppati per genesi e provenienza. Per la presente ricerca i componenti grossolani state isolate le seguenti classi: componenti geogenici (minerali e rocce), componenti biogenetici (ossa, gusci, etc.), componenti organici (resti di radici, semi, etc.), componenti antropogenici.

Tabella I. H. Aggettivi per la definizione delle classi di abbondanza (da Stoops, 2003: 49)

abbondanza	area
molto dominante	>70
dominante	50-70
frequente	30-50
comune	15-30
scarso	5-15
molto scarso	<5

Un terzo livello di osservazione si concentra sull'analisi delle pedofigure (*pedofeatures*), ovvero di singole unità dell'organizzazione spaziale distinguibili dal materiale adiacente sulla base di diverse concentrazioni in uno o più componenti o a causa della loro organizzazione interna (Stoops 2003). Tra queste rientrano rivestimenti e riempimenti di diversa natura, noduli o cristalli, aree arricchite o impoverite di diverse sostanze, etc.

4.5 Osservazione macroscopica e digitalizzazione delle sezioni sottili

La prima osservazione di una sezione sottile viene generalmente effettuata ad occhio nudo o per mezzo dell'utilizzo di una lente tascabile. Questa prima analisi permette di apprezzare le caratteristiche macroscopiche del campione, quali la sua omogeneità o eterogeneità, i colori, l'organizzazione interna, la porosità, nonché il riconoscimento di alcuni componenti e difetti di fabbricazione. A questo si aggiunge l'identificazione e la correlazione di eventuali limiti tra livelli e orizzonti osservati *in situ*, così come la loro geometria e struttura individuale. Un valido strumento di supporto per questa operazione viene fornito dalle scansioni delle sezioni sottili in luce trasmessa polarizzata, le cui digitalizzazioni possono quindi essere ingrandite, osservate a schermo ed elaborate tramite software.

Questa scala analitica si colloca in posizione intermedia tra le descrizioni ad ingrandimenti elevati (microscopiche) e quelle di campo (macroscopiche), consentendo una loro più accurata correlazione. Specialmente nello studio di campioni archeologici, infatti, alcune evidenze di stratificazione o di chiara origine antropica (ad es. focolari o resti di superfici di occupazione) sono spesso meglio osservabili ad una risoluzione mesoscopica (Arpin, Mallof, e Goldberg 2002). Questa pratica si sviluppa a partire dall'ultimo ventennio ed è ad oggi ampiamente diffusa, tuttavia non è ancora stata definita una standardizzazione

dei parametri da utilizzare (Gutiérrez-Rodríguez, Toscano, e Goldberg 2018; Haaland et al. 2019). Verrà quindi di seguito riportato il protocollo per la digitalizzazione di sezioni sottili sviluppato presso Laboratorio Microfilm e Fotografia Digitale del Dipartimento di Lettere e Filosofia dell'Università di Trento nell'ambito di una collaborazione con il Dipartimento di Fisica.

4.5.1 Protocollo per la digitalizzazione di sezioni sottili tramite DTP scanner

La procedura di seguito illustrata è stata sviluppata presso il Laboratorio Microfilm e Fotografia Digitale del Dipartimento di Lettere e Filosofia dell'Università degli Studi di Trento²³ a partire dal modello proposto e descritto da Arpin et al. (2002) Nello specifico, sono stati utilizzati uno scanner a lastra piana, un computer da tavolo, dei software per l'acquisizione e l'elaborazione delle immagini digitali, dei filtri polarizzatori e delle maschere appositamente costruite per il posizionamento delle sezioni sottili e per il controllo delle condizioni di luce (v. Tabella I. 1 e Figura I. 2).

Tabella I. 1. Elenco dell'attrezzatura (hardware e software) usata per la digitalizzazione di sezioni sottili presso il Laboratorio Microfilm e Fotografia Digitale (Università di Trento)

Attrezzatura	Specifiche e dettagli
scanner	Epson Scan Perfection 3200 (Photo-flatbed DTP –Low Cost DeskTop Publishing)
software	<i>Epson scan</i> v. 3.04.0
computer	Intel® Core™ i5-4570s CPU 2.90GHz 64-bit, RAM 8GB; OS <i>Windows 7 Enterprise SP1</i> (2009)
filtri fotografici	filtri polarizzatori lineari in poliestere (220 x 220 mm)
maschere	fogli di cartoncino nero (A4), nastro adesivo di carta

Lo scopo di queste scansioni è quello di ottenere delle immagini digitali che riproducano fedelmente le dimensioni e i colori delle sezioni sottili. La condizione fondamentale è quindi quella di ricreare le medesime condizioni di luce presenti durante osservazione al microscopio petrografico polarizzatore a luce trasmessa anche all'interno dell'ambiente di scansione. Questo risulta possibile tramite l'utilizzo di filtri fotografici polarizzatori lineari in poliestere (220x220 mm) di cui sia noto l'orientamento dei binari di polarizzazione²⁴. Nel caso dei filtri utilizzati, l'allineamento del reticolo risulta parallelo ai bordi dei medesimi (v. Figura I. 2).

²³ Lo sviluppo è iniziato nel 2014 nell'ambito del lavoro di tesi triennale dell'ora dott. Carlo Mogni, sotto la supervisione del prof. Diego E. Angelucci e con il supporto del tecnico di laboratorio Paolo Chistè e degli ingegneri del Dipartimento di Fisica dell'Università di Trento; una fase di implementazione è stata quindi avviata nel 2016 e ha visto anche la partecipazione del sottoscritto.

²⁴La misurazione è stata effettuata tramite laser (650 nm) con piano di polarizzazione noto, presso il Laboratorio di Spettroscopia Ottica del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Trento, sede di Povo (2015).

Per acquisire un'immagine in luce piana polarizzata (PPL) è necessario applicare uno dei filtri direttamente sulla sorgente luminosa generata dallo scanner, facendo coincidere l'orientamento del filtro con quello dei bordi dell'area di scansione. Questa operazione determina la polarizzazione del fascio di luce in trasmissione, riproducendo la funzione del primo nicol nel microscopio petrografico²⁵. Per l'acquisizione di un'immagine a nicol incrociati (XPL), invece, è necessario collocare il secondo filtro sul piano di lettura in vetro dello scanner. Questo deve essere posizionato in modo tale che l'orientamento dei binari di polarizzazione dei due filtri sia ruotato di esattamente di 90°. Il secondo filtro, interposto tra la sezione sottile da scansare e il sensore ottico dello scanner (paragonabile nella sua funzione agli oculari/tele-fotocamera), svolgerà quindi il ruolo dell'analizzatore nel microscopio ottico petrografico. Le radiazioni di luce polarizzate verranno assorbite, mentre verranno acquisite quelle rifratte dalla sezione sottile. Durante questa fase, è importante lasciare una ristretta porzione della superficie di scansione priva della copertura del secondo filtro, al fine di permettere allo scanner di effettuare le operazioni di bilanciamento del bianco e della gamma dei colori.

Prima di poter svolgere correttamente queste operazioni di scansione si è reso necessario sviluppare un sistema di fissaggio per le sezioni sottili, affinché i loro movimenti non vanificassero il corretto posizionamento dei filtri polarizzatori. Sono state pertanto ritagliate su cartoncini rigidi di colore nero delle apposite maschere, le cui caratteristiche prevedono: (1) una dimensione sovrapponibile a quella del piano di lettura in vetro dello scanner, (2) il ritaglio di una finestra finalizzata alla calibrazione dei colori, (3) una finestra per il fissaggio della sezione sottile.

Una volta impostato l'ambiente di lavoro, le immagini digitalizzate sono state acquisite con il software proprietario *Epson scan* v. 3.04.0. I parametri e le impostazioni dei colori sono stati tarati secondo lo standard *Kodak Q-60 Color Input Target IT8.7/1* e perfezionati sulla base di numerosi test valutativi²⁶. Nello specifico, per la gamma dei colori sono stati impostati valori di input e output compresi tra 0:255, mentre sono state disattivate tutte le opzioni per la correzione dell'esposizione automatica. Questi parametri permettono di risolvere al meglio le caratteristiche del materiale contenuto nelle sezioni sottili e di preservare le condizioni luminose determinate dall'utilizzo dei filtri. Tutte le immagini sono state acquisite con colori

²⁵Si segnala che nello scanner DTP la sorgente luminosa è posizionata nella parte superiore dello strumento e la trasmissione del fascio di luce è quindi indirizzata verso il basso, mentre nel microscopio petrografico polarizzatore a luce trasmessa l'orientamento è invertito. Le verifiche effettuate hanno tuttavia indicato che le condizioni costruttive non influenzano la procedura utilizzata.

²⁶I test di scansione sono stati effettuati riproducendo tutte le condizioni di luce possibili (inserendo, incrociando e rimuovendo i filtri polarizzatori) e introducendo variazioni progressive di 0.75, 1.0, 1.5, 2.0 nei valori della gamma dei colori.

a 24-bit e risoluzione di 2400 dpi²⁷. Questi parametri permettono definizioni più che accettabili per permettere osservazioni nell'ordine dei μm . Il formato utilizzato per l'archiviazione dei file è il TIF²⁸ senza compressione, scelto per preservare la qualità dell'immagine ed evitare la perdita di informazioni durante le successive operazioni di salvataggio. I vantaggi di utilizzare questa procedura seguendo dei parametri standardizzati risultano evidenti, dal momento che hanno permesso di ottenere copie digitali ad alta risoluzione di tutte le sezioni sottili analizzate, rendendole riproducibili nel tempo, agilmente consultabili per una serie di osservazioni anche in mancanza del corrispettivo fisico e accessibili ad analisi tramite software (ad es. di grafica, CAD, GIS, etc.).

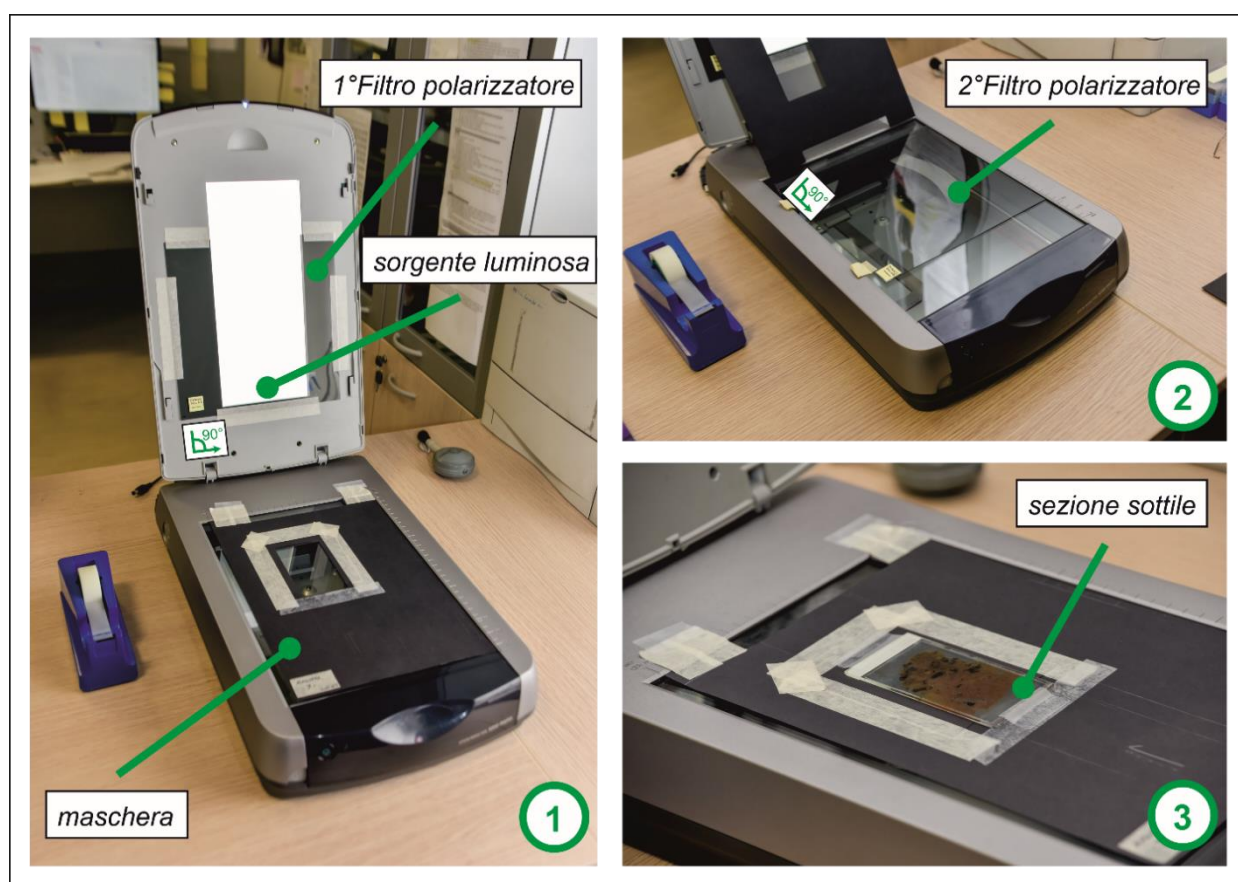


Figura I. 2. Strumentazione utilizzata per la digitalizzazione delle sezioni sottili e la ricreazione delle condizioni di luce che caratterizzano l'osservazione al microscopio petrografico (viene indicato l'orientamento dei filtri polarizzatori): (1) condizioni PPL; (2) condizioni XPL; (3) dettaglio maschera e posizionamento del campione (v. testo per dettagli).

4.5.2 Organizzazione ed elaborazione dei dati

Tutti i dati registrati durante l'osservazione delle sezioni sottili sono stati archiviati in forma digitale. Questo ha permesso un'agile correlazione tra le descrizioni di campo e i risultati di laboratorio, nonché la

²⁷ *Dots per inch*: corrispondono alla quantità di informazioni grafiche che possono essere rese da un dispositivo di output (ad es. stampante o schermo) o fornite da un dispositivo di input (ad es. scanner)

²⁸ *Tagged Image File Format (TIF o TIFF)*: formato immagine di tipo raster.

possibilità di tenere traccia delle diverse fasi analitiche. Le informazioni raccolte risultano accessibili anche per ricerche successive, sia nell'ambito dei depositi qui indagati, sia per confronti su scala più ampia.

Per l'elaborazione e la catalogazione delle immagini sono stati utilizzati sia software proprietari –*Adobe Photoshop® CS4, Corel PaintShop Pro 2019* e le Suite *CorelDRAW® X8 Home e 2019*, sia con licenza freeware –*IrfanView v. 4.38, Inkscape 0.91*. Le scansioni sono state utilizzate per la registrazione della posizione delle microfoto acquisite con il microscopio petrografico ed evidenziare alcune delle caratteristiche strutturali osservate con ingrandimenti digitali, come la suddivisione del campione in diverse porzioni e l'indicazione di alcune nella *fabric*.

SEZIONE II

GEOARCHEOLOGIA DI CIOTA CIARA

INTRODUZIONE

Il versante meridionale della catena alpina è caratterizzato da una distribuzione estremamente disomogenea delle evidenze ad oggi conosciute riconducibili al popolamento umano in epoche precedenti l'ultimo ciclo glaciale (prima del MIS 4). I siti archeologici databili al Paleolitico si collocano quasi interamente nell'areale geografico compreso tra la Francia sud-orientale e l'Italia settentrionale; in particolare, nell'area compresa tra la linea di costa del Mare Adriatico settentrionale e il lato orientale delle Alpi Meridionali (Cauche 2009; Valensi e Psathi 2004). Al contrario, i lati occidentale e centrale della catena, corrispondenti ai settori alpino e prealpino delle regioni italiane Piemonte e Lombardia, appaiono sostanzialmente privi di evidenze di rilievo per queste cronologie e, al contempo, di interventi di indagine paragonabili a quelli delle aree precedentemente citate. È qui necessario sottolineare che le ricerche cui si fa riferimento sono state svolte tra la fine del XIX secolo e tutto il XX secolo e che sono per lo più consistite in ritrovamenti occasionali e raccolte di superficie (v. ad es. D'Errico e Gambari 1983; Guerreschi e Giacobini 1998). Si registra, invece, l'assenza di più recenti interventi sistematici svolti su base stratigrafica e impostati seguendo metodologie moderne, come invece avviene in altre regioni circostanti (v. Cap. 1). Prendendo atto di questo contesto, la carenza di dati non può quindi essere considerata come indicatrice diretta dell'assenza di frequentazioni umane per queste aree (indipendentemente dalla loro natura stabile o occasionale), ma deve essere valutata alla luce delle limitazioni intrinseche derivanti dagli studi finora effettuati. Le principali lacune registrate riguardano soprattutto la contestualizzazione stratigrafica e cronologica dei siti noti, parallelamente ad una scarsa disponibilità di dati paleoclimatici e paleoambientali; a tal proposito, si segnala che gli interventi geoarcheologici risultano tra i più carenti, anche se con rare eccezioni come ad esempio presso il sito della Bagaggera, nel Lecchese (Cremaschi et al. 1990; Cremaschi 1990a).

L'indagine geoarcheologica di seguito presentata (v. Cap. 4) si vuole quindi inserire all'interno del recente filone di studi che si propone di colmare le lacune riguardanti queste cronologie anche nelle regioni dell'Italia settentrionale e occidentale, basandosi sulle rivalutazioni, secondo metodologie scientifiche, dei contesti indagati nei secoli scorsi. Nello specifico, vengono qui proposti i nuovi dati geoarcheologici riguardanti un sito chiave per il Paleolitico dell'intero settore occidentale delle Alpi Meridionali: la Ciota Ciara (Borgosesia, VC) (v. Cap. 5 e 6). Si tratta di una grotta carsica, scavata e studiata a più riprese a partire dalla seconda metà del secolo scorso, che ha restituito tracce di frequentazioni neandertaliane attribuibili al Paleolitico Inferiore e Medio (Arzarello et al. 2012) (v. Cap. 3). A sua volta, il sito fa parte del complesso archeologico e paleontologico del Monte Fenera, in corrispondenza del quale si registrano le più importanti evidenze attribuibili al Paleolitico in Piemonte (v. Cap. 2).

IL PALEOLITICO IN PIEMONTE: CENNO

Nel quadro delle conoscenze attuali riguardanti il Paleolitico nelle Alpi Meridionali e in Italia settentrionale, il Piemonte sembra rivestire un ruolo marginale. Tuttavia, la regione non è in realtà priva di testimonianze riconducibili a queste cronologie: ciò che si registra è piuttosto un mancato sviluppo di una ricerca specializzata (Guerreschi e Giacobini 1998). Già nel secolo scorso D'Errico e Gambari (1983:1) indicavano che proprio «la carenza di siti articolati, studiati meticolosamente con campagne di scavo scientifiche e moderne, è di certo la causa prima dell'accentuata frammentarietà del quadro a nostra disposizione». Malgrado questo monito, le ricerche non sono progredite nella direzione da loro suggerita e ad oggi la maggior parte dei siti noti rimangono segnalati solamente sulla base di raccolte di superficie. Al fine di mostrare il quadro d'insieme all'interno del quale si inserisce il sito della Ciota Ciara, viene di seguito riportata una breve sintesi dei principali ritrovamenti, suddivisi su base cronologica, e una mappa della loro distribuzione all'interno del territorio regionale (v. Figura II. 1).

Paleolitico Inferiore

Per quanto riguarda il Paleolitico Inferiore si possono annoverare solamente i rinvenimenti presso quattro località, tutti rappresentati da sole raccolte superficiali (Guerreschi e Giacobini 1998), spesso sporadiche e scarsamente rappresentative (e che rimangono quindi al momento di dubbia attribuzione): loc. Molino di Tigliole (AT) e loc. Bramairate (AT) (Forno e Mottura 1993; Mottura 1990), Conzano (AL) (Giraudi e Gambari 1983), Trino Vercellese²⁹ (VC) (D'Errico e Gambari 1983; Fedele 1974).

Paleolitico Medio

Il numero di siti noti aumenta in maniera consistente per il Paleolitico Medio. La maggior parte delle evidenze è ancora una volta rappresentata esclusivamente da raccolte di superficie: loc. Molino di Tigliole (AT) e loc. Bramairate (AT) (Forno e Mottura 1993), Bastia di Mondovì (CN) e Nucetto (CN) (Mottura 1992), Bagnasco (CN), Briona (NO), Masserano (BI), Pollone (BI), Pombia (NO), Trino Vercellese (VC) e Villa del Foro (AL) (D'Errico e Gambari 1983; Guerreschi e Giacobini 1998). Nella conta degli interventi di scavo stratigrafico, si possono enumerare quelli presso i siti del Monte Fenara (VC), quali il Ciotarùn, il Riparo Belvedere e la Ciota Ciara (v. §2.2) (Arzarello et al. 2012; Fedele 1966); a questi si affiancano prospezioni

²⁹ I nuovi studi tecnologici e funzionali sull'industria litica attualmente in corso sembrerebbero confinare l'attribuzione cronologica del sito al solo Paleolitico medio (comm. pers. Sara Daffara, maggio 2019).

e sondaggi presso S. Carlo Canavese, S. Francesco al Campo, loc. Vauda (TO) (Rubat Borel et al. 2013) e le Baragge Biellesi (BI) (Rubat Borel et al. 2016).

Paleolitico Superiore

Anche per il Paleolitico Superiore la situazione appare simile a quella indicata per il Paleolitico Medio, tuttavia al contempo si registra una diminuzione nel numero complessivo dei siti inventariati. Sono registrate raccolte di superficie presso la loc. Minetti a Bastia (CN) (Mottura 1992), Via del Maneggio a Castelletto Ticino (NO) (Berruti et al. 2018; Berruti e Viola 2011), Buronzo (VC) e Castelceriolo (AL) (D'Errico e Gambari 1983; Guerreschi e Giacobini 1998). Gli interventi di scavo hanno invece interessato solamente la Boira Fusca (TO) (Fedele 1990) e il Riparo Belvedere (VC).

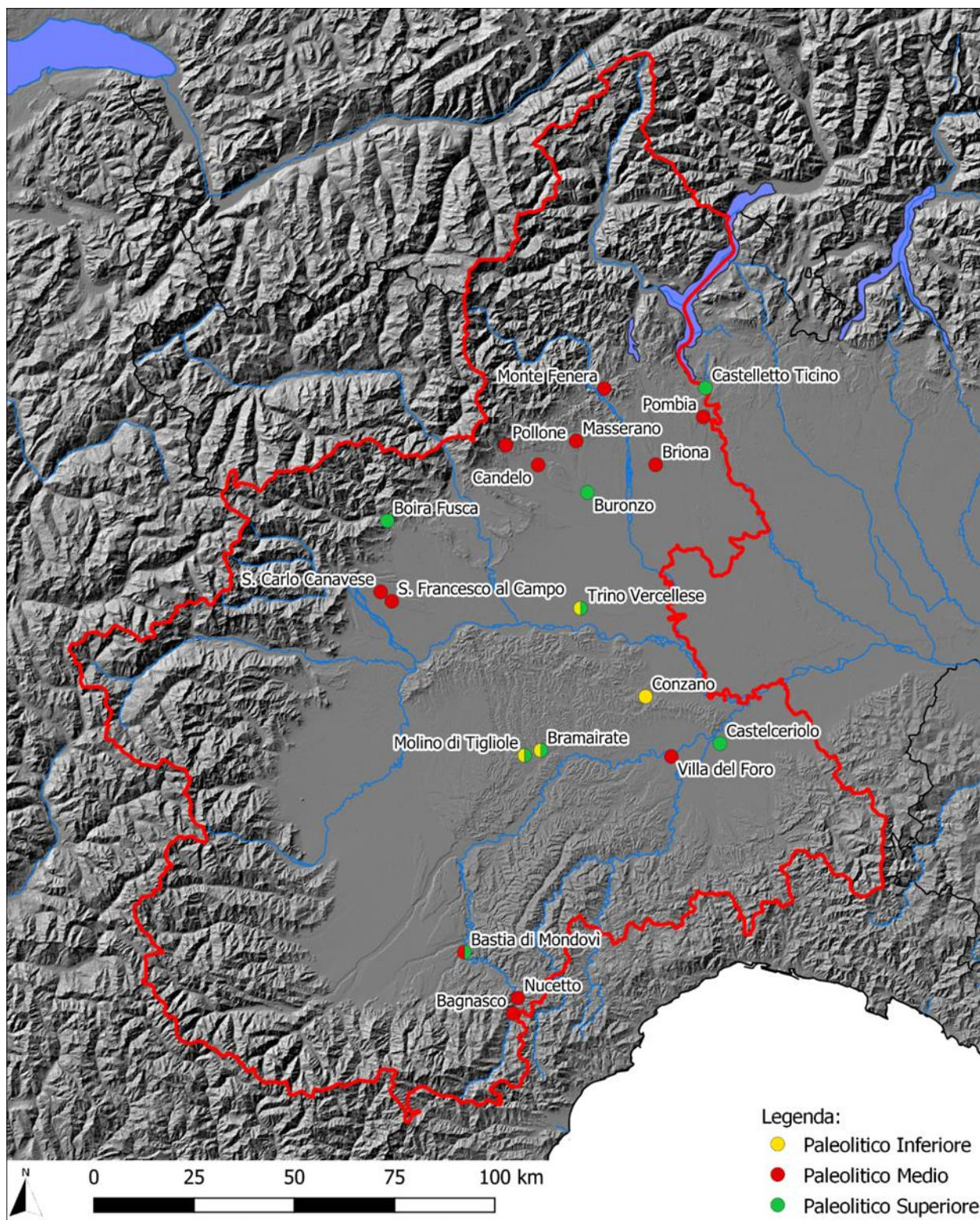


Figura II. 1. Mappa di distribuzione dei siti Paleolitici noti nella regione Piemonte (linea rossa): gli indicatori (pallini) indicano la posizione approssimativa delle località di ritrovamento delle evidenze archeologiche (sondaggi di scavo, raccolte superficiali o complessi di siti); i colori indicano la rispettiva cronologia, come riportato nella legenda dell'immagine (v. testo per maggiori dettagli). La mappa è stata creata con QGIS 3.0 Girona®, utilizzando il dataset EU-DEM v1.1 — Copernicus Land Monitoring Service, 2016.

IL MONTE FENERA: INQUADRAMENTO E STORIA DELLE RICERCHE

Il Monte Fenera si erge isolato ai piedi del settore occidentale delle Alpi Meridionali, al confine tra la catena alpina e il bacino sedimentario della pianura padana (Fantoni, Decarlis e Fantoni, 2005). Più precisamente, la zona è ubicata all'imbocco della Valsesia, a contatto con la pianura novarese e vercellese, in prossimità dell'abitato di Fenera San Giulio (comune di Borgosesia, VC) (Figura II. 2). Il rilievo, poco distante dalla riva sinistra del fiume Sesia, si innalza per 899 m s.l.m. e presenta caratteristiche geologiche e geomorfologiche inusuali rispetto a quelle riscontrate nell'areale geografico circostante. Le Alpi Occidentali sono per lo più costituite da rocce ignee e metamorfiche, mentre il Monte Fenera si configura come l'unico affioramento nel Piemonte settentrionale ad includere strati di rocce sedimentarie, spesso carbonatiche, con una potenza significativa. La sua singolare conformazione ha consentito l'attivazione di fenomeni carsici, probabilmente innescatisi durante gli stessi processi di età terziaria che determinarono il sollevamento della catena alpina e la formazione delle valli circostanti (Bini e Zuccoli 2005; Testa 2005)

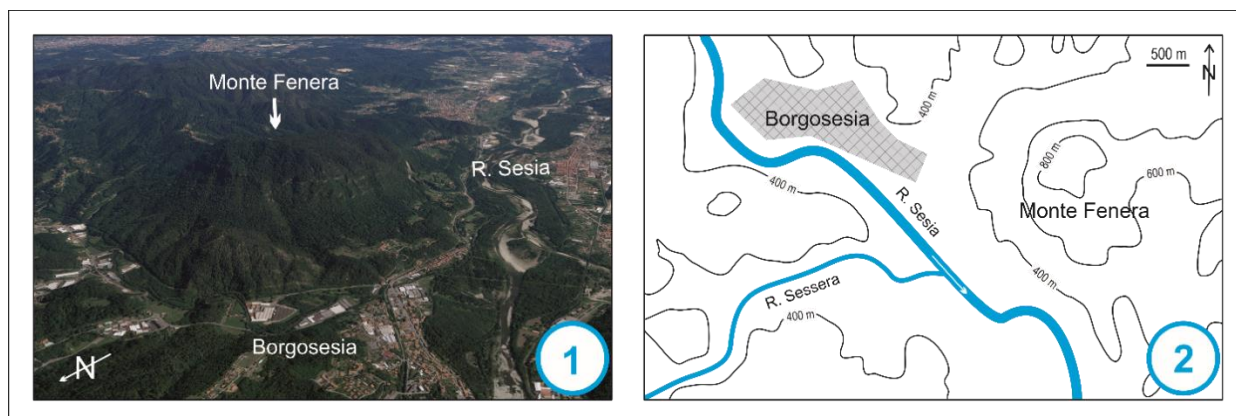


Figura II. 2. (1) Vista aerea del Monte Fenera, del fiume Sesia e della città di Borgosesia (VC) (da *Google Maps*) e (2) mappa dell'area con isoipse (modificato da Angelucci et al. 2018:2).

Le numerose cavità carsiche, molte ancora attive, hanno attirato l'attenzione dei ricercatori già a partire dal XIX secolo e vengono tutt'ora esplorate e studiate (Fantoni, Decarlis e Fantoni, 2005). Alcune sono famose soprattutto per i depositi paleontologici e archeologici che conservano, attribuibili a cronologie che si estendono dal Paleolitico Medio fino all'età medievale. Infine, si segnala che il Monte Fenera si discosta ulteriormente dagli altri massicci alpini circostanti per via della sostanziale assenza degli abbondanti depositi glaciali che ammantano i versanti delle valli principali e vanno a formare i grandi anfiteatri a valle dei laghi vicini. Nonostante la bassa Valsesia sia stata in parte interessata dal glacialismo alpino

durante il Pleistocene, la posizione più elevata del rilievo sembrerebbe averlo reso estraneo a questi fenomeni. Un palcoscenico, dunque, che non rende di certo difficile pensare ad una frequentazione dell'area da parte di animali e gruppi umani durante il Quaternario (Strobino 1981).

2.1 Inquadramento geologico e cenno di geologia strutturale

La successione mesozoica delle Alpi Meridionali è caratterizzata da domini paleogeografici identificati da rapidi cambiamenti negli spessori e nelle facies, con orientamenti indicativamente N-S e delimitati da faglie sin-deposizionali attive con discontinuità. Da ovest ad est, si osservano due principali aree di subsidenza, circondate da tre rilievi: le Alpi Meridionali occidentali, il bacino Lombardo, la piattaforma veneto-trentina (Dolomiti), il bacino di Belluno e la piattaforma del Friuli (Berra et al. 2009 cum. ref.). L'area qui indagata si colloca ad ovest del Lago Maggiore e corrisponde alle zone di Cusio e Biella che, insieme a quella del Canavese, caratterizzano la successione sedimentaria del settore occidentale delle Alpi Meridionali³⁰ (Figura II. 3-1). Queste registrano diversi eventi nell'evoluzione del bacino sedimentario, riflessi da importanti iati e associazioni di facies che differiscono in maniera significativa da quelli del resto delle Alpi Meridionali (Berra et al. 2009). L'area è attraversata da due lineamenti tettonici principali, ai quali è associato un sistema di faglie minori e fratturazione diffusa: la Linea locale della Colma (*LCo*) e la Linea della Cremosina (*LCr*), rispettivamente associate al ciclo estensionale mesozoico e al ciclo compressionale alpino. La prima, con direzione 150°-170° N, delimita ad oriente il lembo sedimentario del Monte Fenera, mentre la seconda, una faglia subverticale di importanza regionale, segue localmente l'asse della Val Strona di Valduggia con direzione media 60° N (Fantoni e Fantoni 1991; Fantoni, Decarlis e Fantoni, 2005). Le zone di Biella e Cusio sono state interessate solo marginalmente dalla tettonica Alpina, tuttavia la loro copertura sedimentaria mesozoica è stata profondamente erosa alla fine del Terziario e durante il Quaternario, tanto che risulta ad oggi ridotta a pochi lembi di scarsa estensione areale e di limitata rappresentatività seriale. Durante il Triassico e il Giurassico Inferiore si registrano inoltre riduzioni nei tassi di sedimentazione e negli eventi erosivi, in associazione a stadi non deposizionali e attività tettonica (Berra et al. 2009 cum ref.). Presso Arona, Maggiore, Valduggia e Crevacuore si conservano esclusivamente successioni triassiche, mentre a Gozzano e Invorio le unità giurassiche ricoprono direttamente quelle permiane; al Monte Fenera e a Sostegno sono invece presenti anche unità liassiche (Figura II. 3-2) (Fantoni e Fantoni 1991). In questo contesto, le porzioni sedimentarie si sono preservate laddove la presenza delle faglie ha portato alla loro dispersione e alla successiva protezione contro l'erosione (Figura II. 4) (Bertolani 1974).

³⁰Vengono qui riportati gli estremi fondamentali per l'inquadramento dell'area d'interesse nell'ambito della presente ricerca; per una revisione dettagliata delle successioni stratigrafiche delle Alpi Meridionali occidentali si rimanda invece all'ampia bibliografia disponibile sul tema (v. ad es. Elter et al. 1966; Sturani 1975).

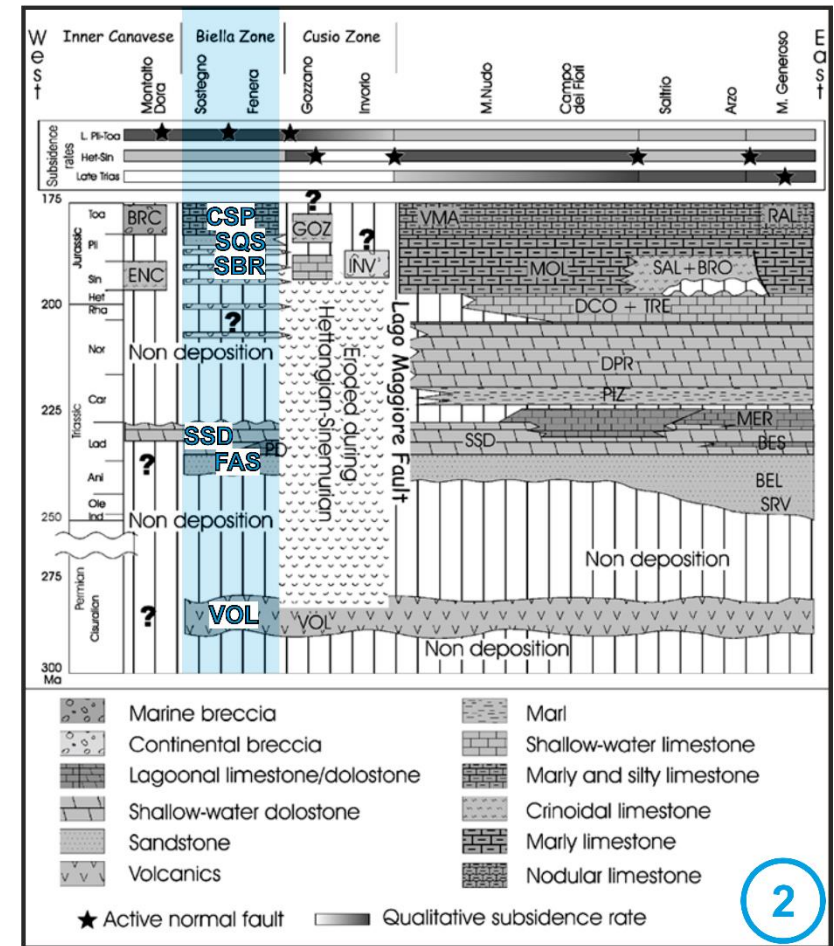
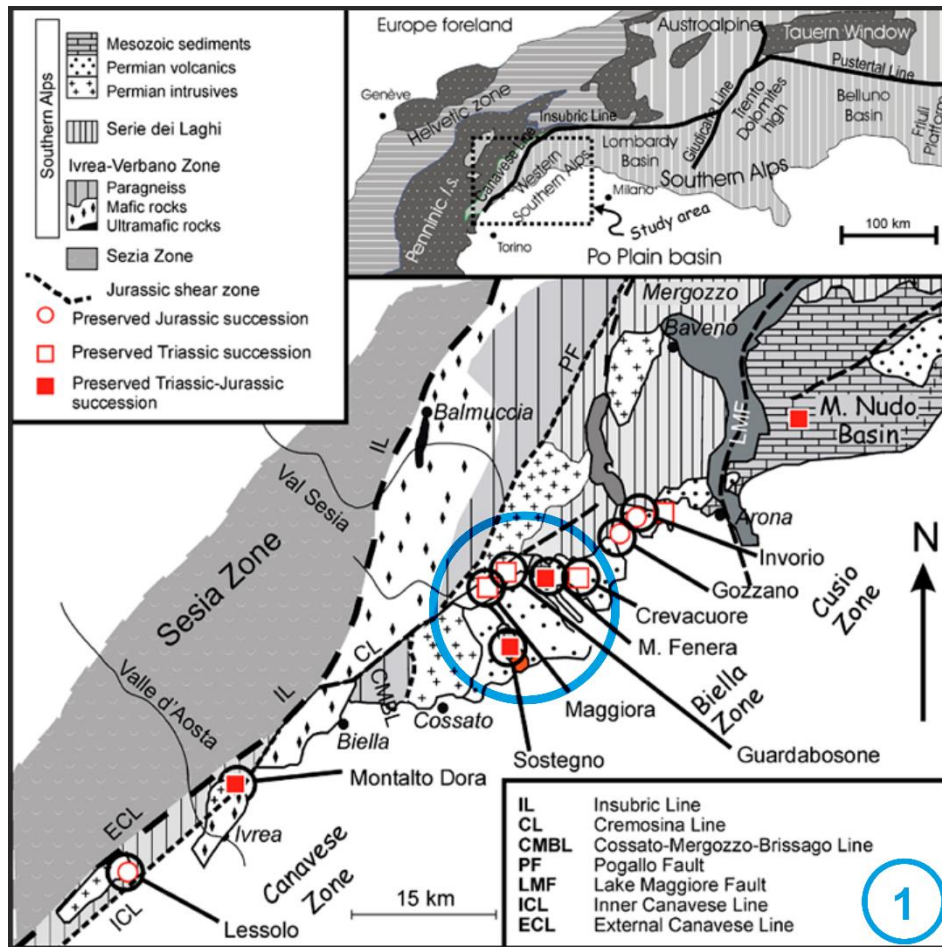


Figura II. 3. (1) Inquadramento geologico delle Alpi Meridionali: l'area cerchiata in blu indica la zona di Biella e la posizione del Monte Fenera (modificata da Berra et al. 2009); (2) Schema cronostratigrafico della successione Permo-Giurassica delle Alpi Meridionali occidentali. La porzione evidenziata in blu corrisponde alla zona di Biella indicata in (1) e schematizza le successioni affioranti al Monte Fenera e a Sostegno. Abbreviazioni, in ordine alfabetico (tra parentesi il corrispettivo della sigla inglese in italiano): CSP, 'Calcarei Spongolitici'; FAS (= AFe), Arenaria di Fenera-Annunziata; SBR, Breccia di Sostegno; SQS (= AsQ), Arenarie di San Quirico; SSD (= DSS), Dolomia di San Salvatore; VOL (= CVP), Vulcaniti Permiane (per la lista completa si rimanda all'immagine originale) (modificata da Berra et al. 2009).

La successione stratigrafica del Monte Fenera coincide quindi con il lembo più occidentale di una serie arenaceo-carbonatica triassico-liassica, che costituisce l'ultimo testimone residuo della copertura sedimentaria mesozoica delle Alpi Meridionali occidentali.

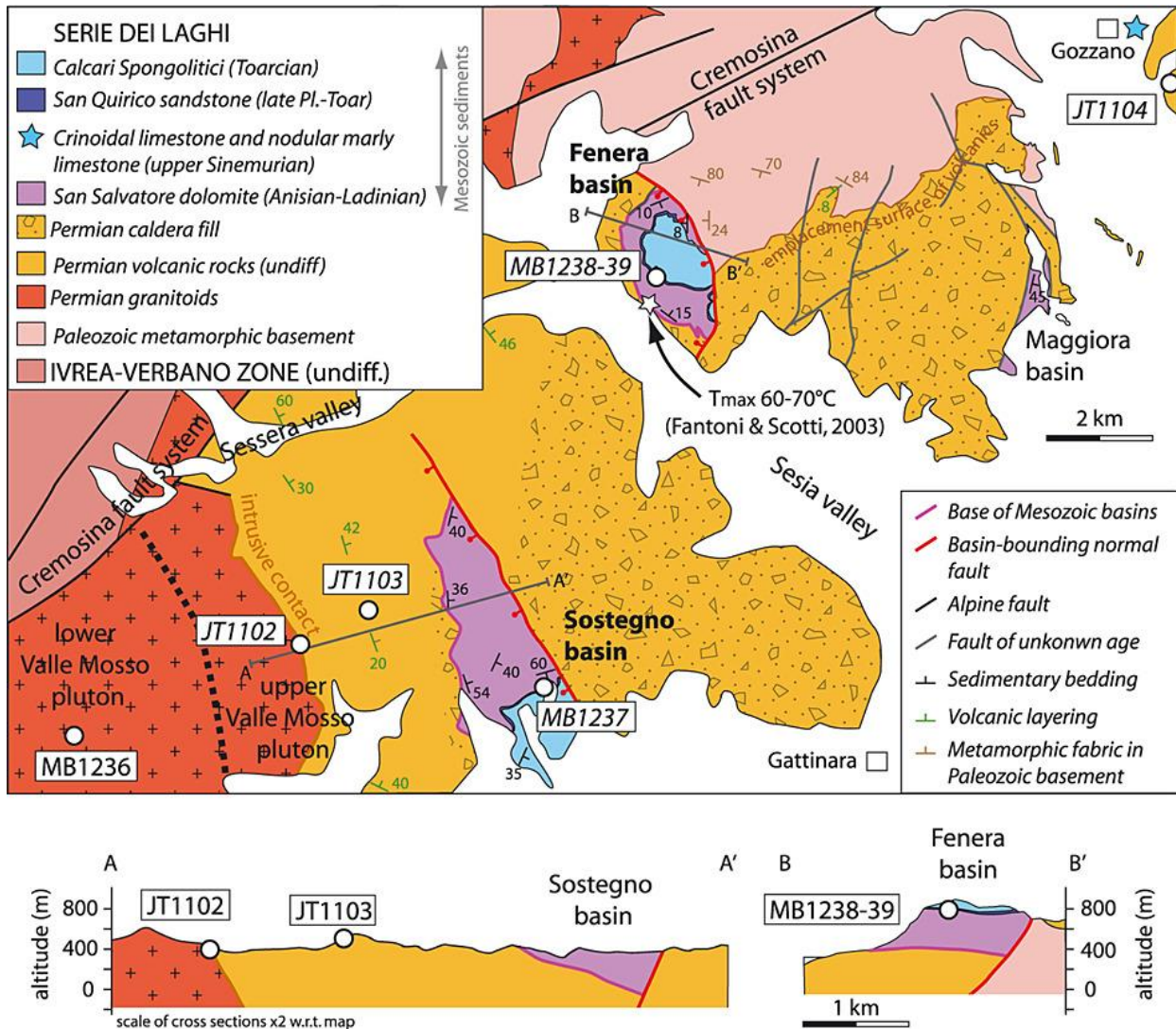


Figura II. 4. Carta geologica dell'area Cusio-Biellesse e sezioni stratigrafiche rilevate presso Sostegno (AA') e il Monte Fenera (BB') → v. legenda nell'immagine per il significato di colori e simbologia (da Beltrando et al. 2015:1932).

2.1.1 La successione stratigrafica paleo-mesozoica affiorante al Monte Fenera

Da un punto di vista geologico, la successione affiorante al Monte Fenera è costituita da una serie di unità litostratigrafiche databili a partire dal Permiano Inferiore fino al Giurassico, in cui si osservano due iati deposizionali maggiori corrispondenti al Triassico Inferiore e Superiore (Figura II. 5). Si riassume di seguito la sua ricostruzione effettuata sulla base dei rilevamenti svolti a partire dagli anni '90 (Fantoni 1991; Fantoni e Fantoni 1991; Dal Piazz 1992; Fantoni, Decarlis e Fantoni, 2003, 2005b). Dal basso verso l'alto, la successione stratigrafica "appoggia orizzontalmente" sopra il basamento metamorfico ercinico

della *Serie dei Laghi (SDL)* e, nel lato orientale, sopra gli *Scisti dei Laghi (Sdl)*, costituiti principalmente da ortogneiss, paragneiss, micascisti e rare anfiboliti. Sopra di questi poggia il *Complesso Vulcanico Permiano (CVP)*, che in questa posizione raggiunge uno spessore variabile tra i 100 m e i 200 m e si presenta articolato in due sotto-unità sovrapposte: lave di colore rossastro, localmente bruno-grigiastre, associate a tufi rinsaldati di colore rosso-violaceo e agglomerati tufacei inglobanti blocchi subangolari di vulcaniti e metamorfiti erciniche-varisiche, con dimensioni da decimetriche a metriche (Fantoni e Fantoni 1991). Entrambe fanno parte del complesso vulcanico permiano che si estende nell'intero settore occidentale delle Alpi Meridionali, in corrispondenza dell'areale compreso tra il Luganese e il Biellese (v. Govi 1975).

Alle rocce metamorfiche e vulcaniche permo-mesozoiche seguono direttamente gli strati sedimentari medio-triassici. L'unità basale è costituita da arenarie a cemento dolomitico di colore grigio-verde, con intercalazioni argillose e siltose, e da dolomie arenacee, complessivamente corrispondenti alla formazione delle *Arenarie di Fenera Annunziata (AFe)*. Queste unità terrigene si sviluppano per pochi metri e in discordanza con il sottostante complesso vulcanico permiano. Sopra di queste si impostano unità di piattaforma carbonatica dolomitizzate, corrispondenti alla formazione delle *Dolomie di San Salvatore (DSS)*, le quali raggiungono uno spessore di ca. 300 m e occupano tutta la porzione centrale del rilievo del Monte Fenera. Al loro interno sono stati riconosciuti alcuni sottili orizzonti ocracei di probabile origine vulcanica e una successione verticale di diverse litozone, così articolate dall'alto verso il basso: dolomie arenacee (*dar*), dolomie ed argille nere in loc. Pissone (*Dpi*), dolomie stratificate (*dst*), dolomie bituminose (*db*), breccie dolomitiche (*bdo*), dolomie massive (*dma*), dolomie calcaree (*cda*) (Fantoni e Fantoni 1991). Uno iato deposizionale separa le unità triassiche da quelle giurassiche. Come in tutte le serie sedimentarie affioranti nel lato occidentale del Lago Maggiore, sono invece assenti le unità attribuibili al Triassico Superiore, in quanto periodo corrispondente alle fasi di emersione e di erosione dell'area.

Alla base della successione giurassica (Figura II. 5-2), in corrispondenza del solo lato occidentale del rilievo e con contenuta estensione areale, si impostano le *Breccie del Monte Fenera (BFe)*. Queste sono articolate in due lenti, con uno spessore massimo di 1,60 m, e sono composte da cemento dolomitico rossastro e clasti spigolosi, prevalentemente dolomitici e di dimensioni da centimetriche a decimetriche. Sulla restante estensione del rilievo, sopra BFe e/o o direttamente su DSS, si estende una sequenza di litareniti dello spessore compreso tra 25-60 m: l'unità delle *Arenarie di San Quirico (AsQ)*. Questa è composta da un insieme di banchi massivi di arenarie e microconglomerati rossi a prevalenza di clasti di quarzo, vulcaniti e dolomie, alternati a arenarie grossolane e fini, ben stratificate, di colore rosso-bruno e grigio-verdastro (Fantoni, Decarlis e Fantoni, 2005b). L'ultima unità litostratigrafica è costituita dai *Calcari Spongolitici (CSp)*, ovvero ricchi in spicole di spugne, suddivisi in un membro superiore e uno inferiore, che con una potenza di 250 m raggiunge la sommità del monte. Mentre alla base prevalgono i calcari selciosi grigiastri, intercalati da strati di arenarie litiche grigie ad elementi porfirici, carbonatici e quarzosi,

concentrano nella parte centrale della parete e in quella terminale meridionale fino a raggiungere l'abitato di Ara. Ne sono state accatastate 72, con uno sviluppo che varia da 6 m a 3.500 m (Grotta delle Arenarie). Il tasso d'umidità è attestato al 96-97%, mentre la temperatura interna, costante, è di circa 9 °C, corrispondente alla media annuale esterna registrata sul monte (Testa 2005:153). I dati climatici attuali per la vicina città di Borgosesia (354 m s.l.m.) indicano, invece, una temperatura media annua di 11 °C e un indice di precipitazioni annue di circa 1000 mm/a (ARPA Piemonte 2017)³¹. Tutte le grotte si trovano nella parte superiore della formazione della *Dolomia di S. Salvatore*. L'unica eccezione è costituita dall'ingresso della Grotta delle Arenarie, il quale si apre nelle *Arenarie di San Quirico*, collocate al tetto di DSS (Fantoni, Decarlis e Fantoni, 2005; Testa 2005). Lo sviluppo orizzontale del sistema carsico è stato favorito dalla solubilità delle rocce carbonatiche e confinato, dal punto di vista idrogeologico, dai sottostanti livelli impermeabili delle dolomie argillose e del complesso vulcanico permiano. La circolazione idrica interna è invece controllata strutturalmente da due sistemi di fratture dirette ENE-WSW e NNW-SSE, subparallele ai sistemi tettonici delle Linee della Cremosina (150° N) e della Colma (60° N), le cui orientazioni si possono osservare anche nello sviluppo lineare delle grotte più grandi (Fantoni e Fantoni 1991).

2.2 Archeologia e storia delle ricerche

Il monte Fenera, proprio per il suo assetto geologico e la sua posizione geografica, fu oggetto di grande interesse a partire dall'Ottocento. Il primo vero studio fu effettuato da Sismonda (1838) nell'ambito delle osservazioni naturalistiche e della redazione delle carte geologiche locali, mentre una prima descrizione delle grotte fu proposta da Parona (1880). L'interesse per il rilievo crebbe rapidamente, affiancato anche dalle prime esplorazioni speleologiche nelle grotte, tanto che già agli inizi del Novecento si potevano contare cinque studi monografici e sei opere di carattere regionale (ad es. Parona 1886). L'interesse dei depositi conservati all'interno delle grotte e la loro possibile valenza archeologica furono tuttavia suggeriti solamente sul finire del secolo da Calderini (1896), il quale in collaborazione con Francioni, l'Abate Antonio Carestia e i membri del CAI (Club Alpino Italiano) di Varallo avviò le prime indagini in questa direzione (Fedele, 1966; Strobino: 1992). Purtroppo, la segnalazione delle grotte portò in breve tempo anche all'avvio di alcuni scavi non autorizzati da parte di cercatori di fossili e speleologi. Di tutti i materiali di interesse paleontologico, e forse archeologico, estratti in queste condizioni non rimane oggi alcuna documentazione tangibile, se non i sedimenti rimaneggiati all'interno delle grotte stesse (Fedele, 1966). I primi sporadici interventi corredati da documentazione risalgono agli anni '30 del secolo successivo – tra questi

³¹ Dati dell'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte (ARPA) da www.arpa.piemonte.gov.it, download 12 Dicembre 2017.

vanno citati gli scavi effettuati da Conti presso il *Ciotarùn* e editi in una monografia dedicata (1931) –, tuttavia, lo scoppio della Seconda Guerra Mondiale causò presto l'interruzione di ogni forma di intervento.

L'interesse per l'aspetto paleontologico e paleontologico si ravvivò nel dopoguerra, grazie alle numerose iniziative promosse dal neofornato GASB (Gruppo Archeologico e Speleologico di Borgosesia). Queste videro anche la collaborazione di Conti (1960) e di Lo Porto (1957, 1960), sotto la direzione della Sovrintendenza alle antichità del Piemonte (Busa, Gallo e Dellarole, 2005; Fedele, 1966; Strobino, 1992). Parallelamente ripresero anche numerose attività di scavo clandestine, le quali impoverirono e rimaneggiarono i depositi di alcune grotte. Al 1964 risalgono i ritrovamenti di alcuni frammenti di ossa craniali, apparentemente umane, in associazione con manufatti litici nei pressi dell'entrata secondaria della *Ciota Ciara* ad opera di Strobino (Fedele, 1966). Fu proprio l'interesse suscitato da questi reperti a portare al primo intervento di scavo sistematico presso la grotta della *Ciota Ciara*, sotto la direzione di Isetti e Chiarrelli (1965) e con la partecipazione dei membri del GASB, di Strobino e di Fedele, prima studente e poi direttore delle campagne di scavo successive³² (Busa, Gallo e Dellarole, 2005; Fedele, 1984/5). Gli scavi restituirono abbondanti resti ossei, per lo più di *Ursus spelaeus* (95%), e manufatti in selce, quarzite e spongolite, oltre a frammenti di ceramica e resti di un focolare. Tra il 1967 e il 1979 si susseguirono quindi, a più riprese, una serie di interventi che portarono alla luce centinaia di reperti di cronologie comprese tra il Paleolitico (Medio e Superiore) fino all'alto Medioevo, passando per il Neolitico, l'Età dei Metalli e la tarda età Romana (Busa, Gallo e Dellarole, 2005; Fedele, 1984/5; Strobino, 1992). Sei campagne di scavo si concentrarono presso il Riparo Belvedere (1967, 1969, 1970, 1972, 1975 e 1977), due presso la *Ciota Ciara* (1967, 1978) e due presso il *Ciotarùn* (1971, 1973). A queste si aggiunse un intervento d'urgenza (1976) presso *Ciota Ciara*, resosi necessario per via della caduta di un grande masso all'entrata, il quale mise in evidenza la presenza di focolari e di una struttura simile ad una capanna, oltre a tegole romane e frammenti in cotto (Busa, Gallo e Dellarole, 2005). Ulteriori scavi vennero effettuati presso la *Grotta del Laghetto* (Janvier e Strobino, 1971) e nella *Tana della Volpe*, dove vennero ritrovati resti ossei olocenici e reperti ceramici databili tra l'Età del Bronzo e la tarda epoca Imperiale Romana (Busa, Gallo e Dellarole, 2005; Strobino, 1997; Strobino, 1981). Sono state inoltre segnalate due incisioni rupestri sulle rocce appartenenti ai livelli arenacei del monte Fenera e rappresentanti una lama incisa (Età del Bronzo) e una croce di cristianizzazione con bracci a trifoglio (VII-VIII secolo d.C.), purtroppo asportate dall'azione di vandali nel 1982 (Busa, Gallo, e Dellarole 2005; Manini Calderini 1978). Dopo questi interventi, le ricerche sul Monte Fenera cessarono per una decina d'anni, fino al 1989 quando, durante una prospezione nei pressi della *Ciota Ciara*, Gallo e Strobino ritrovarono dei denti di probabile interesse archeologico. Due di questi denti furono identificati da Giacobini come appartenenti a *H. Neanderthalensis* (Villa e Giacobini,

³² Una trattazione estesa degli interventi svolti presso la *Ciota Ciara* è disponibile al §3.2 e successivi.

1998, 2005). L'entusiasmo della scoperta portò all'apertura di tre nuovi sondaggi, ai quali seguirono anche ulteriori campagne di scavo sotto la direzione di Giacomo Giacobini e Filippo Maria Gambari. I lavori vennero affidati dalla Soprintendenza per i Beni Archeologici del Piemonte prima alla cooperativa di ricerche archeologiche CORA di Trento (1991-1993) e poi alla ditta Archeosistemi di Reggio Emilia (1994) (Gambari, 1996). I ritrovamenti si confermarono in linea con quelli descritti negli scavi precedenti e tutto il materiale venne trasportato presso il Museo civico di Paleontologia e Paleontologia Carlo Conti di Borgosesia (Busa, Gallo e Dellarole, 2005), dove è ad oggi in parte conservato³³.

Le ricerche presso il Monte Fenera vennero nuovamente interrotte fino al XXI secolo, quando ebbero inizio una nuova serie di interventi di scavo sistematico, in parte ancora in corso, presso: il Riapro Belvedere e la Ciota Ciara, sotto la direzione dell'Università degli Studi di Ferrara (v. §3.3); presso la Grotta dell'Eremita, sotto la direzione dell'Università di Ginevra (Besse e Viola 2013a, 2013b, 2015; Besse et al. 2014).

³³ Per una trattazione più dettagliata della storia delle ricerche presso il Monte Fenera si rimanda alla più volte citata rassegna compilata da Fedele (1966) e all'opera monografica dal titolo *D'acqua e di pietra, il Monte Fenera e le sue collezioni museali* (Fantoni, Cerri. e Dellarole, E., 2005).

IL SITO ARCHEOLOGICO DELLA CIOTA CIARA

La grotta Ciota Ciara, come il Ciotarùn e altri siti archeologici del Monte Fenera, è conosciuta per i numerosi ritrovamenti di manufatti litici attribuiti al cosiddetto Musteriano Alpino (Battaglia 1957; Lo Porto 1957), un concetto che ha influenzato l'interpretazione del record degli insiemi litici nell'Italia nord-occidentale per molto tempo. I dati più recenti hanno però portato ad integrare questa produzione litica all'interno della tradizione del Paleolitico Medio italiano; v. §3.5 più sotto Arzarello et al. 2012). L'avvio di scavi sistematici e di ricerche interdisciplinari (Angelucci et al. 2018; Berto et al. 2016; Daffara et al. 2014) hanno inoltre permesso di riconoscere nel deposito archeologico conservato all'interno della grotta delle peculiarità uniche rispetto a quanto noto per questa cronologia in tutta la regione Piemonte. Gli interventi del XIX secolo hanno permesso di raccogliere nuovi dati, che si sono rivelati fondamentali per la comprensione delle strategie comportamentali e la ricostruzione del contesto paleoambientale in cui sono vissuti gli esseri umani che hanno abitato questa regione durante il Pleistocene. Ad oggi, la Ciota Ciara può quindi essere considerata come un sito chiave e imprescindibile per lo studio del Paleolitico nel settore occidentale delle Alpi Meridionali. Le recenti datazioni radiometriche, che porterebbero ad anticipare le fasi di occupazione della grotta (v. §3.4.1), e il ritrovamento di resti umani al termine dell'ultima campagna di scavo, forniscono ulteriore conferma che lo studio dei depositi che conserva è tutt'altro che esaurito.

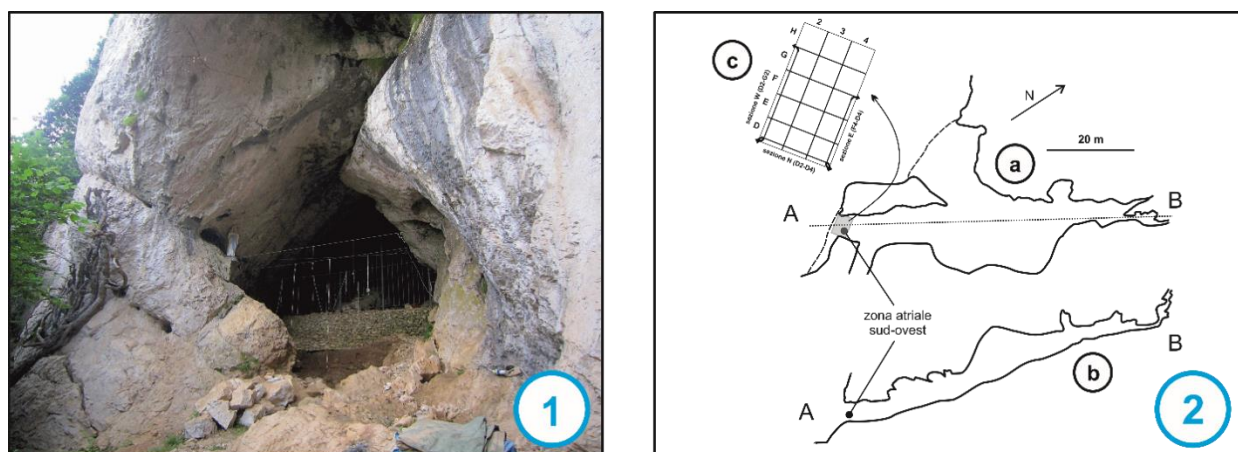


Figura II. 6. Grotta della Ciota Ciara: (1) fotografia dell'entrata rivolta verso SW (2018); (2) schizzo (a) della pianta della grotta (la linea continua indica le pareti; il tratteggio la linea di pioggia all'entrata; la linea puntinata A-B, l'asse maggiore; il rettangolo grigio l'area di scavo attuale); (b) dell'asse maggiore della grotta (modificata da Fedele 1966); (c) della griglia di scavo, con indicazione delle sezioni stratigrafiche descritte più avanti (v. Figura II. 8).

3.1 Geologia e descrizione della grotta

Il complesso della *Grotta Ciota Ciara – Sala della Torre* (numero catasto: 2507 Pi-Vc) si colloca sul versante occidentale del Monte Fenera, a 675 metri s.l.m., e si sviluppa interamente nell'unità litostratigrafica della Dolomia di San Salvatore per 202 metri (dislivello +39 m) (Testa, 2005: 153-154). La parte inferiore del complesso è costituita dalla Ciota Ciara³⁴. Si tratta di una grotta carsica, attiva, formatasi lungo alcune fratture preesistenti e successivamente interessata da processi di dissoluzione chimica, fasi di crollo e fenomeni di circolazione idrica sotterranea. L'asse principale della grotta si sviluppa per circa 80 metri in direzione NE-SW, con un dislivello positivo di 15 metri. Lungo la sua estensione si aprono due entrate: una inferiore, situata nel punto più basso, a 665 metri s.l.m., e rivolta verso sud-ovest; una superiore, situata a 670 metri s.l.m. e rivolta verso ovest (v. Figura II. 6). La seconda, denominata "Finestra", è stata allargata artificialmente in seguito alla rimozione di grandi blocchi di crollo (Brecciaroli Taborelli 1995; Fedele 1972). Entrambi gli ingressi sono stati chiusi per mezzo di un'inferriata, al fine di proteggere la grotta e i depositi da nuovi atti vandalici e scavi abusivi, come avvenuto in passato (v. §2.2). Il passaggio principale è connesso con il sistema superiore definito Grotta o Sala della Torre, il quale è caratterizzato da un andamento verticale con ambienti molto ampi, formatisi per dissoluzione su diaclasi, e di interesse esclusivamente speleologico (Testa 2005).

3.2 Le ricerche del XX secolo e i primi contributi sulla stratigrafia del riempimento

L'interesse per la paleontologia e l'archeologia della grotta, nonché i primi interventi sporadici presso il sito, risalgono agli anni '30 del XX secolo (v. §2.2). Si fa in particolare riferimento ai sondaggi non sistematici dello scultore Carlo Conti, il quale ne fa menzione in un compendio relativo all'archeologia della Valsesia (Conti 1931). Per le prime ricognizioni sistematiche all'interno e nei dintorni della Ciota Ciara è tuttavia necessario attendere il periodo postbellico. Nel 1953, si segnala una prima collaborazione tra il neoformato GASB e il Dipartimento di Geologia dell'Università di Torino, la quale porta a un nuovo sondaggio all'interno della grotta e al rinvenimento di alcuni resti archeologici e paleontologici. Da questo momento ha inizio la collaborazione tra la Soprintendenza Archeologia del Piemonte e l'università, la quale garantirà lo svolgimento delle ricerche successive e la conservazione del materiale archeologico rinvenuto; solamente sul finire del secolo gli incarichi di scavo saranno invece affidati a ditte private.

Il momento di svolta per le ricerche è però il 1964, anno a cui risale la segnalazione, ad opera di Federico Strobino, del ritrovamento di alcuni frammenti di ossa craniali (interpretate come umane) in associazione a manufatti litici nei pressi della Ciota Ciara (Fedele 1966; Strobino 1992). Furono immediatamente

³⁴ Dal dialetto locale "Grotta Chiara", l'attribuzione del nome deriva dell'abbondante illuminazione interna fornita dai due ingressi apertisi in seguito alle fasi di crollo della volta (v. testo).

contattati il paleontologo Giuseppe Isetti di Genova e Brunetto Chiarelli del dipartimento di Antropologia dell'Università di Torino e nel febbraio dello stesso anno vennero avviate delle attività di prospezione nei pressi del sito. A queste, e alla successiva apertura di un sondaggio interno, parteciparono anche Strobino e Francesco Fedele, allora studente universitario. Questo fu il primo della lunga serie di interventi che si concentrarono in diverse posizioni della grotta durante il corso del secolo (v. Figura II. 7).

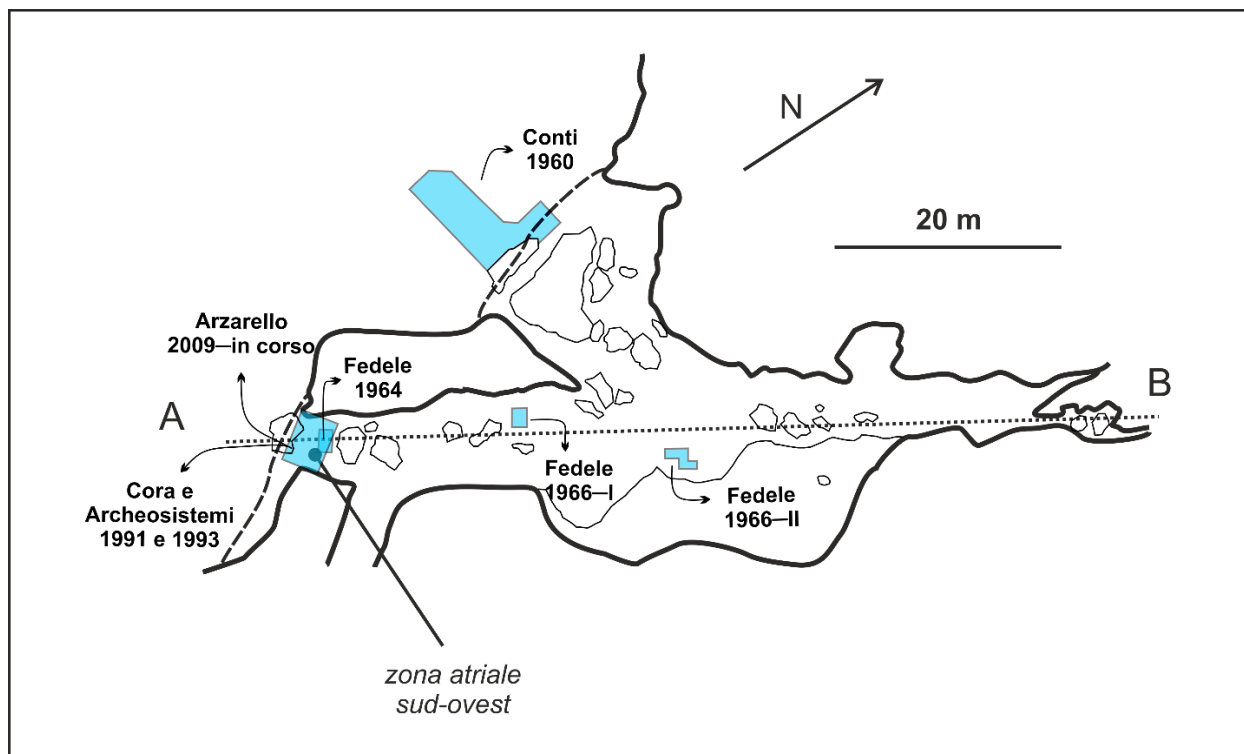


Figura II. 7. Disegno della pianta della Ciota Ciara con indicazione degli interventi di scavo noti a partire dal 1964 fino ad oggi (in azzurro le aree scavate; la linea continua indica le pareti della grotta; il tratteggio la linea di pioggia all'entrata; la linea punteggiata A-B, l'asse maggiore) (modificata da Fedele 1966) (v. testo per dettagli).

Lo scavo Isetti (1964)

Sotto la direzione di Isetti venne effettuato un sondaggio di scavo (1x2 m in estensione, 1 m in profondità) in corrispondenza della zona atriale a sud-ovest, vicino al luogo dei ritrovamenti. In seguito alla rimozione del sedimento superficiale rimaneggiato, venne riconosciuta una stratificazione attribuita al Pleistocene e articolata in due parti tra loro chiaramente distinte (v. Tabella II. A per le principali caratteristiche degli strati riconosciuti in fase di scavo) (Isetti e Chiarelli 1965):

- il complesso superiore (strati A-C): giallo-rossiccio, sterile;
- il complesso inferiore (strati D-E): arancione-grigiastro, contenente fauna e manufatti litici.

Tabella II. A Principali caratteristiche delle unità osservate sul campo in occasione del sondaggio di scavo Isetti del 1964 (Fedele 1966a; Isetti e Chiarelli 1965)

Complesso	Strato	Descrizione
Superiore	A	limo a dominante argillosa, giallastro privo di scheletro, dello spessore medio di 15 cm.
	B	limo più sabbioso e meno plastico del precedente, arancione-rossiccio, privo di scheletro, dello spessore di circa 8-15 cm
	C	suddiviso in C1 e C2; limi simili ai precedenti dello spessore di circa 20 cm, separati da quelli di B da un'interposizione di un livello sottilissimo di terreno più scuro (C1/B). Lo scheletro è assente. La metà inferiore, indicata come C2, si caratterizza per un maggior tenore di argilla e per un colore più chiaro
Inferiore	D	suddiviso per tagli convenzionali (DI-DIV): limo sabbioso arancione-grigiastro scuro dello spessore di 30-40 cm, compatto e uniforme. Nella parte inferiore, verso i lati ovest e nord della trincea, appaiono piccole unità lenticolari di terreno sabbioso di colore marrone chiaro. Lo strato ha restituito tracce nere, ritenuti frustoli di carbone o di ossa sminuzzate e livelli di ciottolotti fluitati esotici
	E	terreno simile al precedente, di colore grigiastro un po' più chiaro, intervalato da sporadiche lenti biancastre di sabbia fine, ciottolotti fluitati esotici

Gli scavi Fedele (1966-1967)

Nel 1966 la direzione degli scavi venne affidata a Fedele, il quale decise di aprire due sondaggi di scavo (*Scavo I o minore e II o maggiore*) in corrispondenza del ramo principale all'interno della grotta (v. Figura II. 7). Si tratta del primo intervento di scavo sistematico effettuato su tutto il Monte Fenera, nonché il primo ad aver restituito una sequenza stratigrafica con valenza archeologica.

Lo scavo minore (1,20x1,40 m, profondo 1 m) si colloca a 20 metri dall'entrata a sud-ovest, si suddivide in quattro settori e si arresta in corrispondenza di un basamento dolomitico. Lo scavo maggiore (esteso per 2 m², profondo 3 m) è invece situato a 35 metri dall'entrata, nella parte ad est della grotta, a 20 metri dalla Finestra. L'areale è stato suddiviso in cinque settori di 60x60 cm e ha messo in luce una stratificazione composta da quattro unità principali, a loro volta articolate in dieci strati (v. Tabella II. B per la suddivisione delle unità riconosciute sul terreno e una loro breve descrizione)³⁵ (Fedele 1966:43–53). Gli scavi restituirono abbondanti resti ossei, la maggior parte attribuibili a *Ursus spelaeus* (95%), e manufatti in selce, quarzite e spongolite, sommariamente descritti da Fedele in una revisione sugli studi fino allora effettuati presso l'intero Monte Fenera e pubblicata nello stesso anno (1966).

³⁵ Fedele fa anche riferimento ad uno studio in collaborazione con Chiarelli e Masali (allora in preparazione) basato sulle analisi sedimentologiche svolte presso i laboratori dell'Università degli Studi di Torino e la Direzione delle Antichità preistoriche di Avignone (Fedele 1966:43). Ad oggi, tuttavia, né lo studio né i dati in esso riportati risultano reperibili per la consultazione.

Tabella II. B. Principali caratteristiche delle riconosciute nello *Scavo II* (1966) presso la Ciota Ciara e correlazione con gli strati osservati *in situ* (Fedele 1966:43–53)

Complesso	Unità	Strato	Descrizione
Scavo II — maggiore	A	1	pavimento superficiale e terreni «recenti» olocenici
	B	2	crosta concrezionale carbonatica
	C	3-8	complesso giallo tardo-pleistocenico: 1,5 m di profondità, costituito in prevalenza da sedimenti sabbiosi, ricchi di detriti nella parte superiore (in prevalenza dolomitici). I colori variano tra giallo-marrone (7.5YR 5/6-6/6) e marrone chiaro, nocciola (10YR 5/4-6/6). Provengono da qui la maggior parte dei reperti paleontologici rinvenuti
	D	9-10	complesso Arancione tardo-pleistocenico: 1 m di profondità, costituito da sedimenti relativamente fini, sabbio-limosi o limo-sabbiosi, a letti di detrito piccolo arenaceo e siliceo. Il colore è giallo-rosso (5YR 5/7) o arancione (7.5YR 6/8). Gli strati arancioni presentano un certo tenore fosfatico

Lo scavo Freschi (1976)

Per quasi un decennio i lavori furono interrotti, fino al 1974, quando il crollo di un grande masso in corrispondenza della *Finestra* richiese l'intervento del GASB. Il ritrovamento di materiale di interesse archeologico portò a effettuare un nuovo sondaggio di scavo nel 1976, la cui direzione fu affidata dalla Soprintendenza Archeologica del Piemonte all'archeologa A. Freschi. I lavori restituirono alcuni mattoni databili all'epoca romana, appartenuti ad una fornace, e i resti di una modesta struttura residenziale (Breciaroli Taborelli 1995; Freschi 1976).

Gli scavi Gambari e Giacobini (1991-1994)

Le ricerche sul Monte Fenera subirono una nuova interruzione durante gli anni '80. Tuttavia, nel 1989 il ritrovamento ad opera di Gallo e Strobino di tre denti apparentemente umani all'interno del sedimento rimaneggiato e fuoriuscito dalla grotta riaccese l'interesse per il sito. Lo studio dei medesimi fu affidato a G. Giacobini dell'Università di Torino, il quale ne attribuì uno ad *Ursus spelaeus* e due a *H. Neanderthalensis* (Villa e Giacobini 1993, 2005). L'entusiasmo per la scoperta spinse la Soprintendenza Archeologica del Piemonte ad avviare nuove ricerche sistematiche, per la cui direzione indicarono a F. M. Garbari e G. Giacobini. La concessione di scavo fu invece affidata a due cooperative di ricerche archeologiche private: la CORA di Trento (campagne 1991-1993) e *Archeosistemi* di Reggio Emilia (campagna 1994). Gli interventi portarono al rinvenimento di abbondanti resti paleontologici e manufatti litici musteriani su quarzo, oltre a una grande quantità di frammenti di ceramica romana (Gambari 1994, 1996).

I ritrovamenti, oggi in parte custoditi³⁶ presso il Museo civico di Paleontologia e Archeologia di Borgosesia³⁷, si confermarono in linea con quelli descritti negli scavi precedenti e portarono alle prime attribuzioni cronologiche dei depositi della grotta e della sua archeologia (Busa et al. 2005; Gambari 2005). Questi interventi segnarono la fine delle ricerche per il XIX, le quali ripresero solamente diciassette anni più tardi ad opera dell'Università degli studi di Ferrara.

3.3 Le ricerche del XXI secolo: l'approccio interdisciplinare

Nel 2009 una nuova collaborazione tra la Soprintendenza Archeologia del Piemonte³⁸ e l'Università di Ferrara (tutt'oggi in corso) diede avvio ad un nuovo ciclo di ricerche e di campagne di scavo sistematico sotto la direzione della prof.ssa Marta Arzarello. Le ricerche si concentrarono sulla riapertura di alcuni settori scavati presso il Riparo Belvedere e la Ciota Ciara, nel tentativo di riesumare le superfici raggiunte al termine dei lavori del secolo precedente (Arzarello et al. 2009). Per quanto concerne la Ciota Ciara, le indagini si sono concentrate in corrispondenza del sondaggio Isetti (1964), dello *Scavo II* di Fedele (1966) e degli scavi CORA-Archeosistemi (1991-1994). La riapertura dei primi due ha permesso il confronto con la descrizione stratigrafica riportata in bibliografia, evidenziando una parziale incongruenza tra questi dati e l'evidenza di campo attuale. Il terzo, invece, ha restituito numerosi reperti paleontologici (v. §2.3) e manufatti litici musteriani in buono stato di conservazione (v. §2.5), portando a concentrare le ricerche degli anni successivi proprio sul deposito situato presso la zona atriale a SW (da ora indicato come settore *ATRIO*) (Arzarello et al. 2012).

Nel 2010, in corrispondenza del settore *ATRIO*, venne avviato un nuovo sondaggio di scavo esteso su una superficie di 5 m². Durante i lavori vennero descritte due unità in posto e di interesse archeologico, denominate US 13 e US 14³⁹. La prima venne interamente asportata durante la campagna dell'anno successivo, determinando la completa esposizione dell'unità sottostante su tutta la superficie indagata. Il materiale archeologico recuperato da US 13 consiste in abbondanti reperti paleontologici, per lo più riferibili a *Ursus spelaeus*, resti di piccoli roditori (micromammiferi) e numerosi manufatti litici su materia prima locale (principalmente quarzo e spongolite) (Arzarello et al. 2012). Sempre nel 2011 sono state effettuate analisi tomografiche della grotta (georadar), al fine di individuare una correlazione tra i livelli riconosciuti nelle parti più interne della grotta e quelli appena portati in luce (Obradovic 2011).

³⁶ I reperti ad oggi custoditi presso le collezioni museali sono in molti casi privi di etichette e di indicazioni riguardanti il sito o la provenienza stratigrafica; limitazione importante per le informazioni da essi ricavabili.

³⁷ Ora Museo di Archeologia e Paleontologia "Carlo Conti".

³⁸ Ora Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Biella, Novara, Verbano-Cusio-Ossola e Vercelli.

³⁹ L'elenco completo e la descrizione delle principali caratteristiche delle unità stratigrafiche cui si fa riferimento nel presente paragrafo è disponibile nel §5.1.1 e nella Tabella II. F più sotto.

Nelle campagne 2012 e 2013 la superficie di scavo nella zona atriale è stata estesa a 7 m², in seguito alla rimozione di un grosso masso crollato dalla volta e inglobato all'interno del sedimento. Le indagini si sono concentrate sull'US 14, riconosciuta come coincidente ad una fase di occupazione antropica più intensa rispetto a quella ipotizzata per la soprastante unità 13. Il registro archeologico è complessivamente simile per entrambe le unità, ma è stato riconosciuto un notevole incremento nel numero dei reperti in US 14, soprattutto nei resti di erbivori, a cui si aggiungono la presenza di manufatti su materia prima alloctona e il ritrovamento delle tracce di un focolare in corrispondenza della parete naturale a sud-ovest (Arnaud et al. 2014; Arzarello et al. 2013).

Nelle successive campagne, dal 2014 al 2016, la superficie indagata è stata ulteriormente estesa fino a 9 m². Si è proceduto alla completa rimozione dell'US 14 e alla messa in luce delle sottostanti US 15 e US 16 (v. Tabella II. F), delle quali la seconda è risultata essere archeologicamente sterile e giacente sul substrato roccioso della grotta. Si collocano in questo momento anche l'avvio delle prime indagini stratigrafiche e degli interventi geoarcheologici (Angelucci et al. 2015). Viene inoltre aperta una trincea prospettiva ad est della zona atriale interessata dallo scavo principale (dove la parete dolomitica presenta un'insenatura a forma di piccolo riparo), con l'intento di verificare l'eventuale presenza di testimonianze paleolitiche. Al di sotto del materiale rimaneggiato e direttamente appoggiata sulla roccia madre è stata invece rinvenuta una sepoltura individuale, datata all'epoca Tardoantica (IV-VI secolo d.C.) sulla base del corredo e delle modalità rituali riconosciute (Angelucci et al. 2016; Calandra 2016). Una volta terminato il recupero del materiale archeologico, il sondaggio di scavo è stato nuovamente richiuso.

Nel 2017 e 2018 le indagini sono state concentrate nella sola zona atriale, dove la superficie scavata è stata ampliata fino a raggiungere un'estensione complessiva di 12 m². Si è inoltre deciso di aprire un ulteriore sondaggio anche dal lato opposto rispetto al muro a secco che attualmente separa il settore ATRIO dal passaggio interno principale della grotta (v. Figura II. 6). Il nuovo settore, denominato INTERNO GROTTA, ha previsto un'iniziale rimozione del sedimento rimaneggiato fino al raggiungimento nel 2018 di una possibile unità con caratteristiche correlabili a US 13 (settore ATRIO) e ad oggi in corso d'indagine. È tuttavia necessario segnalare nuovamente che le campagne di scavo degli anni '90 e la successiva costruzione del muretto citato hanno inevitabilmente compromesso i rapporti spaziali e stratigrafici tra i due depositi indagati. Inoltre, la porzione di US 13 scavata a partire dal 2009 rappresentava esclusivamente la parte bassa dell'intera unità, di cui ancora non si conosce quindi l'esatta estensione e le sue caratteristiche nella porzione sommitale. Per una descrizione esaustiva delle evidenze stratigrafiche riconosciute durante gli interventi dell'Università di Ferrara si rimanda ai Cap. 4 e 5 più sotto del presente elaborato e alla recente revisione proposta in Angelucci et al. (2018).

3.4 L'insieme faunistico e la ricostruzione paleoambientale

Gli studi paleontologici effettuati sui reperti faunistici rinvenuti presso il deposito conservato in corrispondenza del settore ATRIO hanno permesso di identificare 21 generi e 15 specie di mammiferi. L'insieme dei grandi mammiferi è per lo più composto da carnivori, quali: *Ursus spelaeus*, *Ursus arctos*, *Canis lupus*, *Vulpes vulpes*, *Meles meles*, *Martes martes*, *Lynx lynx*, *Panthera leo*, *Panthera pardus* and *Marmota marmota*. Il numero dei resti di erbivori risulta invece minore in tutte le unità, anche se la percentuale cresce in US 14. Nello specifico sono stati identificati: *Rupicapra rupicapra*, *Cervus elaphus*, cf. *Dama*, *Bos primigenius*, *Bos* sp., *Bos* vel. *Bison*, *Sus scrofa*, *Stephanorhinus* sp. (Angelucci et al. 2015, 2016; Arnaud et al. 2014; Arzarello et al. 2013; Berto et al. 2016). Lo studio dei reperti rinvenuti più recentemente suggerisce inoltre la presenza di *Capreolus capreolus*, *Stephanorhinus* cf. *S. hemitoechus*, *Castor fiber*, Primates cf. *Macaca* e la famiglia Elephantidae (Cavicchi 2017). I resti di *Ursus spelaeus* costituiscono più dell'80% dell'intero registro faunistico e, in associazione all'elevato numero di carnivori, suggeriscono l'interpretazione della grotta come caverna ad *Ursus*. Su parte dei reperti provenienti dall'unità 14 è stato effettuato uno studio archeozoologico, il quale ha permesso di identificare i principali processi di alterazione che hanno interessato i frammenti di ossa conservati, tra cui rientrano: l'attività degli apparati radicali, la masticazione dei carnivori, il calpestio, la fessurazione, l'abrasione causata dallo scorrimento dell'acqua, la formazione di rivestimenti di ossidi di Fe-Mn e di concrezioni superficiali (Buccheri 2014; Buccheri et al. 2016). Su 35 frammenti di ossa sono state inoltre riconosciute tracce di macellazione connesse ad attività di scarnificazione, eviscerazione, estrazione della pelliccia e disarticolazione, di cui 12 rinvenute anche su resti di *Canis lupus* e *Ursus spelaeus* (Buccheri et al. 2016).

Per quanto concerne l'insieme dei piccoli roditori, gli studi finora svolti sui reperti provenienti dalle unità 13, 14 e 103 hanno permesso riconoscere la Ciota Ciara come il sito più rappresentativo dell'intera penisola italiana per presenza di *Plyomis coronensis* (Berto 2013; Berto et al. 2016). Le specie più rappresentate all'interno del registro proveniente dall'unità 13 e 14 risultano essere: *Clethrionomys glareolus*, *Apodemus (Sylvaemus)*, *Glis glis* e *Eliomys quercinus*. A queste si affianca un'elevata biodiversità nelle specie di chiroteri, tra cui *Rinolophus hipposideros*, *R. ferrumquinum*, *Barbastella barbastellus*. La compresenza di questi roditori e pipistrelli, insieme al ritrovamento di *Sciurus vulgaris*, sembrerebbe suggerire condizioni ambientali tipicamente boschive e di margine forestale (Berto 2013; Berto et al. 2016). Tuttavia, in corrispondenza dell'unità 14, si registra un incremento nelle specie di prateria, come *Microtus arvalis* e *Microtus (Terricola) gr. multiplex-subterraneus*, a cui si affiancano anche *Cricetus cricetus*, *Microtus* cf. *gregalis* e *Chionomys nivalis*, indicatori di climi più freddi e di ambienti boschivi maggiormente aperti e con rocce esposte (Berto 2013; Berto et al. 2016). Dagli stessi studi si evince che clima sarebbe stato simile a quello attuale in corrispondenza dell'unità 13 e più freddo per quanto concerne l'unità 14. I reperti provenienti dalle altre unità sono, invece, ancora parzialmente in fase di studio.

3.4.1 La questione cronologica

Le prime attribuzioni cronologiche disponibili per il sito sono state proposte sulla base dello studio della composizione complessiva dell'insieme faunistico e, in particolare, su quello dei micromammiferi. L'attestazione di una relativa abbondanza di *Ptyomys coronensis* e il calcolo degli indici del quoziente differenziale dello smalto (SDQ)⁴⁰ per *Arvicola amphibus*, sembrano suggerire che la deposizione delle unità 13 e 14 siano avvenute durante l'interglaciale corrispondente al MIS 5 (Berto 2013; Berto et al. 2016). Alle indicazioni su base biocronologica si affiancano le datazioni ESR/U, effettuate su tre campioni raccolti nel 2012 durante lo scavo dell'unità 14 e corrispondenti a tre denti di erbivori: CC073 —terzo molare inferiore M₃ di camoscio (*Rupicapra rupicapra*), CC100 —secondo molare superiore M² di cervo rosso (*Cervus elaphus*) e CC203 —primo molare inferiore M₁ di bovide (*Bos* vel. *Bison*). Le analisi indicano una datazione media per l'unità 14 di 289 ± 43 ka (media quadratica ponderata) —CC073: 310 ± 30 ka, CC100: 294 ± 32 , CC203: 281 ± 45 (Vietti 2016) (v. APPENDICE I). Le datazioni radiometriche hanno contribuito, assieme ai nuovi studi, a rivalutare l'attribuzione biocronologica (Cavicchi 2017): l'unità 14 sarebbe da collocarsi tra la fine del MIS 9 e l'inizio del MIS 8, con le conseguenti implicazioni anche per l'occupazione umana. Sono quindi in corso nuovi campionamenti in corrispondenza delle altre unità stratigrafiche, al fine di poter comprendere meglio la sequenza cronologica dell'intera successione stratigrafica esposta.

3.5 L'industria litica

L'industria litica rinvenuta presso il deposito della Ciota Ciara evidenzia una tendenza generale nell'utilizzo di materie prime locali di scarsa qualità, in prevalenza quarzo e spongolite, disponibili in affioramenti primari e depositi secondari sullo stesso Monte Fenara (Arzarello et al. 2012; Daffara et al. 2014). In corrispondenza dell'US 14 sono stati rinvenuti anche strumenti su materie prime alloctone di migliore qualità che sembrano quindi suggerire una variazione nelle modalità di frequentazione della grotta (Angelucci et al. 2015; Arnaud et al. 2014; Arzarello et al. 2012). Le analisi funzionali, tecnologiche e relative all'approvvigionamento svolte nell'ultimo decennio hanno permesso di analizzare tali aspetti nel dettaglio.

3.5.1 Le aree di approvvigionamento delle materie prime

Le ricerche sulle fonti e le aree di approvvigionamento delle materie prime per la produzione degli strumenti litici hanno previsto l'identificazione, il posizionamento tramite GPS e il campionamento degli

⁴⁰ SDQ: quoziente di differenziazione dello smalto tra le pareti anteriore e posteriore di ciascun triangolo dei molari delle Arvicole (v. Heinrich 1978).

affioramenti primari e secondari delle litologie utilizzate. I campioni prelevati sono stati analizzati per mezzo del microscopio stereoscopico in luce riflessa, del SEM e della spettroscopia XRF⁴¹ (Berruti 2016; Berruto 2011, 2016; Daffara 2018). Le principali litologie utilizzate per la produzione degli strumenti litici rinvenuti all'interno di tutte le unità risultano essere il quarzo e la spongolite di provenienza locale. Le prime ricognizioni si sono pertanto concentrate presso la base del monte, dove in letteratura è segnalata la presenza di vene di quarzo all'interno di strutture di alterazione di rocce vulcaniche e vulcanoclastiche, e sulla sua sommità del medesimo, dove affiorano invece le rocce carbonatiche (Fantoni e Fantoni 1991).

Diversi affioramenti di selce, rinvenuti a quote comprese tra 720 m e 899 m s.l.m., sono stati studiati e descritti in Berruto (2011). Al loro interno sono state riconosciute variazioni verticali delle caratteristiche litologiche, riconducibili a quelle avvenute nel lisocline (o *Carbonate Compensation Depth –CCD*)⁴² durante la sedimentazione. La varietà di selce maggiormente rappresentata è la spongolite, ritrovata in corrispondenza di due affioramenti primari, riconducibili alla formazione dei Calcari Spongolitici: uno lungo la *Strada dei Buoi* (tra 816 m e 841 m s.l.m.) e l'altro tra una cava di cote e la sommità del monte (caratterizzato da calcari nerastri e marnosi all'interno dei quali il contenuto di selce diminuisce). A questi si aggiungono altri depositi secondari lungo i sentieri principali del monte e, più raramente, noduli grigiastri di selce criptocristallina, qualitativamente migliore per la scheggiatura ma priva di corrispettivi nel registro archeologico. Le altre litologie identificate durante le prospezioni, seppur scarsamente utilizzate come supporto per la produzione degli strumenti rinvenuti all'interno del deposito, sono: milonite, in forma di blocchi lungo i sentieri; opale ialino, in forma di patine e incrostazioni sui calcari spongolitici in deposizione secondaria; diaspro in affioramento primario alla base del monte (396 m e 406 m s.l.m.) (Berruto 2011).

La litologia maggiormente sfruttata per la produzione degli strumenti rinvenuti è invece il quarzo (pegmatitico macrocristallino, microcristallino, e ialino). Sui reperti sono state osservate numerose caratteristiche distintive, tra cui la presenza di neocortici, striature, coni di pressione, tracce di impatto, fratture e grado di politura, che suggeriscono una provenienza secondaria dei supporti, piuttosto che una da ricercarsi negli affioramenti primari riconosciuti sul Monte Fenera (Berruti 2016). Sono state pertanto avviate intense attività di ricognizione e campionamento in corrispondenza dei diversi depositi alluvionali, sia presso il monte che nell'areale circostante. Nello specifico, sono stati indagati i depositi di ruscellamento superficiale presso il Monte Fenera, i depositi alluvionali di corrente fluviale e torrentizia, rispettivamente

⁴¹Le analisi geochimiche sono state svolte presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Ferrara utilizzando: (1) SEM—microscopio elettronico a scansione ZEISS EVO40, 20 Kw, 90 Pa, in pressione variabile, filamento Lantano (LaB₆) e corrente di probe a 20 pA (v. Berruto 2011); (2) XRF —spettrometro μ -XRF ARTAX equipaggiato con gas He per il fascio di eccitazione e rilevamento, analisi multi-elementare nel range Na(11) a U(92) e risoluzione spaziale fino a 70 μ m (v. Daffara 2018).

⁴²Linea di compensazione dei carbonati (CCD): indica la profondità negli oceani al di sotto della quale la velocità di dissoluzione dei carbonati supera quella di accumulo; al di sopra è favorita la conservazione di resti di organismi a guscio carbonatico, al di sotto di quelli a composizione silicea (Tucker 2009:160).

lungo il Sesia e lo Strona, e le rimanenti porzioni dei terrazzi fluviali pleistocenici connessi all'alveo del Sesia (Berruti 2016; Berruto 2016). La comparazione dei reperti archeologici con i campioni geologici indica che i primi sono stati raccolti in corrispondenza dei depositi alluvionali pleistocenici e di corrente fluviale, situati ad una distanza di almeno 750 m in linea d'aria dalla Ciota Ciara (Berruti 2016).

All'interno dell'insieme litico si conta un ulteriore gruppo di strumenti, presenti esclusivamente in forma finita o di piccole schegge ritoccate e prodotti su materiali caratterizzati da una tessitura omogenea e una buona frattura concoidale, identificate come radiolariti e rioliti, le cui caratteristiche petrografiche e ruolo tecnologico suggeriscono una provenienza alloctona (Daffara 2018). Analisi petrografiche e XRF (Daffara 2018) hanno permesso di ricondurre la provenienza delle radiolariti al Gruppo delle Radiolariti Lombarde medio-triassiche, il cui affioramento più prossimo è collocato a ca. 30 km in linea d'aria dalla Ciota Ciara, su un piccolo monte (397-420 m s.l.m.) nei pressi dell'abitato di Sangiano (VA) (Sciunnach 2007). Le caratteristiche delle rioliti, invece, risulterebbero coerenti con quelle affioranti sulla riva opposta del fiume Sesia rispetto a quella dove si imposta il Monte Fenera (Quick et al. 2003), in un areale compreso in circa 2 km in linea d'aria dalla Ciota Ciara (Daffara 2018). Il confronto tra il registro archeologico e i campioni geologici raccolti conferma una provenienza alloctona per queste litologie, mentre il conseguente riesame tecnologico degli strumenti suggerisce che il loro sfruttamento sia avvenuto al di fuori della grotta, probabilmente in occasione di spostamenti tra siti collocati nelle vicinanze e dello svolgimento di attività di sussistenza (Daffara 2018).

3.5.2 L'insieme degli strumenti litici

Le analisi tecnologiche e funzionali sono state effettuate su gran parte del materiale proveniente dalle unità 13, 14, 15 e 103 del settore ATRIO (Arzarello et al. 2012; Daffara 2011, 2018; Daffara et al. 2014); su parte degli strumenti su quarzo di US 13 e US 14 sono inoltre disponibili dati relativi alle analisi sulle tracce d'uso (Berruti 2016; v. Berruti e Arzarello 2012). Complessivamente, tra i metodi di scheggiatura riconosciuti all'interno delle unità citate prevale quello opportunistico *S.S.D.A.*, ma sono attestate anche sequenze di riduzione *Levallois* e discoide, oltre ad una sporadica presenza di *débitage* su scheggia classificabile come *Kombewa I. s.*⁴³.

L'US 13 ha restituito 891 reperti, principalmente prodotti su materie prime locali, tra cui quarzo (86,2%), selce grigia (6,6%) e nera (5,8%), mentre altre litologie (opale, milonite, riolite e radiolariti) risultano occasionali se non rappresentate da singoli manufatti (Daffara 2018). Lo stato di conservazione del materiale è buono, ma non omogeneo per quanto riguarda le alterazioni postdeposizionali, condizionate dalle caratteristiche petrografiche delle differenti litologie (ad. es. patine biancastre sulla selce ma non sul

⁴³Per la definizione dei metodi di scheggiatura citati v. Forestier (1993) –*Système par Surface de Débitage Alternée*; Boëda (1993, 1994) –*Levallois* e discoide; Inizan et al. (1999) e Tixier e Turq (1999) –*Kombewa I. s.*

quarzo); non sono state invece identificate alterazioni connesse alle attività antropiche. Solamente il quarzo, dominante, e la spongolite sarebbero stati sistematicamente sfruttati in corrispondenza del sito, mentre tutte le altre litologie sono da considerarsi come occasionali e introdotte esclusivamente in forma di prodotti di *débitage* e strumenti ritoccati. Confrontando questi dati con le evidenze paleontologiche (Berto et al. 2016), l'unità 13 potrebbe quindi coincidere con frequentazioni umane di breve durata, sporadiche ma ripetute (Arzarello et al. 2012; Arzarello et al. 2013).

L'US 14 ha restituito 3999 reperti, realizzati su diverse materie prime locali, in ordine di abbondanza quarzo (78 %), spongolite (12,7 %), selce grigia e nera (5,3 %), opale (0,4%) e diaspro (0,1%); a queste si aggiungono quelle alloctone: radiolarite (1,7 %) e riolite (1,3%), presenti quasi esclusivamente in forma di strumenti ritoccati o schegge non ritoccate, spesso connesse alle attività di ravvivamento dei bordi di altri strumenti (Daffara 2018). Lo stato di conservazione del materiale e i metodi di scheggiatura riconosciuti risultano analoghi a quelli dell'unità superiore. L'unità indicherebbero quindi periodi di frequentazione più intensa della grotta, attestati da un incremento nel numero dei resti di erbivori, dalla presenza di un piccolo focolare e di un consistente insieme di strumenti litici ottenuti dallo sfruttamento di diverse litologie locali e alloctone (Angelucci et al. 2015; Arnaud et al. 2014; Berruti 2016; Daffara et al. 2014).

L'US 15 ha restituito 1788 reperti, realizzati su materie prime locali, in ordine di abbondanza quarzo (50,6 %), spongolite (44,4 %), selce grigia e nera (1,6 %), opale (0,2%) e diaspro (0,1%); a queste si aggiungono quelle alloctone, radiolarite (1,2 %) e riolite (1,2%). Si osserva un incremento nell'utilizzo della spongolite rispetto alle unità superiori e una maggiore alterazione superficiale di tutte le litologie, compreso il quarzo, dovuta a processi meccanici deposizionali e postdeposizionali.

L'US 103, da un punto di vista quantitativo, risulta meno rilevante rispetto alle altre unità, ma ha comunque restituito industria litica con caratteristiche coerenti rispetto a quanto finora riportato. L'insieme è costituito da 428 reperti realizzati su materia litica locale: quarzo (53 %), spongolite (32,9 %) e selce grigia e nera (13,3 %). Il grado di conservazione e di arrotondamento del materiale indica che i fenomeni di trasporto e selezione sono stati più intensi, così come gli effetti dei processi postdeposizionali.

MATERIALI E METODI

Gli interventi presso il sito della Ciota Ciara sono stati eseguiti seguendo un approccio geoarcheologico standard (v. Sez. I, §1.2). A causa di sostanziali lacune evidenziate nei dati raccolti in precedenza, si è deciso di impostare tale lavoro da zero. Le attività svolte hanno previsto analisi preliminari del contesto, accurate osservazioni sul terreno atte alla descrizione pedo-sedimentologica stratigrafica e alla ricostruzione dell'assetto stratigrafico del sito, seguite da una raccolta sistematica di campioni finalizzati ad analisi sedimentologiche, geochimiche e micromorfologiche (v. Sez. I, Cap. 4).

Il deposito di interesse archeologico indagato in occasione degli interventi qui discussi si colloca in corrispondenza della zona atriale aperta verso SW della grotta (settore ATRIO –Figura II. 6) e costituisce la porzione inferiore di una stratificazione più potente, parzialmente rimossa durante le indagini archeologiche della fine del XX secolo (v. § 3.2). La revisione complessiva della letteratura ha messo in evidenza una carenza nella disponibilità di documentazione e, di conseguenza, anche di dati stratigrafici attendibili riferibili a queste ricerche: fanno eccezione le sole relazioni di Fedele (1964, 1966b) sugli scavi svolti nei settori più interni della grotta (v. Tabella II. B). Inoltre, la recente ripresa delle attività di indagine archeologica a partire dal 2009 (scavi ad opera dall'Università di Ferrara) ha riscontrato una parziale incongruenza tra la situazione ad oggi osservabile sul terreno e quanto riportato in bibliografia, finendo per scontrarsi con diversi ostacoli nel tentativo di correlare i dati⁴⁴; proprio per questo motivo, i responsabili delle nuove ricerche hanno deciso di concentrare gli interventi esclusivamente in corrispondenza della zona atriale (v. § 3.3).

Le prime campagne hanno previsto la rimozione del sedimento rimaneggiato che poggia sul deposito pleistocenico, decritto come contenente reperti archeologici e corrispondente al materiale di riporto accumulatosi fino alla superficie basale raggiunta in occasione degli interventi degli Anni '90 (Arzarello et al. 2009; Arzarello, Berruti, e Viola 2010). È stata messa in luce una stratificazione *in situ* che ad oggi raggiunge 2,5 m di profondità e un'estensione di 12 m², poi suddivisa nel corso delle indagini in cinque unità stratigrafiche principali, indicate sulla base di differenze tessiture macroscopiche e del contenuto archeologico e paleontologico (US 13, 14, 15, 16, 103 —Figura II. 8). Tutte le unità, ad eccezione di US 16, hanno restituito materiale archeologico in quantità e natura variabili (v. § 5.1).

⁴⁴Vanno qui segnalati anche i numerosi scavi clandestini che si sono succeduti a partire dal momento della scoperta della grotta, i quali hanno localmente inficiato l'integrità dei depositi conservati all'interno della stessa; a questi si aggiungono le modalità di archiviazione di parte dei materiali archeologici e paleontologici recuperati durante le campagne di scavo precedenti e rimasti ora privi dei riferimenti necessari per una corretta contestualizzazione.

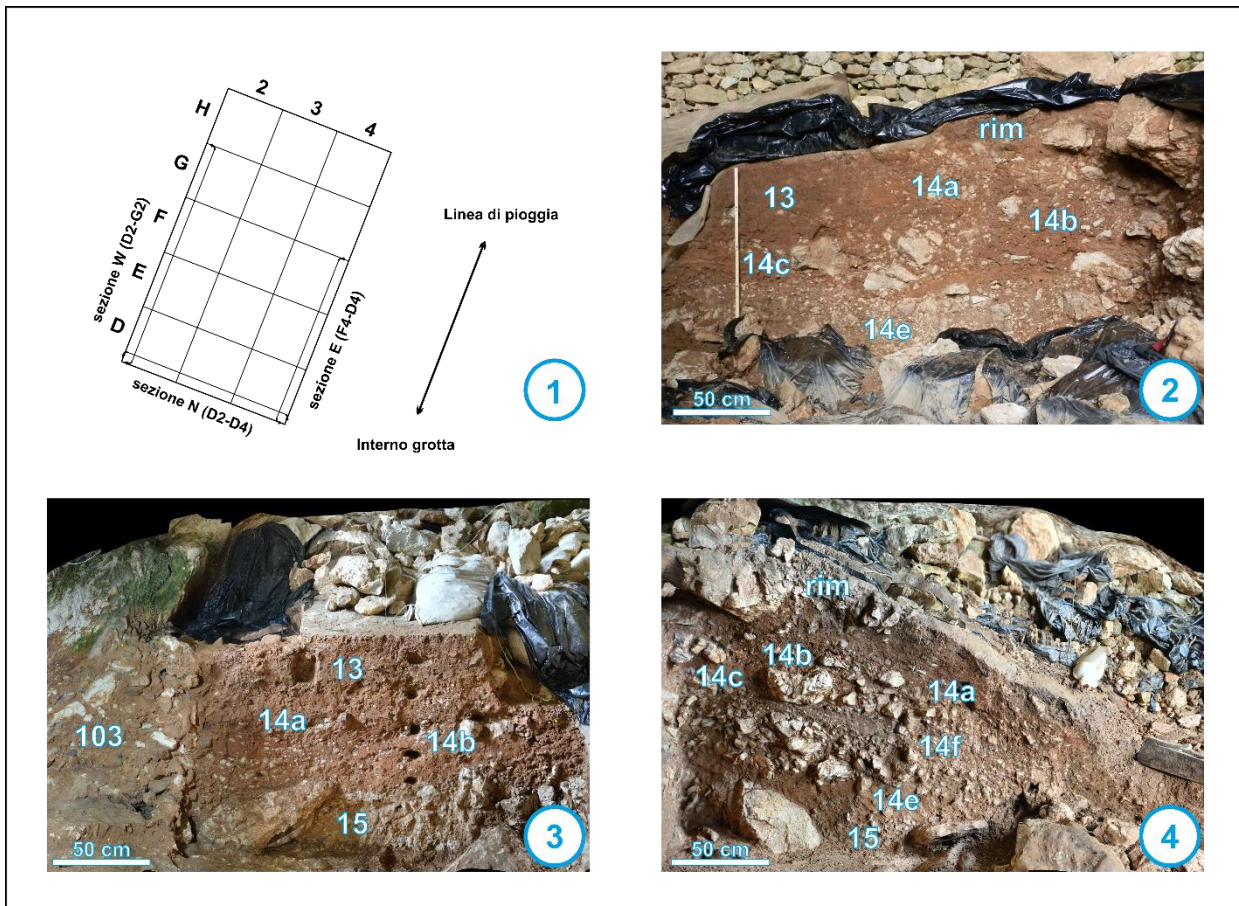


Figura II. 8. Ciota Ciara, settore ATRIO. (1) Griglia di scavo attuale (v. Figura II. 6 per la posizione rispetto alla grotta), con indicazione delle sezioni stratigrafiche, rispettivamente: (2) sezione N, lungo i qq. D2-D4, (3) sezione W, lungo i qq. G2-D2; (4) sezione E, lungo i qq. F4-D4 (le fotografie sono state scattate al termine della campagna di scavo del 2014; le immagini 3 e 4 sono ortorettificate); le etichette indicano le unità riconosciute (v. testo per dettagli).

Gli interventi geoarcheologici sono iniziati nel giugno 2014 (Angelucci et al. 2015) e si sono concentrati sulla porzione del deposito esposta tra il 2009 e il 2018. La prima parte dello studio è consistita nel disegno e nella descrizione sistematica delle tre sezioni esposte durante le precedenti campagne di scavo (v. §5.1 più sotto). Le unità geoarcheologiche di campo sono state definite sulla base di parametri sedimentologici e pedologici (v. Angelucci 2002) e la loro descrizione ha suggerito una parziale revisione nell'interpretazione della successione stratigrafica: l'intervento ha infatti permesso di riconoscere un'articolazione interna alle unità più complessa di quanto indicato fino a quel momento (v. Angelucci et al. 2015).

Durante la campagna di scavo del 2014 sono stati raccolti 19 campioni di sedimento sciolto da ciascuna delle unità esposte e descritte sul terreno e dalle rispettive *facies*⁴⁵. Sono state registrate le coordinate relative alla posizione assoluta di ogni prelievo, utilizzando il sistema di coordinate locale dello scavo⁴⁶. Ai

⁴⁵ I 19 campioni erano finalizzati ad osservazioni preliminari e sono stati successivamente archiviati (v. Zambaldi 2015); i medesimi non vengono pertanto presi in considerazione all'interno del presente elaborato.

⁴⁶ Il sistema di coordinate si riferisce alla quota 0 definita presso del sito e non a quella reale.

campioni sono state assegnate delle etichette identificative riportanti l'acronimo del nome del sito 'MFCC' (Monte Fenera Ciota Ciara), seguito dalla numerazione progressiva del prelievo (es. 'C01', etc.). La procedura adottata è stata mantenuta anche per i campionamenti successivi. In corrispondenza della sezione esposta, dall'unità 14 sono stati inoltre prelevati due campioni micromorfologici (dettagli più sotto).

Lo studio è proseguito nel 2015 con la raccolta di ulteriori 18 campioni di sedimento sciolto, rappresentativi di tutte le unità e le facies riconosciute nel settore ATRIO (v. Tabella II. C). I medesimi sono stati utilizzati per lo svolgimento di analisi sedimentologiche di routine presso i laboratori del Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Ferrara e discussi in via preliminare nell'elaborato di tesi magistrale dello scrivente (Zambaldi 2015). Una revisione dei dati in essa riportati è stata effettuata in occasione del presente lavoro di ricerca e viene sintetizzata in Angelucci et al. (2018) e riportata in forma estesa nel presente elaborato. Gli stessi campioni di sedimento sciolto sono stati utilizzati anche per analisi geochimiche (XRF e XRD), a supporto delle precedenti analisi e finalizzati ad una prima valutazione della composizione elementare e mineralogica del sedimento (v §5.3).

Tabella II. C Ciota Ciara: lista dei campioni di sedimento sciolto raccolti presso il settore Atrio e utilizzati per le analisi sedimentologiche; l'ordine nell'elenco segue quello stratigrafico di campo

Nome		Campionamento			Provenienza				
<i>elenco</i>	<i>sito</i>	<i>campione</i>	<i>anno</i>	<i>data</i>	<i>settore</i>	<i>sezione/ superficie</i>	<i>unità (archeo.)</i>	<i>quadrato</i>	<i>Z (mediana)</i>
1	MFCC	C33	2015	20/06/15	ATRIO	S	103	G 2	-4,000
2	MFCC	C30	2015	19/06/15	ATRIO	Wc	103	F/G 3	-4,138
3	MFCC	C32	2015	19/06/15	ATRIO	Wc	103	F/G 2	-4,331
4	MFCC	C23	2015	19/06/15	ATRIO	Nc	13	E	-3,960
5	MFCC	C22	2015	19/06/15	ATRIO	Nc	13	F	-3,965
6	MFCC	C28	2015	19/06/15	ATRIO	Wc	13	F/G 4	-4,040
7	MFCC	C25	2015	19/06/15	ATRIO	Nc	14/a	D	-3,916
8	MFCC	C26	2015	19/06/15	ATRIO	Nc	14/b	D	-4,180
9	MFCC	C21	2015	19/06/15	ATRIO	Nc	14/b	F	-4,216
10	MFCC	C34	2015	20/06/15	ATRIO	Ec	14/c	C/D 4	-4,267
11	MFCC	C20	2015	19/06/15	ATRIO	Nc	14/c	F	-4,296
12	MFCC	C27	2015	19/06/15	ATRIO	Nc	14/d	F	-4,374
13	MFCC	C35	2015	20/06/15	ATRIO	Ec	14/f	C/D 3	-4,474
14	MFCC	C29	2015	19/06/15	ATRIO	Wc	14/b	F/G 3	-4,480
15	MFCC	C24	2015	19/06/15	ATRIO	Nc	14/e	E	-4,588
16	MFCC	C31	2015	19/06/15	ATRIO	Wc	15	F/G 4	-4,830
17	MFCC	C36	2015	20/06/15	ATRIO	Nc	15	E	-4,990
18	MFCC	C37	2015	20/06/15	ATRIO	S	16	E 3	-5,321

Note: MFCC: Monte Fenera Ciota Ciara; C: numero del campione; S: campione raccolto dalla superficie di scavo.

Nel 2016 sono stati raccolti ulteriori sei campioni micromorfologici, rappresentativi delle dell'unità 13, 14 (14a, 14b, 14e,14g) e 15 (v. Tabella II. D). Non è stato possibile campionare l'unità 16, in quanto non ancora sufficientemente esposta, e nemmeno l'unità 103, a causa dell'elevato grado di cementazione e delle sue stesse caratteristiche (v. §5.1). I campioni micromorfologici raccolti sono stati utilizzati per la preparazione di altrettante sezioni sottili. I due campioni raccolti nel 2014 sono stati trattati e tagliati presso i laboratori dell'Institut de Paleoecologia Humana i Evolució Social (IPHES di Tarragona, Spagna) dal Prof. Josep Vallverdú Poch e dallo scrivente⁴⁷. I restanti campioni sono stati inviati al laboratorio Servizi per la Geologia del dott. Massimo Sbrana (Piombino, LI) per la lavorazione e la preparazione di altrettante sezioni sottili di grande formato (9,5 x 5,5 cm). Per la presente ricerca son state osservate e analizzate in totale 8 sezioni sottili, preparate dai campioni raccolti durante gli interventi del 2014 e del 2016. Per ciascuna sezione sottile è stata effettuata una scansione ad alta risoluzione in PPL e XPL. Tutte le sezioni sono state analizzate per mezzo del microscopio petrografico del Dipartimento di Lettere e Filosofia dell'Università degli Studi di Trento e dell'Istituto per le Scienze Archeologiche (INA) dell'Università di Tubinga.

Tabella II. D Ciota Ciara: lista dei campioni micromorfologici raccolti presso il settore Atrio e analizzati in occasione della presente ricerca; l'ordine nell'elenco segue quello stratigrafico di campo

#	Nome		Campionamento		Provenienza del campione						
	sito (sigla)	campione	anno	data	campione- tore	settore/ profilo	sezione	unità (archeo.)	quadrato	Z (tetto)	Z (base)
1	MFCC	C06	2016	23-giu-16	MZ	ATRIO	N	13	E5	-3,918	-4,057
2	MFCC	C01	2014	26-giu-14	DEA, MZ	ATRIO	E	14a	C2	-4,156	-4,306
3	MFCC	C07	2016	30-giu-16	MZ	ATRIO	W	14a	G3	-4,129	-4,389
4	MFCC	C03	2016	23-giu-16	MZ	ATRIO	N	14b	D5	-4,066	-4,264
5	MFCC	C02	2014	26-giu-14	DEA, MZ	ATRIO	N	14/c	F5	-4,283	-4,353
6	MFCC	C04	2016	23-giu-16	MZ	ATRIO	N	14e	D5	-4,483	-4,659
7	MFCC	C08	2016	30-giu-16	MZ	ATRIO	E	14f	C4	-4,349	-4,524
8	MFCC	C05	2016	23-giu-16	MZ	ATRIO	N	15	D5	-4,863	-5,020

Note: DEA: Diego Ercole Angelucci; MFCC: Monte Fenera Ciota Ciara; MZ: Maurizio Zambaldi. Le quote (Z) sono state rilevate da G. Berruti e fanno riferimento alla quota 0 registrata presso il sito.

Complessivamente, nell'ambito del presente lavoro di ricerca sono stati selezionati 18 campioni di sedimento sciolto per analisi sedimentologiche e geochimiche e 8 sezioni sottili per analisi micromorfologiche. Il numero totale di campioni utilizzati per ciascuna unità studiata in rapporto alla tipologia di analisi è riportato nella Tabella II. E.

⁴⁷ Si coglie l'occasione per ringraziare il prof. Josep Vallverdú Poch per il supporto fornito nella preparazione delle sezioni sottili e all'IPHES per aver consentito l'accesso ai laboratori.

Tabella II. E Ciota Ciara: lista, numero e provenienza dei campioni utilizzati per le analisi di ciascuna unità studiata

<i>Unità</i>	<i>Granulometria, contenuto di sostanza organica, CaCo₃, XRF e XRD</i>	<i>Sezioni sottili analizzate</i>
13	3 (C22, C23, C28)	1 (C06)
14a	1 (C25)	2 (C01, C07)
14b	4 (C21, C26, C27, C29)	1 (C03)
14c	2 (C20, C34)	1 (C02)
14f	1 (C35)	1 (C08)
14e	1 (C24)	1 (C04)
15	2 (C31, C36)	1 (C05)
16	1 (C37)	(nessuna)
103	3 (C33, C30, C32)	(nessuna)

Nel 2017 le attività di scavo sono state estese anche al settore INTERNO GROTTA, dove è stato aperto un sondaggio di scavo finalizzato alla correlazione tra il deposito conservato in corrispondenza della zona atriale e quello più interno rispetto al muro a secco. Nel 2018 sono stati prelevati quattro campioni di sedimento sciolto e un campione micromorfologico da una nuova unità riconosciuta e indicata durante le fasi di scavo come US 12. È stato inoltre possibile prelevare un campione micromorfologico anche nel settore ATRIO, in corrispondenza dell'unità 16, da utilizzare per analisi future⁴⁸.

Durante le osservazioni è stata effettuata un'analisi dedicata sui frammenti ossei. Questi presentano infatti un'elevata variabilità nelle dimensioni, nella forma, nel grado di alterazione e nello sviluppo di rivestimenti di ossidi di Fe-Mn, sia sul terreno sia in sezione sottile. Si è proceduto al conteggio dei frammenti presenti in tutte le unità (ad eccezione di 14c che ne risulta priva) e, seguendo un approccio semi-quantitativo, alla stima delle relazioni tra le loro dimensioni, il grado di alterazione e lo sviluppo dei rivestimenti di ossidi. I frammenti contati sono circa 600, successivamente suddivisi in due classi dimensionali al fine di effettuare la comparazione: 60-500 μm (sabbia molto fine, fine, media) e >500 μm . Per ciascun frammento sono stati registrati i seguenti parametri: grado di alterazione fisica (articolata secondo una scala crescente in: bassa, moderata e intensa), occorrenza e sviluppo dei rivestimenti di Fe-Mn sulla superficie delle ossa (assente, <50% e >50%) e grado di impatto termico (assente, basso, intenso) (v. §5.4.3 più sotto).

⁴⁸ I campioni prelevati dallo scrivente nel 2018 e finalizzati a osservazioni micromorfologiche sono al tempo della stesura del presente elaborato in fase di preparazione presso il laboratorio *Servizi per la Geologia di Massimo Sbrana* e pertanto non è stato ancora possibile studiarli. La loro analisi futura risulterà utile per i tentativi di correlazione tra il settore ATRIO e il settore INTERNO GROTTA.

CAPITOLO 5

RISULTATI

Il presente contributo si propone di incrementare il grado di risoluzione analitica nello studio dei processi di formazione e conservazione del deposito attualmente interessato dalle ricerche archeologiche, indagando a livello macroscopico e microscopico gli apporti sedimentari (geogenici, biogenici e antropogenici) e le successive tracce impresse dai processi sin- e postdeposizionali. Il capitolo raccoglie i risultati ottenuti durante le diverse fasi di osservazione e analisi e si articola sulla falsariga dell'iter di ricerca, riportando prima le descrizioni di campo e il dato macroscopico (v. §5.1), seguite dai risultati delle analisi di laboratorio: sedimentologiche (v. §5.2), geochimiche (v. §5.3) e micromorfologiche (v. §5.4). Il focus viene posto sullo studio microstratigrafico, il quale ha permesso di approfondire aspetti prima trascurati. Per la presentazione dei dati viene seguito l'ordine stratigrafico delle unità riconosciute *in situ*, dal tetto della stratificazione alla sua base.

5.1 Assetto stratigrafico e osservazioni di campo

Come già indicato, il deposito indagato si colloca in corrispondenza della zona atriale della grotta aperta verso SW (setto ATRIO –v. §4) ed è costituito da una stratificazione articolata in cinque unità. Per quanto concerne l'unità 14, l'osservazione di campo ha permesso di evidenziare al suo interno un'articolazione più complessa: essa è stata suddivisa in cinque sotto-unità tra loro distinte, quindi descritte e campionate individualmente (v. Tabella S)⁴⁹ (Angelucci et al. 2015, 2018; Zambaldi 2015). Le unità archeologiche principali (13, 14, 15) immergono verso l'uscita della grotta, con angolo ristretto, e sono separate le une dalle altre da limiti piuttosto irregolari (v. Figura II. 9). L'unità 16, non ancora interamente rimossa, segue invece l'andamento del substrato roccioso sul quale è direttamente impostata. Da ultima, l'unità 103 costituisce un'interfaccia negativa che taglia le unità 13 e 14 a ridosso della parete W della grotta (v. APPENDICE II). Complessivamente, tutte le unità si presentano scarsamente organizzate, da limo-sabbiose a franco-limose, marroni-rossastre e marroni, massive, e con organizzazione caotica. Il materiale grossolano è costituito da clasti con abbondanza comune, per lo più derivanti da frammenti di dolomia e calcari locali (DSS), a cui si aggiungono, più raramente, frammenti di arenaria e di rocce ignee e metamorfiche, alcuni dei quali si presentano con forme arrotondate (i 'ciottoletti esotici'; v. §6.2.2 più sotto).

⁴⁹ Le prime osservazioni stratigrafiche sul terreno risalgono al giugno 2014 e precedono la rimozione dell'unità 14 e la conseguente esposizione delle unità inferiori (Zambaldi, 2015): le variazioni nella suddivisione interna della medesima unità prima sono state invece apportate solamente in seguito allo svolgimento delle analisi sedimentologiche (Angelucci et al. 2018).

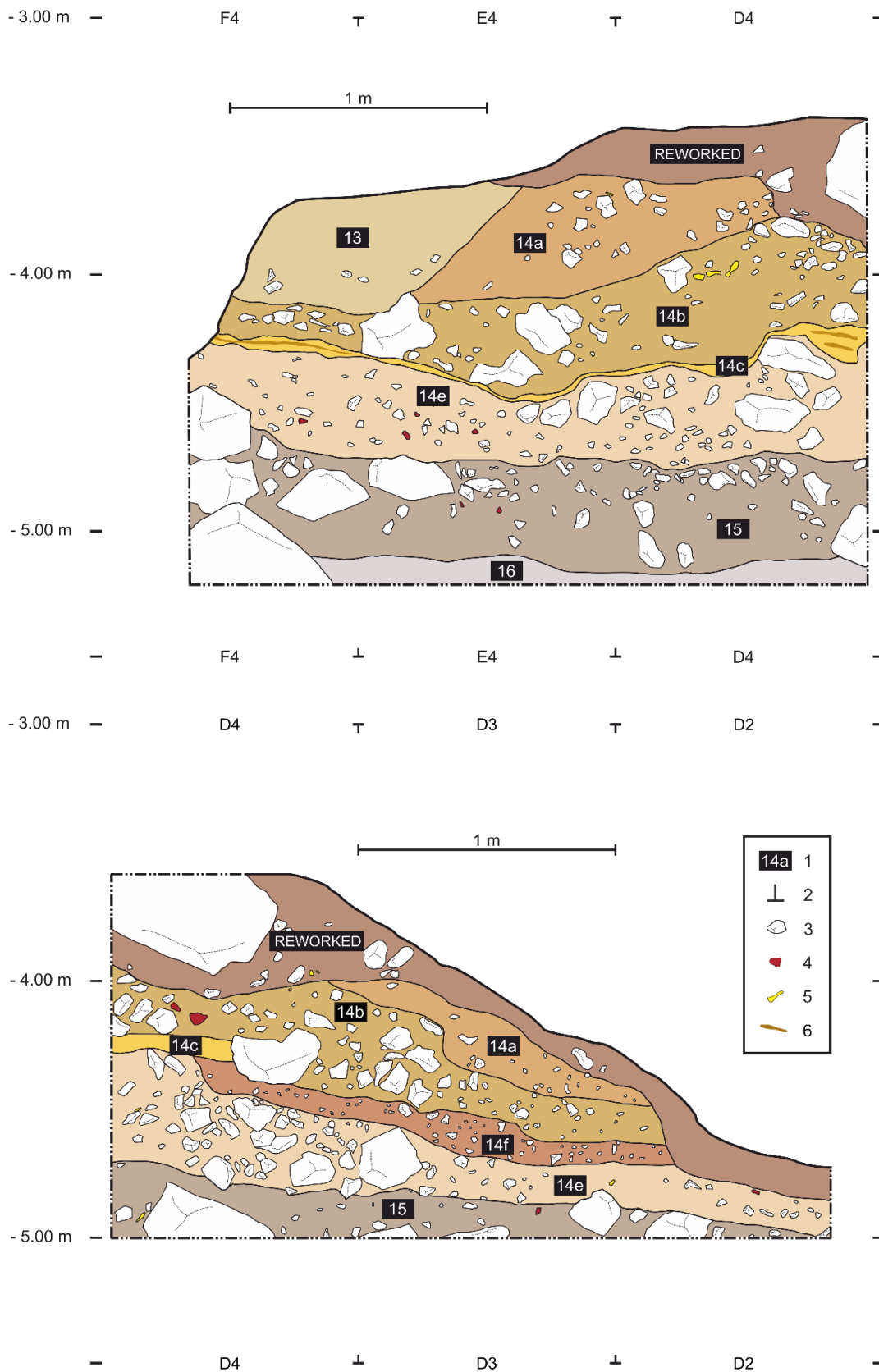


Figura II. 9. Ciota Ciara: Sezioni stratigrafiche lungo i Q F4–D4 (sopra) e D4–D2 (sotto), alla fine della campagna di scavo del 2016. Legenda: 1: unità; 2: limiti della griglia di scavo; 3: frammenti di roccia calcarea; 4: frammenti di arenaria; 5: ossa; 6: strutture sedimentarie (laminazioni). La quota si riferisce al sistema locale del sito (da Angelucci et al. 2018).

Sono presenti rivestimenti tessiturali e fosfatici ubiquitari, oltre a concentrazioni di ossidi di Fe-Mn, in forma di noduli, laminazioni, laccature, e rivestimenti sviluppati sulla maggior parte dei frammenti di ossa e su alcuni clasti. Tutte le unità principali, ad eccezione dell'unità 16, hanno restituito materiale archeologico in quantità variabile, tra cui abbondanti resti faunistici determinabili e manufatti litici (v. §3.4 e §3.5). L'insieme di reperti più abbondante proviene dall'unità 14, indagata però su un'estensione maggiore rispetto alla soprastante unità 13. I ritrovamenti archeologici diminuiscono, invece, nell'unità 15 e sono assenti in corrispondenza dell'unità 16, la quale chiude la successione poggiando direttamente sulla roccia madre.

5.1.1 Descrizione geoarcheologica delle unità principali

Unità 13

L'unità 13 è stata riconosciuta e descritta solamente in una porzione limitata del deposito rinvenuto in corrispondenza della parete Wc della grotta. Si presenta come unità fine, con pietre scarse, apparentemente massiccia, con porosità scarsa, e moderatamente organica. L'unità è complessivamente limo-argillosa, marrone/marrone scuro e caratterizzata dalla presenza di noduli e laminazioni nerastre dovute all'accumulo secondario di ossidi di Fe-Mn. La frazione grossolana è scarsa e costituita da clasti di dolomia di dimensioni centimetriche, fortemente alterati in massa. Si osservano leggere tracce di attività biologica passata, attribuibile all'azione di insetti e di radici, la quale ha probabilmente mascherato una precedente variabilità orizzontale interna (screziature nerastre), oggi non più sufficientemente distinguibile. Non è possibile definire lo spessore totale dell'unità e i suoi rapporti stratigrafici al tetto, in quanto la porzione superiore è stata rimossa dagli interventi di scavo del XX secolo. Alla base appoggia sull'unità 14, con limite graduale, poco riconoscibile, apparentemente orizzontale e per lo più segnalato da variazioni cromatiche e nel contenuto di sostanza organica.

Unità 14

L'unità 14 si presenta come una sequenza complessa di depositi principalmente connessi alla circolazione delle acque carsiche e al conseguente trasporto di sedimenti provenienti dall'interno della grotta, con alternanza tra eventi torrenziali, colate detritiche ed eventi trattivi a energia bassa e medio bassa. Sono state riconosciute cinque diverse facies, probabilmente riferibili ad episodi ravvicinati nel tempo, caratterizzate da variazioni nei componenti, nella tessitura e nei colori e che sono state pertanto denominate e descritte come sotto-unità distinte (14a, 14b, 14c, 14e e 14f —v. Tabella II. F)⁵⁰.

⁵⁰ L'ordine alfabetico delle lettere attribuite alle sotto-unità di US 14 risulta attualmente casuale dal momento che esso non ha più diretta corrispondenza con quello stratigrafico: nel corso degli studi il numero complessivo delle facies individuate sul terreno è diminuito da un totale complessivo di sei (Angelucci et al. 2015; Zambaldi 2015) a cinque (Angelucci et al. 2018).

Complessivamente, l'unità 14 si presenta limo-argillosa, marrone rossastra/marrone con frequenti frammenti eterometrici di rocce di diversa natura, tra cui prevalgono dolomia (da pochi millimetri fino ai grandi blocchi di crollo), calcare e arenaria (max. 20 cm). L'unità immerge verso SW con inclinazione compresa tra 10° e 15° e registra alcune variazioni laterali nella disposizione e nelle caratteristiche dei frammenti di dolomia più grossolani (forma, dimensioni e alterazione), verosimilmente correlate alla conformazione stessa della zona atriale. Si osservano gradi di conservazione differenziale delle litologie riconosciute, condizione che dipende in gran parte dall'attivazione dei processi postdeposizionali (ad. es. elevata dissoluzione e disgregazione delle rocce carbonatiche). Ai medesimi si possono ricondurre anche la migrazione di argilla e lo sviluppo di sottili rivestimenti su alcuni clasti, la migrazione di fosfati e la conseguente formazione di croste sui frammenti di rocce a chimismo carbonatico, l'accumulo secondario di ossidi di Fe-Mn, sia in forma di noduli infra-millimetrici sia di rivestimenti (particolarmente sviluppati sui frammenti di ossa). Le tracce di attività biologica sono scarse e conseguenti all'azione degli apparati radicali. Il limite inferiore con l'unità 15 è poco distinto e segnalato dall'aumento nell'abbondanza e nelle dimensioni dei frammenti di dolomia (massi di crollo dalla volta e dalle pareti), che localmente appaiono distribuiti secondo linee discontinue, parallelamente ad un incremento della frazione sabbiosa.

Unità 103

L'unità 103 è stata osservata solamente nella sezione W, a ridosso della rispettiva parete. Si caratterizza come una struttura negativa, complessa per caratteristiche e genesi, che taglia verso S la sequenza delle unità 13 e 14. A causa dell'assenza della porzione superiore dell'unità 13, Non è possibile definire da dove il taglio abbia origine dal punto di vista stratigrafico. L'unità si presenta come breccia a supporto clastico e matrice sabbiosa, marrone scuro (7.5YR 5/6), con screziature giallastre distribuite in maniera casuale (10YR 6/6) e localmente cementata. Le litologie sono le medesime di quelle osservate nell'unità 14, con clasti eterometrici e distribuzione caotica. Fa eccezione la parte bassa in corrispondenza del limite con l'unità 14, dove si osserva una distribuzione verticalizzata e parallela alla parete rocciosa dei clasti grossolani, i quali assumono una forma "a imbuto", probabilmente conseguente a processi di scorrimento laterale contro parete e di *piping* (suffosione, ovvero dello scorrimento subsuperficiale di acqua all'interno del terreno con conseguente formazione di cunicoli subsuperficiali d'erosione e trasporto di materiali al loro interno). All'interno dell'intera unità, le ossa sono significativamente presenti e spesso appaiono quasi interamente rivestite di ossidi di Mn. È stato inoltre notato un grado di alterazione diverso, spesso più avanzato, rispetto a quello osservato nelle altre unità archeologiche. Il limite rispetto alle due unità tagliate è indicato dall'aumento del numero dei componenti grossolani e dal loro orientamento, mentre appare poco distinguibile in relazione alla frazione fine che presenta caratteristiche a loro simili (probabilmente a causa del mescolamento avvenuto in corrispondenza della zona di contatto) seppur nel complesso generalmente più sabbiosa per via della disgregazione delle rocce carbonatiche.

Tabella II. F Principali caratteristiche delle unità scavate (suddivisione e descrizioni aggiornate a partire dal 2013)

<i>Unità</i>	<i>Settore</i>	<i>Descrizione</i>
103	ATRIO	Breccia a supporto clastico con frammenti di dolomia dominanti e di arenaria comuni (dimensioni decimetriche); i clasti presentano DP caotico e OP perpendicolare rispetto all'interfaccia dell'unità; matrice limo-sabbiosa; 7.5YR 5/6, con screziature giallastre 10YR 6/6; rivestimenti di Fe-Mn su ossa e clasti molto comuni; interfaccia negativa che taglia lateralmente le unità 13 e 14 con limiti graduali
13	ATRIO	Limo-argillosa; 7.5YR 5/5, con noduli e laminazioni nerastre di ossidi di Fe-Mn; frammenti di dolomia molto scarsi (max. 5 cm), fortemente alterati, porosità molto bassa; limite inferiore graduale
14a	ATRIO	Limo-argillosa; 6.5YR 4/6, con laminazioni nerastre di ossidi di Fe-Mn; frammenti di dolomia comuni (da millimetrici fino a 10 cm), frammenti di arenaria molto scarsi; i clasti presentano DP e OP caotico; frammenti di ossa scarsi, porosità molto bassa
14b	ATRIO	Limo-argillosa; 6.5YR 4/5; frammenti eterometrici di dolomia comuni, per lo più alterati, spesso con OP parallelo nella parte inferiore; la matrice mostra le stesse caratteristiche di 14a; rivestimenti di argilla sui clasti e di Fe-Mn sulle ossa scarsi
14c	ATRIO	Serie di intercalazioni di sedimento fine prive di pietre, massiva, porosità assente; dal tetto alla base: livello di limo, 8YR 6/6, massivo; intercalazione di ossido di Fe-Mn; livello di sabbia da fine a media 6YR 6/6, (4 cm di spessore); livello limo-sabbioso fine e discontinuo di, 7.5YR 6/6
14f	ATRIO	Limo-argillosa; 6.5YR 4/6; frammenti di dolomia comuni (centimetrici), per lo più moderatamente alterati; matrice simile a 14b, 6YR 4/6; limite inferiore chiaro
14e	ATRIO	Breccia a supporto clastico costituita da frammenti di dolomia dominanti (max. 20 cm) e frammenti di arenaria molto scarsi; i clasti mostrano un OP parallelo all'interfaccia dell'unità; matrice Limo-argillosa; 6.5YR 4/6; rivestimenti di argilla sui clasti e di Fe-Mn su ossa e clasti comuni; limite inferiore poco distinguibile
15	ATRIO	Breccia a supporto clastico con frammenti di dolomia dominanti (dimensioni decimetriche, con leggere variazioni dimensionali dal tetto alla base); matrice Limo-argillosa; 5YR 4/4; rivestimenti di argilla sui clasti e di Fe-Mn su ossa e clasti comuni, limite inferiore chiaro
16	ATRIO	Breccia a supporto clastico con frammenti di dolomia dominanti (dimensioni decimetriche), frammenti di arenaria scarsi; matrice Limo-argillosa; 5YR 4/4; limite inferiore netto a contatto con la roccia del substrato

Note: DP: (*distribution pattern*) modello di distribuzione; OP: (*orientation pattern*) modello di orientamento

Unità 15

L'unità 15 è stata osservata in tutte le sezioni (N, W, e E) e in pianta in fase di scavo. Si configura come breccia a supporto clastico con matrice sabbiosa e limo-argillosa, di colore marrone (5YR 4/4), massiva a riempimento dei pori. La componente grossolana è principalmente costituita da frammenti di dolomia crollati dalla volta e dalle pareti della grotta, le cui dimensioni diminuiscono leggermente dal tetto alla base dell'unità. Il limite inferiore è ben riconoscibile e indicato dalla comparsa di frammenti di dolomia di dimensioni decimetriche.

L'unità 16 presenta caratteristiche sedimentarie simili all'unità 15 ad eccezione di un incremento nelle dimensioni dei frammenti di dolomia. Si configura come breccia a supporto clastico con matrice sabbiosa e limo-argillosa, di colore marrone (5YR 4/4), massiva a riempimento dei pori. L'unità poggia con limite netto direttamente sul substrato roccioso.

5.2 Analisi sedimentologiche

Le analisi sedimentologiche sono state svolte seguendo metodi di routine: hanno previsto analisi granulometriche e tessiturali sui sedimenti fini, del contenuto di carbonato di calcio e di materia organica (v. Sez. I, §4.2). A tale scopo, sono stati utilizzati 18 campioni di sedimento sciolto, provenienti da tutte le unità osservate *in situ* (13, 14, 15 e 16) (v. §4, Tabella E).

5.2.1 Analisi granulometriche e tessiturali

I campioni di sedimento sciolto sono stati utilizzati per ottenere la distribuzione granulometrica e la classificazione tessiturale del materiale fine (argilla, limo e sabbia) costituente le unità analizzate⁵¹. Non è stata invece analizzata la frazione ghiaiosa, in quanto non rappresentativa delle evidenze osservate sul terreno in fase di scavo. La campionatura non ha infatti potuto tenere conto dei blocchi derivanti dalle fasi di crollo dalla volta e dalle pareti, in quanto interamente rimossi prima dell'avvio del presente intervento, entrambe le unità 13 e 14 (porzione superiore). È stato inoltre riscontrato un elevato grado di alterazione fisico-chimica dei frammenti inglobati all'interno del deposito, i quali sono risultati sgretolarsi sia durante le fasi di prelievo sia quelle di setacciatura.

I risultati ottenuti in laboratorio sono stati rielaborati in forma grafica e vengono qui presentati per mezzo di diagrammi ternari, costruiti secondo la classificazione di Wentworth (1922) e i parametri tessiturali proposti da Shepard (1954) (Figura II. 10-1) e da Folk e Ward (1957) (Figura II. 10-2). A partire da questi dati sono state ricavate delle curve granulometriche relative alla frazione fine, prendendo in considerazione l'intervallo dimensionale compreso tra $\phi -1$ (sabbia molto fine) e $\phi 11$ (argilla)⁵². Queste sono state quindi raggruppate in fasci cumulativi suddivisi per unità stratigrafica, al fine di comprenderne la variabilità interna (v. Figura II. 11). I risultati ottenuti dalle analisi granulometriche e tessiturali indicano che tutte le unità considerate sono complessivamente composte da sedimento poco selezionato e con tessitura prevalentemente limo-sabbiosa e franco-limoso.

⁵¹ I rapporti con i risultati ottenuti dalle analisi sedimentologiche eseguite per ciascun campione vengono riportati in forma estesa nell'APPENDICE VII.

⁵² Gli intervalli dimensionali del ϕ fanno riferimento alla scala di Krumbein (Krumbein e Sloss 1963), la quale ridefinisce i valori della scala di Udden-Wentworth sulla base dell'equazione: $\phi = -\log_2 D/D_0$; dove D è il diametro della particella e D_0 un diametro di riferimento uguale a 1 mm.

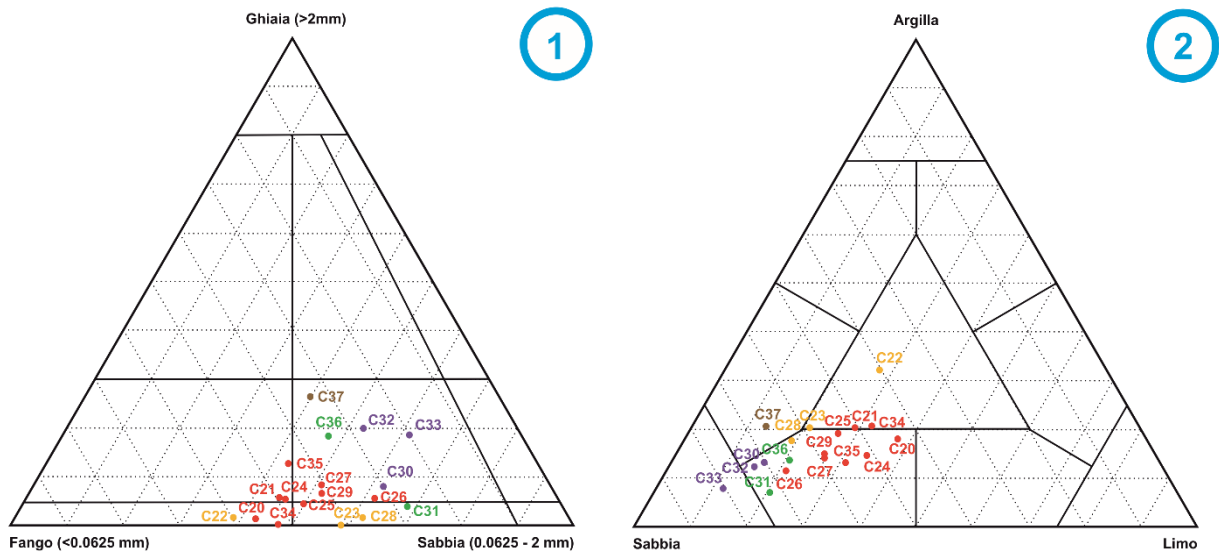


Figura II. 10 Rielaborazione grafica dei risultati tessiturali: (1) diagramma ternario di Shepard; (2) diagramma ternario di Folk. Le sigle indicano il numero del campione analizzato, i colori le unità: 13: giallo, 14: rosso, 15: verde, 16: marrone, 103: viola.

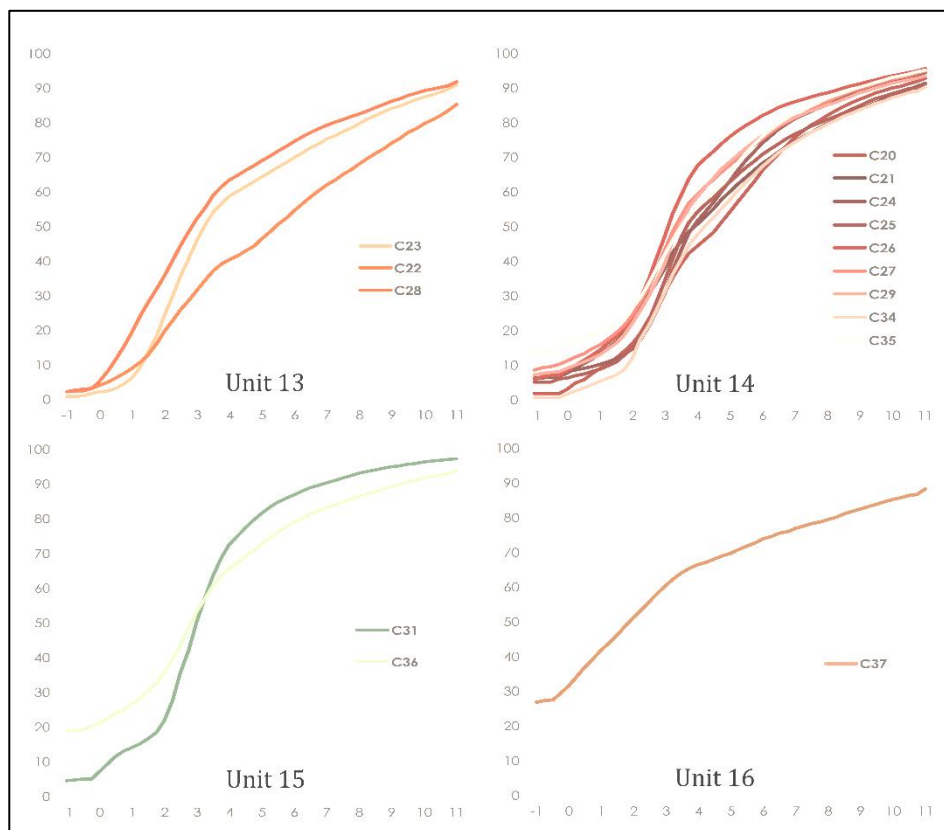


Figura II. 11. Fasci di curve cumulative da analisi tessiturali per le unità 13 (giallo), 14 (rosso), 15 (verde) e 16 (marrone). In ascissa è indicato il diametro (ϕ) delle maglie dei setacci (corrispondente a quello delle singole particelle), in ordinata la percentuale del peso cumulativo del sedimento passante (misurato in μm) (da Angelucci et al. 2018).

5.2.2 Contenuto di materia organica e carbonati

Il contenuto di materia organica è stato determinato con la tecnica della perdita di peso al fuoco (*Loss on ignition —LOI*; v. Sez. I, §4.2.2). I risultati relativi alla quantità di materia organica presente indicano valori compresi tra il 3% e il 6% all'interno di tutti i campioni considerati (v. Figura II. 12). Le analisi calcimetriche (v. Sez I, §4.2.3) hanno invece evidenziato quantità di CaCO_3 contenute e stabili in tutte le unità (v. Figura II. 12). L'unica eccezione si riscontra nel campione C31, il quale è stato tuttavia volutamente raccolto in corrispondenza di un'elevata concentrazione di frammenti di dolomia inglobati all'interno della matrice fine.

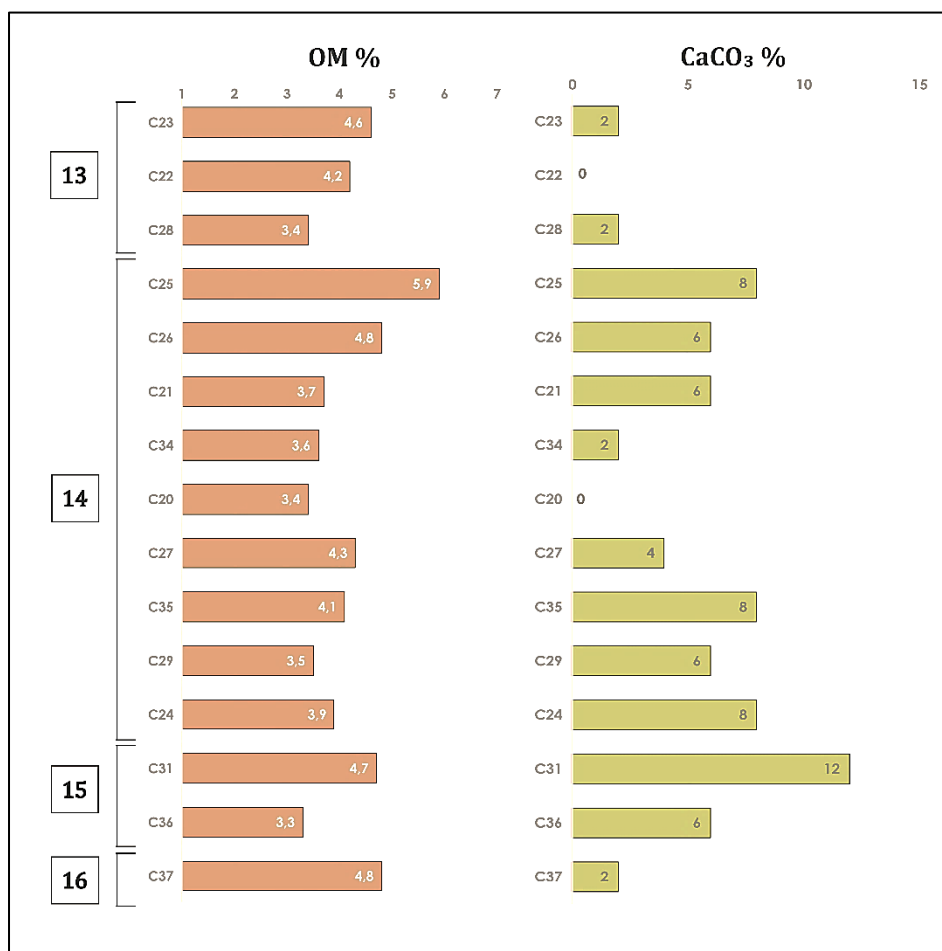


Figura II. 12. Ciota Ciara: contenuto di materia organica (sinistra, in marrone) e contenuto di carbonato di calcio CaCO_3 (destra, in verde) (da Angelucci et al. 2018).

5.3 Analisi geochimiche preliminari

Parallelamente alle analisi sedimentologiche, i campioni di sedimento sciolto sono stati utilizzati anche per analisi geochimiche preliminari. Dal momento che prima dell'intervento qui discusso non erano disponibili dati in merito alle caratteristiche sedimentarie dei depositi conservati all'interno della grotta

(fatta eccezione per le descrizioni di campo prodotte in occasione degli interventi di scavo degli anni '70; v. §3.2), si è optato per una prima valutazione sommaria su base geochimica dei sedimenti tramite spettrofotometria a raggi X (XRF) e diffrazione a raggi X (XRD) (v. Sez. I, §4.3). In entrambi i casi sono stati selezionati e utilizzati alcuni degli stessi campioni raccolti per le analisi sedimentologiche⁵³ (v. Tabella II. E). Preso atto di quanto finora riportato, si indica che i dati ottenuti sono quindi da intendersi come orientativi e allora finalizzati alla scelta della strategia d'intervento e delle successive analisi e pertanto marginali rispetto alla discussione sviluppata in seguito. Per questo motivo, si è deciso di fare cenno esclusivamente alle informazioni che sono risultate funzionali alle analisi micromorfologiche, principale oggetto della presente ricerca.

Analisi XRF

I risultati delle analisi XRF sono coerenti con le osservazioni effettuate sul terreno e hanno confermato le ipotesi formulate durante le fasi di progettazione della ricerca. L'unico dato degno di nota ai fini elencati coincide con la rilevazione di elevate percentuali di fosfati all'interno dei sedimenti (v. APPENDICE IV e §6.2.4 per maggiori dettagli).

Analisi XRD

Anche nel caso delle analisi XRD, queste hanno confermato la composizione mineralogica indicata durante le prime osservazioni dei sedimenti al microscopio stereoscopico. La composizione mineralogica delle singole unità risulta generalmente omogenea e coerente con quanto atteso in relazione all'ambiente deposizionale e alle caratteristiche geologiche locali. Considerando le singole unità nel loro complesso, le analisi hanno indicato (v. APPENDICE V per i diffrattogrammi):

- per l'unità 13, prevalenza di quarzo, illite, dolomite e calcite;
- per l'unità 14, prevalenza di calcite, aragonite, quarzo, dolomite, feldspato e illite;
- per l'unità 15, prevalenza di dolomite, quarzo e calcite;
- per l'unità 16, prevalenza di quarzo, calcite e dolomite;
- per l'unità 103, quarzo, feldspati, dolomite, calcite, aragonite, illite.

⁵³ La preparazione dei campioni è stata effettuata dallo scrivente nell'ambito contestualmente a quella dei campioni finalizzati alle analisi sedimentologiche e discussi in precedenza, in occasione delle attività svolte nell'ambito dello svolgimento dell'elaborato finale di tesi di master (v. Zambaldi 2015). La fase analitica è stata invece seguita da tecnici e ricercatori del Dipartimento di Scienze della Terra dell'università di Ferrara.

5.4 Micromorfologia archeologica

Le osservazioni di campo e le analisi sedimentologiche hanno permesso di definire le principali caratteristiche macroscopiche del deposito, evidenziando sia i tratti comuni sia l'occorrenza di variazioni nelle caratteristiche granulometriche, tessiturali e sedimentarie interne delle diverse unità. Dalle medesime sono stati quindi prelevati anche gli otto campioni (v. §4, Tabella II. D) oggetto delle analisi micromorfologiche qui discusse (v. Sez. I, §4.4 per dettagli la metodologia e gli strumenti utilizzati). Lo studio delle sezioni sottili ricavate (v. APPENDICE III) ha permesso di analizzare nel dettaglio la composizione dei sedimenti e la microstratigrafia interna alle singole unità definite sul terreno. I campioni raccolti dalle unità 13 e 14 hanno indicato chiare similitudini sia nella composizione, sia nell'organizzazione spaziale del suolo (*fabric*) e nell'occorrenza delle pedofigure osservate. L'unica eccezione è costituita dalla sotto-unità 14c, esclusivamente composta da un'alternanza di sabbie e limo. L'unità 15 presenta invece alcune caratteristiche che si discostano dalle unità superiori, soprattutto in relazione alla natura e alla tipologia delle pedofigure. Le principali caratteristiche micromorfologiche osservate per queste unità sono sintetizzate in Angelucci et al. (2018) e vengono qui riportate in forma estesa nel testo (v. anche Tabella II. G, H ed I).

5.4.1 Le classi di materiali definite in sezione sottile

L'osservazione dei campioni al microscopio petrografico ha messo in evidenza una distribuzione sostanzialmente omogenea e ubiquitaria all'interno dell'intera successione stratigrafica dei componenti della frazione grossolana. Questi sono stati pertanto raggruppati in quattro classi di materiali, suddivise su base genetica e di seguito descritte in ordine di abbondanza: componenti silicoclastici (SIL), componenti carbonatici (CRB), componenti antropogenici e biogenici (ABC) e tutti gli altri materiali che non rientrano nelle classi precedenti (OTH). Sono stati inoltre individuati due raggruppamenti granulometrici prevalenti: una frazione grossolana (sabbia grossolana e ghiaie), costituita da frammenti di roccia locale e alloctona e frammenti di ossa; una frazione fine (dal limo alla sabbia media), all'interno della quale ricadono minerali e sabbie residuali derivanti dalla disgregazione delle rocce.

La frazione silicoclastica (SIL) è quella maggiormente rappresentata ed è costituita da frammenti di rocce di diversa natura e di minerali delle dimensioni comprese tra la sabbia finissima e le ghiaie. Si osservano frammenti di selce naturale (S-G) con abbondanza comune, eterogenei e presenti in forme da angolari a subangolari, spesso fortemente alterati e interessati da rivestimenti ben sviluppati di ossidi di Fe-Mn. Si tratta principalmente di spongolite (Figura II. 13a), proveniente dalle formazioni affioranti presso il Monte Fenera (CSP) e, in quantità inferiori, di radiolarite (Figura II. 13b), la cui provenienza può essere sia locale sia alloctona (v. §3.5.1). Dalla loro disgregazione derivano anche le numerose spicole e i radiolari, ampiamente diffusi all'interno della massa di fondo (Sf-L). Il minerale più comune è il quarzo (S), pre-

valentemente osservato in forma monocristallina; i cristalli presentano forme irregolari, da angolari a subangolari, e sono localmente caratterizzati da estinzione ondulata (XPL). Si osservano inoltre comuni feldspati alcalini e plagioclasti (S), con forme da angolari a subangolari, e miche (L), principalmente muscovite e in quantità inferiori biotite. Sono inoltre riconoscibili frammenti di rocce di diversa natura (S-G): rocce metamorfiche, tra cui scisti (Figura II. 13c, d), quarziti (Figura II. 13e, f) e 'ciottoletti esotici' (approfondimenti più sotto, v. § 6.2.2); rocce ignee vulcaniche, principalmente porfidi quarziferi e rioliti (Figura II. 13g, h). Sul terreno sono ben riconoscibili anche frammenti di arenarie (ASQ), la cui occorrenza è comunque compatibile con l'abbondante presenza di minerali che le costituiscono (v. §6.2.2), registrati ad ogni scala.

La frazione carbonatica (CRB) risulta caratterizzata dagli stessi componenti che vengono osservati in tutte le unità, ovvero frammenti di dolomia e di calcare locale e cristalli di calcite/dolomite⁵⁴. I primi raggiungono dimensioni fino a diversi centimetri e si presentano con forme da angolari a subangolari (Figura II. 14a-c) e nella maggior parte dei casi sensibilmente interessati da elevate alterazioni fisico-chimiche che ne causano la disgregazione (Figura II. 14d, e). Le sabbie residuali che ne derivano sono composte da cristalli (S-L) prevalentemente subangolari, ubiquitari e spesso osservati in forma di riempimenti sciolti discontinui all'interno dei pori (Figura II. 14f, g). L'origine della frazione rappresenta l'apporto del substrato locale ed è principalmente riconducibile ai processi di fratturazione, crollo e dissoluzione che hanno interessato la volta e le pareti della grotta, anche se deve essere tenuto in considerazione il possibile trasporto del sedimento a breve distanza dagli ambienti più interni della medesima verso la zona atriale.

I materiali derivanti dall'attività biologica e/o antropica sono stati invece raggruppati in una classe distinta (ABC). I componenti più comuni sono i frammenti di ossa animali, riconducibili prevalentemente ai resti della macrofauna e, in quantità minori, a quelli di piccoli roditori; i frammenti di ossa risultano ubiquitari all'interno di tutte le unità. Si tratta di frammenti eterometrici (S-G), con colori che dal bianco si intensificano fino al giallo e al bruno e conservazione differenziale. Si osservano frammenti interessati da alterazione fisico-chimica più o meno intensa, da impatto termico e da impregnazioni e rivestimenti di sostanze secondarie, tra cui fosfati e ossidi di Fe-Mn (v. ad es. Figura II. 15a-d; per maggiori dettagli v. §5.4.3 più sotto). Seguono componenti fosfatici, eterometrici (L-Sg), da subangolari a subarrotondati e con occorrenza che da scarsa diventa comune in relazione al progressivo avvicinamento alla roccia del

⁵⁴ Si è deciso di utilizzare il termine *calcite/dolomite* dal momento che i due minerali vengono comunemente rinvenuti in associazione all'interno dei sedimenti clastici e carbonatici e risultano al contempo difficilmente distinguibili per mezzo del microscopio ottico, senza l'ausilio di analisi chimiche o di diffrazione a raggi X (v. ad. es. Durand et al. 2018; Nesse 2013).

substrato: si tratta per lo più di frammenti amorfi, caratterizzati da una *b-fabric* indifferenziata e fortemente autofluorescenti quando osservati in BL (Figura II. 15c, d). Molto raramente si osservano anche frammenti di carbone di origine vegetale (L-Sf) e manufatti in selce (fig. Figura II. 15e, f) o quarzite (Figura II. 15g, h) (S), derivanti dalle attività antropiche di scheggiatura (v. Angelucci 2010).

I componenti che per le loro caratteristiche non rientrano in nessuna delle tre classi precedenti sono stati isolati in un gruppo distinto (OTH). Questo comprende *pedorelitti* e *papules*⁵⁵, derivanti dall'erosione della copertura di suolo preesistente e sviluppatasi sulla sommità del monte, parte della quale è stata successivamente inglobata e trasportata all'interno del sistema carsico.

⁵⁵Il termine è ripreso da Brewer (1976:282): "*fragments of layered clay or silt coatings*" e il suo equivalente secondo la più recente terminologia proposta da Stoops (2003:128) è "*fragmented pedofeatures*" –figure pedologiche frammentate (Nicosia, Trombino e Stoops 2010:18). Pur consci che l'utilizzo della nomenclatura di Brewer sia ad oggi per lo più sconsigliata, nel caso specifico qui analizzato si è deciso di farne uso al fine di isolare la classe di pedofigure costituita da rivestimenti e riempimenti di argilla rimaneggiati e ritrovati nella massa di fondo, particolarmente significativa e ricorrente all'interno del deposito.

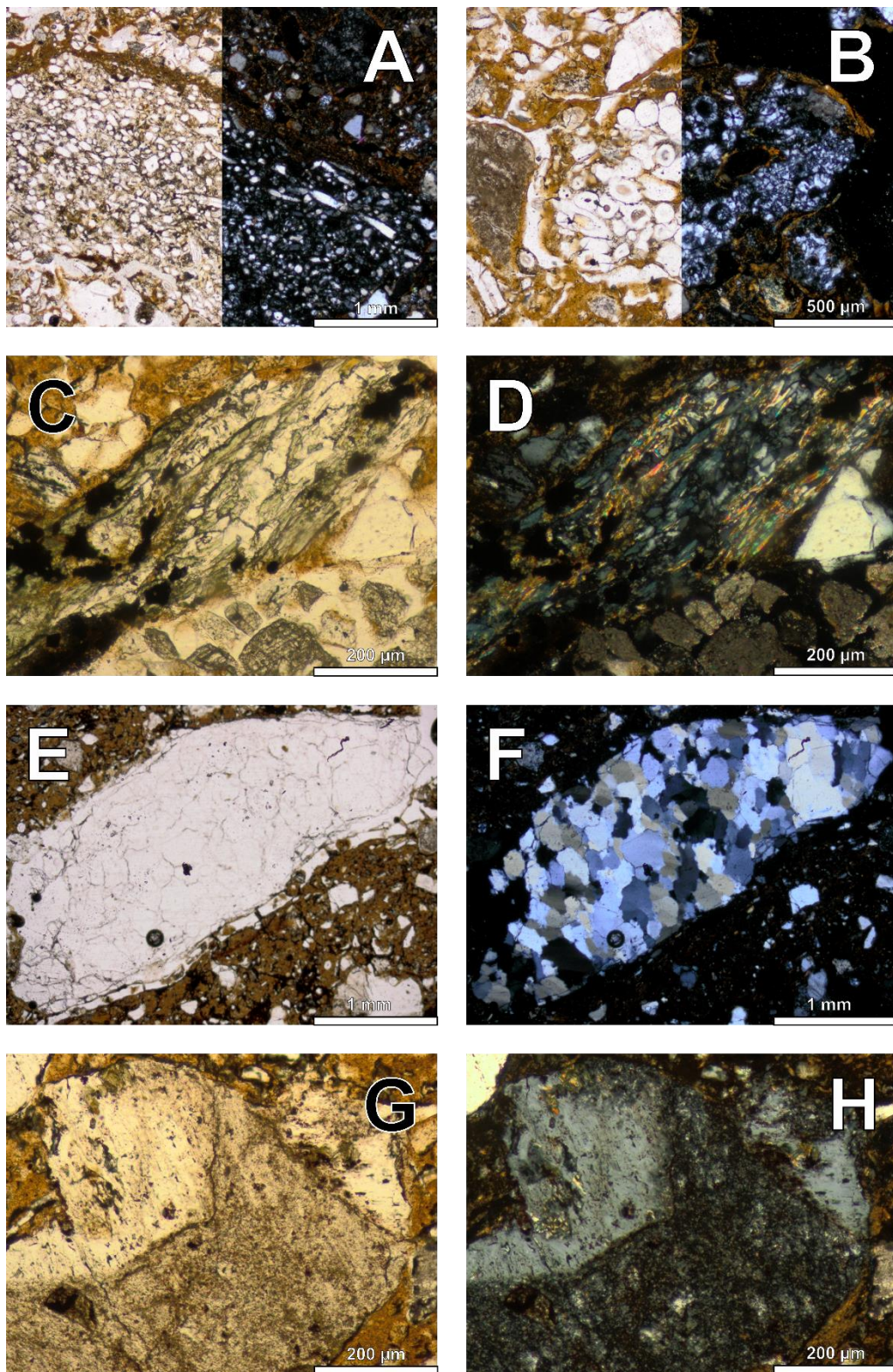


Figura II. 13. Ciota Ciara: microfoto dei componenti grossolani. (A) frammento angolare di selce (spongolite) con ricoprimento di argilla polverosa, unità 15, PPL (sinistra) e XPL (destra); (B) frammento sub-arrotondato di selce (radiolarite) con rivestimento argilloso continuo, unità 13, PPL (sinistra) e XPL (destra); (C) frammento allungato di micascisto, unità 13, PPL (D) idem in XPL; (E) frammento subangolare di quarzite, unità 14a, PPL; (F) idem in XPL; (G) frammento subangolare di riolite –da notare il fenocristallo di feldspato in una massa silicea, unità 14a, PPL; (H) idem in XPL.

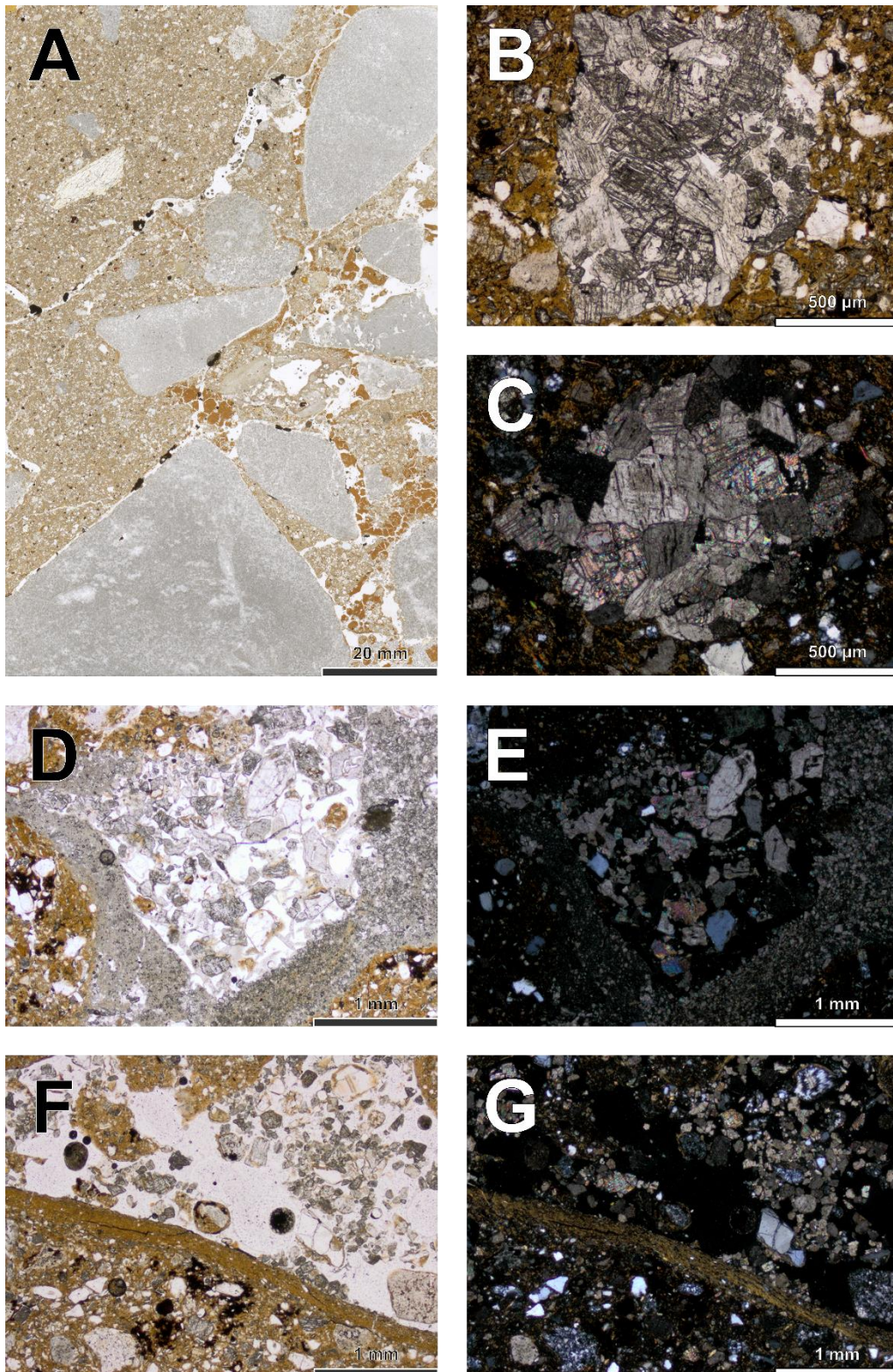


Figura II. 14. Ciota Ciara: microfoto dei componenti a composizione carbonatica: (A) frammenti subangolari di dolomia e calcare osservati in sezione sottile (dettaglio dalla scansione del campione micromorfologico MFCC C04), unità 14e, PPL; (B) frammento subangolare di dolomia locale (DSS) –da notare l’ottimo stato di conservazione della roccia e dei cristalli, unità 14f, PPL; (C) idem, XPL, l’immagine è leggermente ruotata in senso orario per evidenziare le caratteristiche tipiche dei cristalli di dolomite; (D) frammento di roccia carbonatica fortemente alterata –da notare gli effetti della disgregazione e della dissoluzione sui cristalli di calcite/dolomite, unità 14b, PPL; (E) idem in XPL; (F) riempimento sciolto discontinuo (sabbia residuale costituita da granuli subangolari di calcite/dolomite) all’interno di un poro, e rivestimento di argilla polverosa, unità 14f, PPL; (G) idem in XPL.

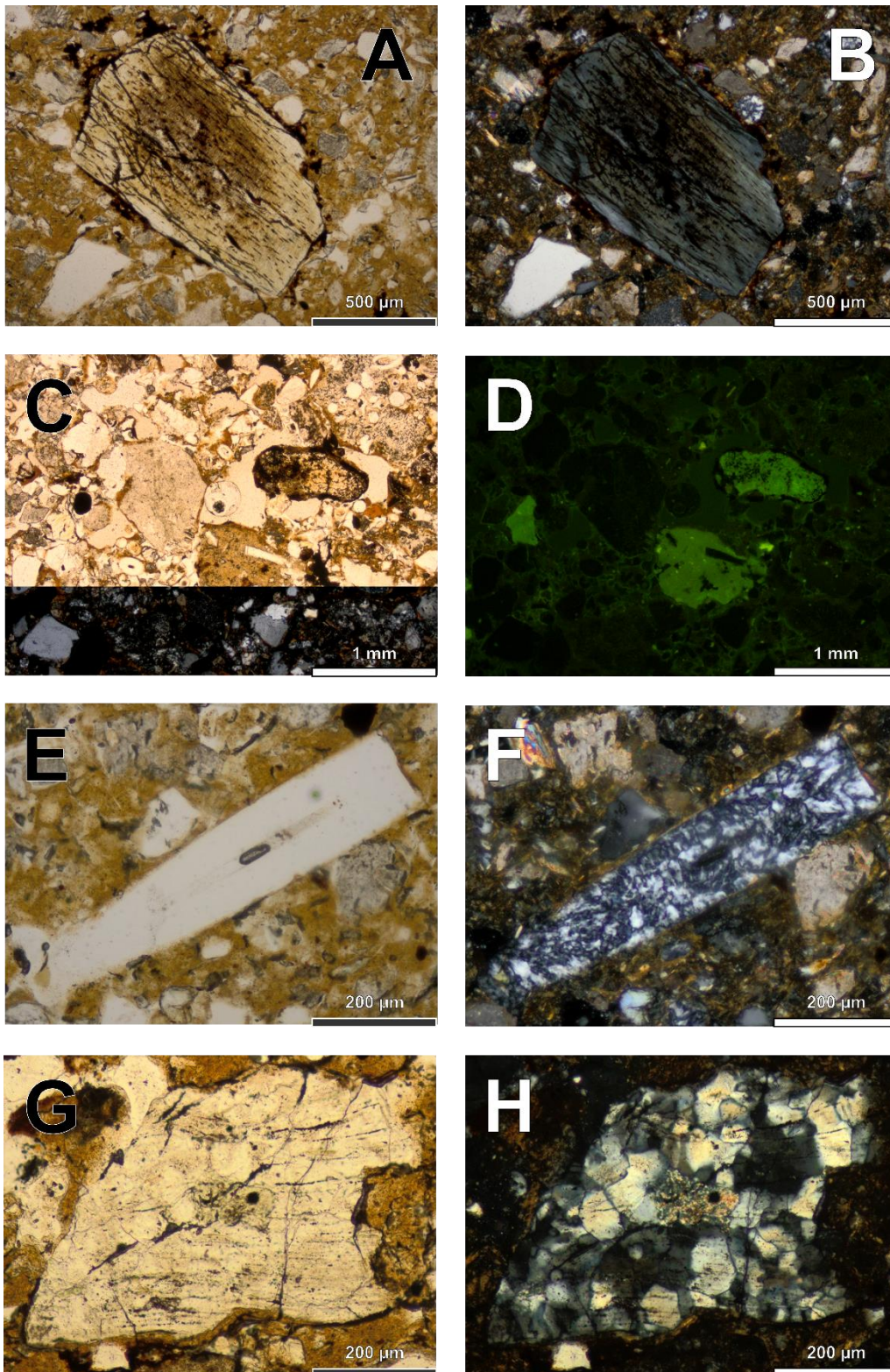


Figura II. 15. Ciota Ciara: microfoto dei componenti biogenici e antropogenici: (A) frammento subangolare di osso con rivestimento discontinuo di ossidi di Fe-Mn, unità 14f, PPL; (B) idem in XPL; (C) massa di fondo contenente frammenti di ossa alterate e fosfatizzate e un nodulo arrotondato a composizione fosfatica, unità 15, PPL (sopra) e XPL (sotto); (D) idem in BL; (E-H) manufatti derivanti dall'attività antropica: (E) scheggia micrometrica in selce, unità 14b, PPL; (F) idem in XPL; (G) scheggia micrometrica in quarzite, unità 14a, PPL; (H) idem in XPL.

5.4.2 Descrizione sistematica delle unità principali

Unità 13

L'unità 13 è caratterizzata da una massa di fondo limo-argillosa complessa ed eterogenea, all'interno della quale sono riconoscibili intercalazioni di facies distinte. Il materiale fine è di colore marrone, maculato e presente in quantità leggermente prevalente rispetto a quello grossolano (limite g/f a $4\ \mu\text{m}$). La distribuzione relativa g/f è per lo più porfirica, con spaziatura singola o aperta. La *b-fabric* è complessivamente indifferenziata, tuttavia si osservano localmente aree caratterizzate da una distribuzione relativa g/f da chitonica a gefurica, con concentrazioni di granuli minerali e *b-fabric* granostriata (Figura II. 16a, b). La microstruttura si presenta poliedrica subangolare, debolmente sviluppata. Localmente si osservano evidenze di attività biologica, tra cui l'azione di radici e la nidificazione ad opera di insetti, con la conseguente occorrenza di una microstruttura secondaria spugnosa. Tra i componenti identificati prevale la frazione SIL, rappresentata da comuni frammenti di selce, quarzi, feldspati e miche. Comune è anche la frazione CRB, mentre risultano scarsi i componenti ABC.

Tra le pedofigure vengono osservati diffusi accumuli secondari di ossidi di Fe-Mn in forma di noduli tipici intrapedali e raramente dendritici, oltre a rivestimenti e iporivestimenti, sviluppati per lo più intorno ai frammenti di ossa e, raramente, anche intorno ai granuli minerali o lungo le pareti dei pori (Figura II. 16c, d). Sono presenti inoltre scarsi accumuli secondari di sostanze fosfatice (Karkanas 2001), che diventano invece ampiamente diffusi nelle unità sottostanti (v. unità 14 più sotto). Tra le figure tessiturali si osservano scarsi rivestimenti di argilla polverosa intorno alle pareti dei vuoti, localmente in associazione con iporivestimenti di Fe-Mn (Figura II. 16c, d), e scarsi rivestimenti di argilla intorno ai singoli componenti minerali (Figura II. 16a, b). Sono inoltre presenti scarsi riempimenti sciolti discontinui di argilla, talvolta laminata, o composti da granuli di calcite/dolomite, quarzo e frammenti di selce (S) all'interno di canali e, localmente, di vuoti planari.

Unità 14

Come indicato in precedenza, l'unità 13 e l'unità 14 mostrano delle similitudini per quanto riguarda la composizione, la microstruttura e le pedofigure osservate. Anche l'unità 14 è infatti caratterizzata da una massa di fondo limo-argillosa complessa ed eterogenea, all'interno della quale sono riconoscibili intercalazioni di facies distinte, che confermano anche a livello microscopico la varietà osservata sul terreno (v. §5.1). Il materiale fine è di colore marrone, maculato e presente in quantità leggermente prevalente rispetto a quello grossolano (limite g/f a $4\ \mu\text{m}$). La distribuzione relativa g/f è per lo più porfirica, con spaziatura da singola a doppia o aperta. La *b-fabric* appare complessivamente indifferenziata, tuttavia si osservano anche delle variazioni locali di tipo monostriato e granostriato. Considerando tutte le facies in cui l'unità 14 è articolata, si osserva una variazione progressiva della microstruttura dal tetto alla base,

passando da poliedrica subangolare, debolmente sviluppata, a laminare, moderatamente sviluppata (v. Tabella II. H). L'unica eccezione è costituita dall'unità 14c, la quale è caratterizzata da una microstruttura a granuli singoli e/o a ponte (sul terreno, l'unità corrisponde a una serie di livelli alternati di limo e sabbia da fine a finissima; v. §5.1: Tabella II. F). In tutte le sotto-unità, si possono osservare localmente evidenze di attività biologica, tra cui l'azione di radici e la nidificazione ad opera di insetti e la conseguente occorrenza di microstrutture secondarie a canali (es. in 14a e 14e).

Tra i componenti identificati all'interno dell'intera unità prevalgono quelli della classe SIL, con comuni quarzi, feldspati (sia alcalini che plagioclasii), frammenti di selce e miche; a questi si aggiungono scarsi frammenti di arenaria, di rocce ignee e metamorfiche e di 'ciottoletti esotici' (v. §6.2.2 più sotto). Comune e ubiquitaria è anche la frazione CRB, che appare spesso molto alterata. I componenti della frazione ABC sono invece scarsi e solamente i frammenti di ossa sono stati identificati in tutte le facies; a questi si aggiungono scarsi fosfati (14b, 14f, 14e), escrementi (14a, 14e), frammenti di carbone (14b) e manufatti in selce e quarzite. Fa eccezione la sola facies 14c, dove CRB e ABC risultano assenti (v. Tabella II. G).

Le pedofigure identificate sono in parte simili a quanto osservato nell'unità 13. Risultano ubiquitari gli accumuli secondari di ossidi di Fe-Mn, in forma di noduli intrapedali irregolari tipici e talvolta dendritici, e di rivestimenti e iporivestimenti, per lo più sviluppati attorno ai frammenti di ossa e ai componenti fosfatici. L'occorrenza locale di materiale fine grigiastro nelle sotto-unità 14f e 14e indica inoltre una parziale deplezione degli ossidi di Fe-Mn, causata da una segregazione a breve distanza per idromorfismo dato da processi di ossidoriduzione (Lindbo, Stolt, e Vepraskas 2010:137–38). Sono riconosciuti anche accumuli secondari e impregnazioni di fosfati, che risultano però diffusi in quantità e posizioni disomogenee all'interno delle varie facies e che interessano componenti diversi. Sono presenti, in ordine di abbondanza: noduli amorfi subarrotondati e fortemente impregnati, rivestimenti e iporivestimenti attorno ad alcuni frammenti di rocce carbonatiche, aloni di reazione (Figura II. 16e, f) e sostituzioni (Figura II. 16g, h) tra il carbonato di calcio e i fosfati. Le pedofigure tessiturali sono comuni e includono: (a) rivestimenti discontinui di argilla arancione e marrone sui granuli minerali e sui frammenti di roccia, osservati in tutte le unità (Figura II. 13b); (b) rivestimenti limpidi, o localmente puntinati, di argilla arancione o giallastra (che localmente formano anche dei riempimenti), talvolta deformati e frammentati (14a, 14b e 14e) (Figura II. 16g); (c) rivestimenti limo-argillosi bruno-giallastri lungo le pareti dei vuoti planari e localmente dei canali (13, 14a e 14b) (Figura II. 14e, f); (d) rivestimenti di argilla ereditati e rimaneggiati, insieme a *papules* di argilla, localmente microlaminate e distribuite casualmente all'interno della massa di fondo (14f e 14e) (cf. unità 15: Figura II. 17a, b); (e) intercalazioni di argilla molto rare (14b). La diffusa presenza di pedofigure tessiturali all'interno di tutte le facies suggerisce che diverse fasi di migrazione dell'argilla hanno avuto luogo e che hanno interessato l'intero spessore dell'unità e del deposito stesso. Sono stati inoltre identificati

scarsi riempimenti discontinui all'interno di canali e, localmente, anche di vuoti planari. Alcuni riempimenti sono di chiara origine biogenica (es. escrementi di insetti), mentre altri, composti da granuli di calcite/dolomite, di quarzo e frammenti di selce (dimensioni della sabbia), suggeriscono una deposizione connessa alla circolazione delle acque carsiche.

Unità 15

L'analisi micromorfologica conferma le osservazioni di campo, evidenziando la presenza di caratteristiche diverse dell'unità 15 rispetto a quelle superiori. Se da un punto di vista compositivo la tipologia dei materiali rimane omogenea nell'intero deposito, sono stati invece riscontrati un leggero aumento nelle dimensioni dei componenti di origine geogenica e diverse variazioni nell'occorrenza delle pedofigure. La massa di fondo si presenta limo-argillosa, complessa ed eterogenea. Il materiale fine è di colore marrone, limpido e localmente maculato (limite g/f a 4 μm). La distribuzione relativa g/f è complessivamente porfirica chiusa, ma si osservano anche alcune aree con distribuzione g/furica, mentre la *b-fabric* appare granostriata e localmente indifferenziata. La microstruttura si presenta laminare, da debolmente a moderatamente sviluppata e separata. L'unità non sembra essere stata interessata da attività biologica. Tra i componenti identificati e comunemente diffusi prevale la frazione SIL, con comuni frammenti di selce, quarzi, feldspati e miche. Comune è anche la frazione CRB, mentre scarsi sono i componenti ABC. Le differenze rispetto alle unità superiori sono indicate dalle pedofigure, tra cui rientrano le tracce tipicamente connesse all'azione del gelo sui sedimenti e direttamente conseguenti all'attivazione dei cicli di gelo/disgelo (Van Vliet-Lanoë 1985, 2010). Tra le evidenze principali connesse a questo processo si osservano: (a) la microstruttura laminare e un'organizzazione spaziale a bande (Van Vliet-Lanoë 1982) (v. Figura II. 17); (b) la diffusa occorrenza di ricoprimenti polverosi di limo sui frammenti di roccia (selce e dolomia) (v. Figura II. 17); (c) la presenza di rivestimenti di argilla comuni, dispersi, rimaneggiati e distribuiti in maniera caotica (*papules*) (v. Figura II. 17a, b). Tra le pedofigure rientrano anche: comuni rivestimenti e noduli di fosfati, i quali risultano ubiquitari all'interno di una massa di fondo a sua volta fortemente arricchita in fosfati (v. Figura II. 17g, h); scarsi noduli impregnativi tipici di Fe-Mn e rivestimenti di ossidi di Fe-Mn intorno ai frammenti di ossa (v. Figura II. 18a-d).

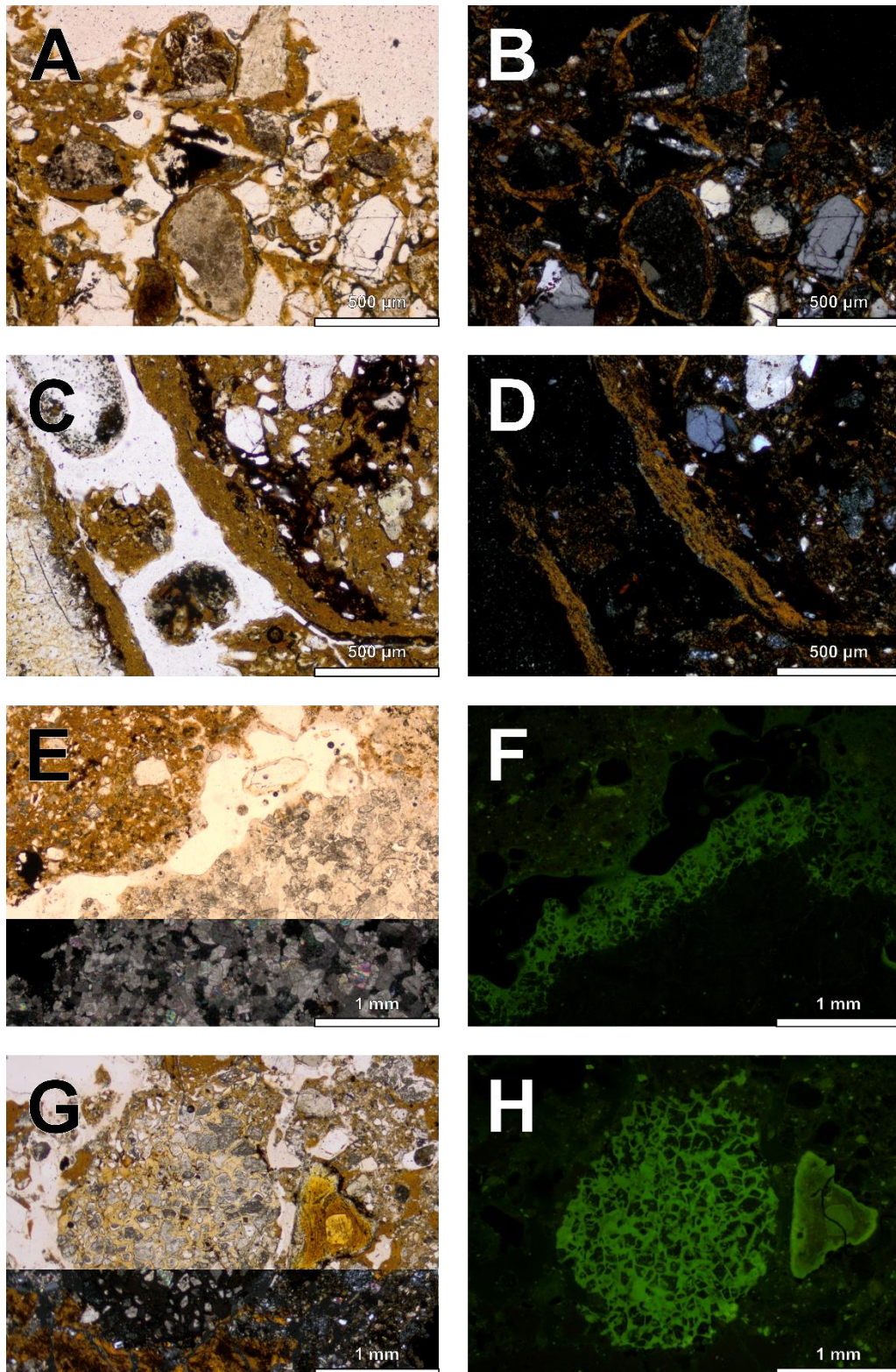


Figura II. 16. Ciota Ciara: microfoto delle pedofigure identificate nelle unità 13 e 14: (A) massa di fondo dell'unità 13 –da notare la *b-fabric* granostriata, PPL; (B) idem in XPL; (C) pedofigura giustapposta: rivestimenti di argilla polverosa lungo le pareti di un canale in associazione con iporivestimento di ossidi di Fe-Mn –da notare anche la presenza di noduli di Fe-Mn, unità 13, PPL (D) idem in XPL; (E) rivestimento/alone fosfatico su un frammento di dolomia, unità 14b, PPL; (F) idem in XPL; (G) componente arrotondato impregnato di fosfati secondari (sostituzione della calcite/dolomite) –da notare il rivestimento di argilla deformato e frammentato e il frammento di osso rivestito da ossidi di Fe-Mn, unità 14e, PPL (sopra) e XPL (sotto); (H) idem in BL.

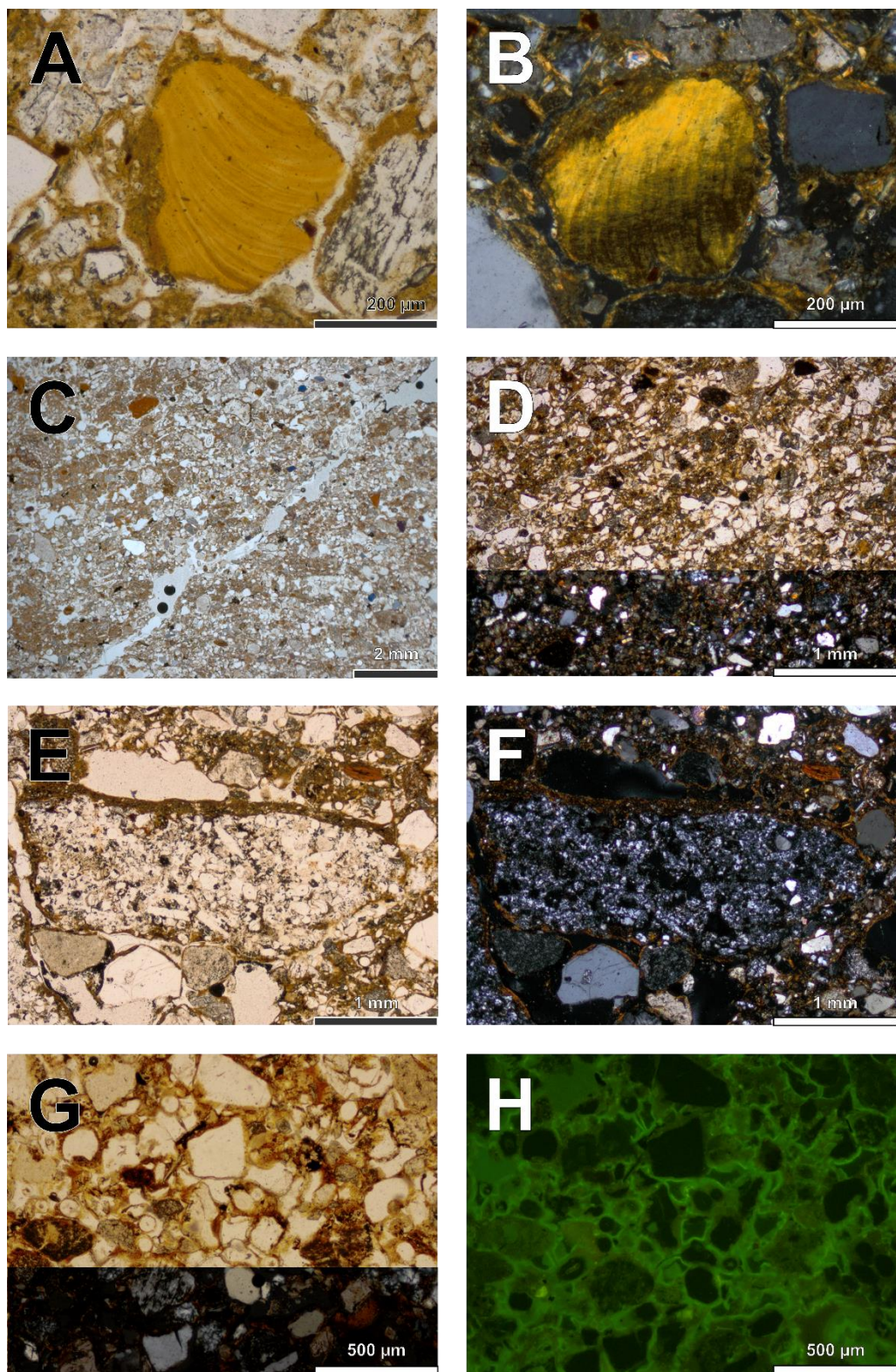


Figura II. 17. Ciota Ciara: microfotografia della struttura e delle pedofigure dell'unità 15: (A) frammento rimaneggiato di rivestimento di argilla limpida laminata ("*clay papule*"), unità 15, PPL; (B) idem in XPL; (C) dettaglio dell'organizzazione spaziale a bande vista con il microscopio ottico stereoscopico, unità 15, PPL; (D) idem al microscopio petrografico, unità 15, PPL (sopra) e XPL (sotto) (v. testo per dettagli); (E) ricoprimento di limo e argilla su un frammento di selce spongolitica, unità 15, PPL; (F) idem in XPL; (G) massa di fondo dell'unità 15 –da notare le sezioni perpendicolari delle spicole, PPL (sopra) e XPL (sotto); (H) idem in BL.

Tabella II. G Ciota Ciara: Principali caratteristiche micromorfologiche osservate nelle unità 13, 14 e 15 (I): microstruttura, porosità e micromassa (v. testo per dettagli)

TS	Unità	Microstruttura	Porosità	G/F		RIDP	Micromassa			
				limite	g:f		colore	comp.	aspetto	b-fabric
MFCC C06	13	poliedrica subang., deb. sviluppata; loc. spugnosa	comuni vuoti planari, deb. accom. e deformati; scarsi canali; molto scarsi vacui	4 µm	2:3	porfirica con spaziatura da singola a doppia o aperta	marrone	argilla	maculato	maculata, loc. granostriata, deb. sviluppata
MFCC C01 C07	14a	poliedrica subang., deb. sviluppata e separata; loc. a canali	scarsi vuoti planari, deb. accom., canali e camere; molto scarsi vacui	4 µm	3:2	porfirica con spaziatura da singola a doppia	marrone	argilla	maculato	indifferenziata, loc. monostriata e granostriata
MFCC C03	14b (alto)	poliedrica subang., mod. sviluppata e deb. separata	comuni vuoti planari, mod. accom.; molto scarsi vacui	4 µm	3:2	porfirica con spaziatura da singola a doppia	marrone	argilla	maculato	indifferenziata, loc. granostriata
	14b (basso)	poliedrica subang. deb. sviluppata e mod. separata	comuni vuoti planari, mod. accom.; molto scarsi vacui	4 µm	2:3	porfirica con spaziatura da singola a doppia	marrone	argilla	maculato	indifferenziata, loc. granostriata
MFCC C02	14c	microstruttura a grani singoli e a ponte	vuoti intergranulari complessi	4 µm	4:1	da chitonica a gefurica	bruno-giallastro	argilla	maculato	granostriata
MFCC C08	14f (alto)	laminare, deb. sviluppata; loc. poliedrica-subang. in formazione	scarsi vuoti planari, da mod. a ben sviluppati, paralleli all'interfaccia dell'unità	4 µm	1:3	porfirica con spaziatura da singola a doppia	marrone	argilla	maculato e puntinato	indifferenziata; granostriata deb. sviluppata
	14f (basso)	laminare, mod. sviluppata e separata	scarsi vuoti planari, mod. accom., paralleli all'interfaccia dell'unità; molto scarsi canali e vescicole	4 µm	2:3	porfirica con spaziatura da singola a doppia	marrone	argilla	maculato e puntinato	indifferenziata; granostriata deb. sviluppata, loc. maculata
MFCC C04	14e	laminare, mod. sviluppata e separata	scarsi vuoti planari, mod. accom., obliqui rispetto all'interfaccia dell'unità; scarsi vacui; molto scarsi canali e camere	4 µm	2:1	porfirica con spaziatura da singola a doppia	marrone	argilla	maculato e puntinato	indifferenziata; loc. granostriata
MFCC C05	15	laminare, mod. sviluppata e separata	scarsi vuoti planari da mod. a ben accom., vacui e vescicole	4 µm	3:2	porfirica a spaziatura chiusa, loc. gefurica	marrone	argilla	limpido	granostriata; loc. indifferenziata

Note: TS: sezione sottile; g/f: frazione grossolana/fine; RIDP: distribuzione relativa g/f; comp.: composizione; accom.: accomodati; deb.: debolmente; loc.: localmente; mod.: moderatamente; (sub-) ang.: angolare.

Tabella II. H Ciota Ciara: Principali caratteristiche micromorfologiche osservate nelle unità 13, 14 e 15 (II): componenti grossolani (v. testo per dettagli)

TS	Unità	SIL rocce	minerali	CRB rocce	minerali	ABC biogenici	antropogenici	OTH
MFCC C06	13	Comuni frr. subang di selce.; molto scarsi frr. subarr. di quarzite e arenaria	comuni quarzo e miche; scarsi feldspati	comuni frr. di dolomia molto alterata	comuni cristalli di calcite\dolomite	scarsi frr. subang. di ossa e fosfati	molto scarsi carboni	molto scarse <i>papules</i> di argilla
MFCC C01 C07	14a	Comuni frr. subang. di selce; scarsi frr. da subang. a subarr. di quarzite e arenaria	comuni quarzo, feldspati e miche; molto scarsa glauconite	molto scarsi frr. di dolomia molto alterata	comuni cristalli di calcite\dolomite	scarsi frr. subang. di ossa	<i>n.r.</i>	<i>n.r.</i>
MFCC C03	14b (alto)	Comuni frr. da subang. a subarr. di selce; scarsi frr. da subang. a subarr di arenaria	comune quarzo; scarse miche	comuni frr. di dolomia molto alterata	comuni cristalli di calcite\dolomite	scarsi frr. subang. di ossa e fosfati	scarsi carboni	<i>n.r.</i>
	14b (basso)	molto scarsi frr. da subang. a subarr di rocce mafiche; comuni frr. da subang. a subarr di selce; scarsi frr. subarr. di arenaria	comuni quarzo e miche	comuni frr. di dolomia molto alterata	comuni cristalli di calcite\dolomite	scarsi frr. subang. di ossa e fosfati	<i>n.r.</i>	<i>n.r.</i>
MFCC C02	14c	Frequenti frr. da subang. a subarr di selce	frequente quarzo; comuni feldspati e miche	<i>n.r.</i>	<i>n.r.</i>	<i>n.r.</i>	<i>n.r.</i>	scarse <i>papules</i> di argilla
MFCC C08	14f (alto)	Comuni frr. subang. di selce; scarsi frr. subarr. di arenaria e scisti	comuni quarzo, feldspati e miche	comuni frr. di dolomia mod. alterata	comuni cristalli di calcite\dolomite	scarsi frr. subang. di ossa e fosfati	<i>n.r.</i>	<i>n.r.</i>
	14f (basso)	Comuni frr. sub di selce; scarsi frr. subarr. di arenaria	comuni quarzo, feldspati e miche	comuni frr. di dolomia mod. alterata	comuni cristalli di calcite\dolomite	scarsi frr. subang. di ossa e fosfati	<i>n.r.</i>	molto scarse <i>papules</i> di argilla
MFCC C04	14e	Comuni frr. subang. di selce; scarsi frr. subarr. di arenaria	comuni quarzo, plagioclasio e miche	comuni frr. di dolomia mod. alterata	comuni cristalli di calcite\dolomite	scarsi frr. subang. di ossa, fosfati	molto scarsi manufatti (<i>débris</i> in selce)	molto scarse <i>papules</i> di argilla
MFCC C05	15	Comuni frr. subang. di selce; scarsi frr. subarr. di arenaria	comuni quarzo, feldspati e miche	scarsi frr. di dolomia mod. alterata	comuni cristalli di calcite\dolomite	scarsi frr. subang. di ossa e fosfati	<i>n.r.</i>	comuni <i>papules</i> di argilla

Note: TS: sezione sottile; Composizione: SIL (silicatica), CRB (carbonatica), ABC (biogenica e/o antropogenica), OTH (altro); (sub-)ang.: angolare; (sub-)arr.: arrotondato; fr(r): frammento (-i); *n.r.*: non rilevato

Tabella II. I. Ciota Ciara: Principali caratteristiche micromorfologiche osservate nelle unità 13, 14 e 15 (III): pedofigure (v. testo per dettagli)

<i>TS</i>	<i>Unità</i>	<i>Ossidi di Fe-Mn</i>	<i>Comp. Fosfatica</i>	<i>Tessitureali</i>	<i>Biogeo-niche</i>
MFCC C06	13	scarsi noduli neri impregnativi di Fe-Mn; scarsi rivestimenti e iporivestimenti di Fe-Mn attorno ai frammenti di ossa; scarsi iporivestimenti di Fe-Mn associati a scarsi rivestimenti di argilla polverosa	scarsi noduli fosfatici; scarsi riempimenti di fosfati amorfi	da scarsi a comuni rivestimenti di argilla polverosa lungo le pareti dei vuoti; scarsi rivestimenti di argilla attorno ai granuli minerali; scarsi riempimenti sciolti discontinui di argilla (loc. laminata) e/o di sabbia	<i>n.r.</i>
MFCC C01 C07	14a	scarsi noduli neri impregnativi tipici e dendritici di Fe-Mn; scarsi rivestimenti e iporivestimenti di Fe-Mn attorno ai frammenti di ossa	molto scarsi noduli fosfatici	scarsi riempimenti densi discontinui di argilla e/o sabbia; scarsi rivestimenti di argilla polverosa su granuli minerali e frammenti di roccia; scarsi rivestimenti di argilla deformati	escrementi
MFCC C03	14b (alto)	comuni noduli neri impregnativi tipici di Fe-Mn	scarsi rivestimenti fosfatici	scarsi rivestimenti di argilla deformati; molto scarse intercalazioni di argilla	<i>n.r.</i>
	14b (basso)	comuni noduli neri impregnativi tipici di Fe-Mn	scarsi rivestimenti fosfatici	scarsi rivestimenti di argilla deformati; scarse intercalazioni di argilla; molto scarsi rivestimenti di argilla polverosa lungo le pareti dei vuoti	<i>n.r.</i>
MFCC C02	14c	scarsi noduli neri impregnativi tipici e dendritici di Fe-Mn	<i>n.r.</i>	scarse figure pedologiche di svuotamento di argilla	<i>n.r.</i>
MFCC C08	14f (alto)	scarsi noduli neri impregnativi di Fe-Mn; scarsi rivestimenti di Fe-Mn su frammenti di ossa;	scarsi noduli fosfatici; molto scarsi rivestimenti fosfatici	scarsi rivestimenti di argilla deformati; scarsi rivestimenti di argilla polverosa lungo le pareti vuoti; scarsi riempimenti sciolti discontinui di argilla e/o sabbia; molto scarsi rivestimenti di argilla polverosa lungo le pareti dei vuoti; molto scarsi ricoprimenti di argilla polverosa su frammenti di roccia, poco sviluppati	<i>n.r.</i>
	14f (basso)	scarsi noduli neri impregnativi di Fe-Mn; scarsi iporivestimenti di Fe-Mn su frammenti di ossa	scarsi noduli fosfatici; molto scarsi rivestimenti fosfatici	scarsi rivestimenti di argilla deformati e frammentati	<i>n.r.</i>
MFCC C04	14e	scarsi noduli neri impregnativi di Fe-Mn	scarsi rivestimenti fosfatici	comuni rivestimenti di argilla deformati e frammentati; scarsi riempimenti sciolti discontinui di argilla e/o sabbia	escrementi
MFCC C05	15	scarsi noduli neri impregnativi tipici di Fe-Mn e rivestimenti di Fe-Mn attorno ai frammenti di ossa	comuni noduli fosfatici; comuni rivestimenti (e <i>rims</i>) fosfatici	comuni ricoprimenti di argilla polverosa su frammenti di roccia; scarsi rivestimenti di argilla polverosa attorno ai granuli minerali	<i>n.r.</i>

Note: TS: sezione sottile; Comp.: componente; loc.: localmente; *n.r.*: non rilevato

5.4.3 Analisi semiquantitativa sui frammenti ossei

Le osservazioni al microscopio petrografico hanno evidenziato un'elevata variabilità nelle dimensioni e nelle caratteristiche delle ossa riconosciute in sezione sottile. Sono stati identificati: frammenti sensibilmente ridotti nelle dimensioni come conseguenza di processi di alterazione fisica (poche decine di micrometri); frammenti alterati da degradazioni causate da agenti biologici e impregnazioni secondarie di fosfati (ossa digerite —Figura II. 18a, b); frammenti interessati da rivestimenti di ossidi di Fe-Mn e, molto raramente, da impatto termico. Contestualmente, è stato possibile riconoscere una relazione tra il grado di alterazione fisico-chimica delle ossa e lo sviluppo dei rivestimenti di ossidi di Fe-Mn, oggetto di un'analisi semiquantitativa (v. §4 per i parametri utilizzati). I risultati ottenuti (v. Figura II. 19) hanno evidenziato che nell'unità 13 il 40% dei frammenti ossei interessati da alterazione intensa presenta anche rivestimenti di ossidi di Fe-Mn (Figura II. 18c, d). La percentuale sale al 64% nell'unità 14 e raggiunge il 90% nell'unità 15, mentre scende a meno del 50% dove l'alterazione dei frammenti risulta scarsa o moderata (Figura II. 18e). Parallelamente, è stata rilevata anche una correlazione tra le dimensioni dei frammenti di ossa e l'occorrenza dei rivestimenti. Nell'unità 13, la maggior parte dei frammenti con dimensioni inferiori a 500 μm mostra un grado di alterazione parziale o intenso, ma assenza di rivestimenti (Figura II. 18). Al contrario, il grado di sviluppo e la continuità dei rivestimenti aumentano attorno ai frammenti con dimensioni più grandi (> 500 μm). La stessa tendenza viene osservata anche nelle unità 14 e 15, dove la percentuale dei frammenti con dimensioni superiori a 500 μm e rivestimenti di Fe-Mn ben sviluppati e continui raggiunge ca. il 90%.

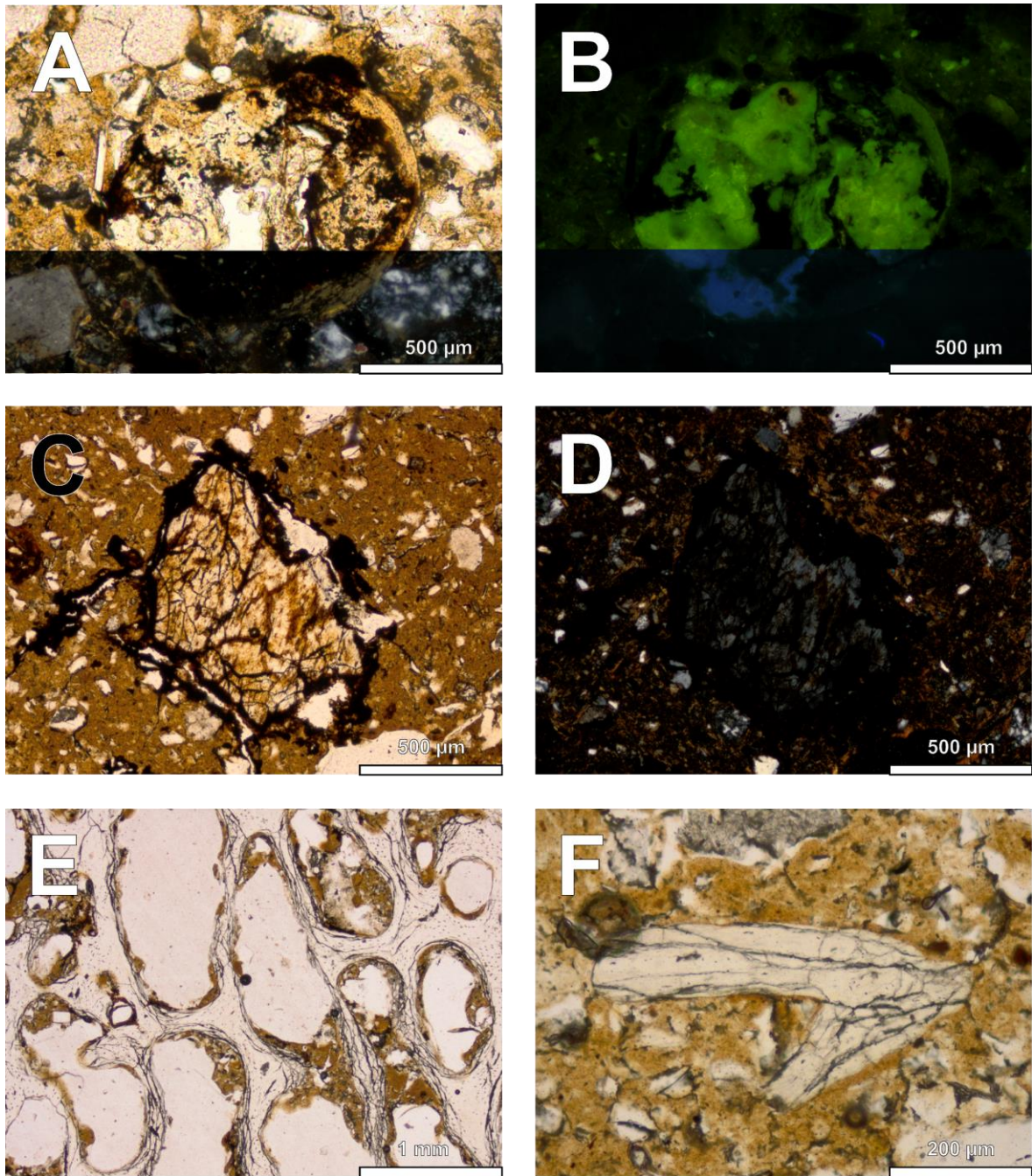


Figura II. 18 Ciota Ciara: microfotografie dei frammenti di ossa e delle pedofigure ad essi associate: (A) frammento di osso digerito e fosfatizzato con rivestimento discontinuo di ossidi di Fe-Mn, 14e, PPL (sopra) e XPL (sotto); (B) idem in BL (sopra) e UV (sotto); (C) frammento di osso alterato e disgregato con rivestimento continuo di ossidi di Fe-Mn, unità 13, PPL; (D) idem in XPL; (E) frammento di osso spugnoso ben conservato –da notare il materiale fine percolato all'interno dei pori, unità 14a, PPL; (F) frammento di osso poco alterato e privo di accumuli di sostanze secondarie, unità 14a, PPL.

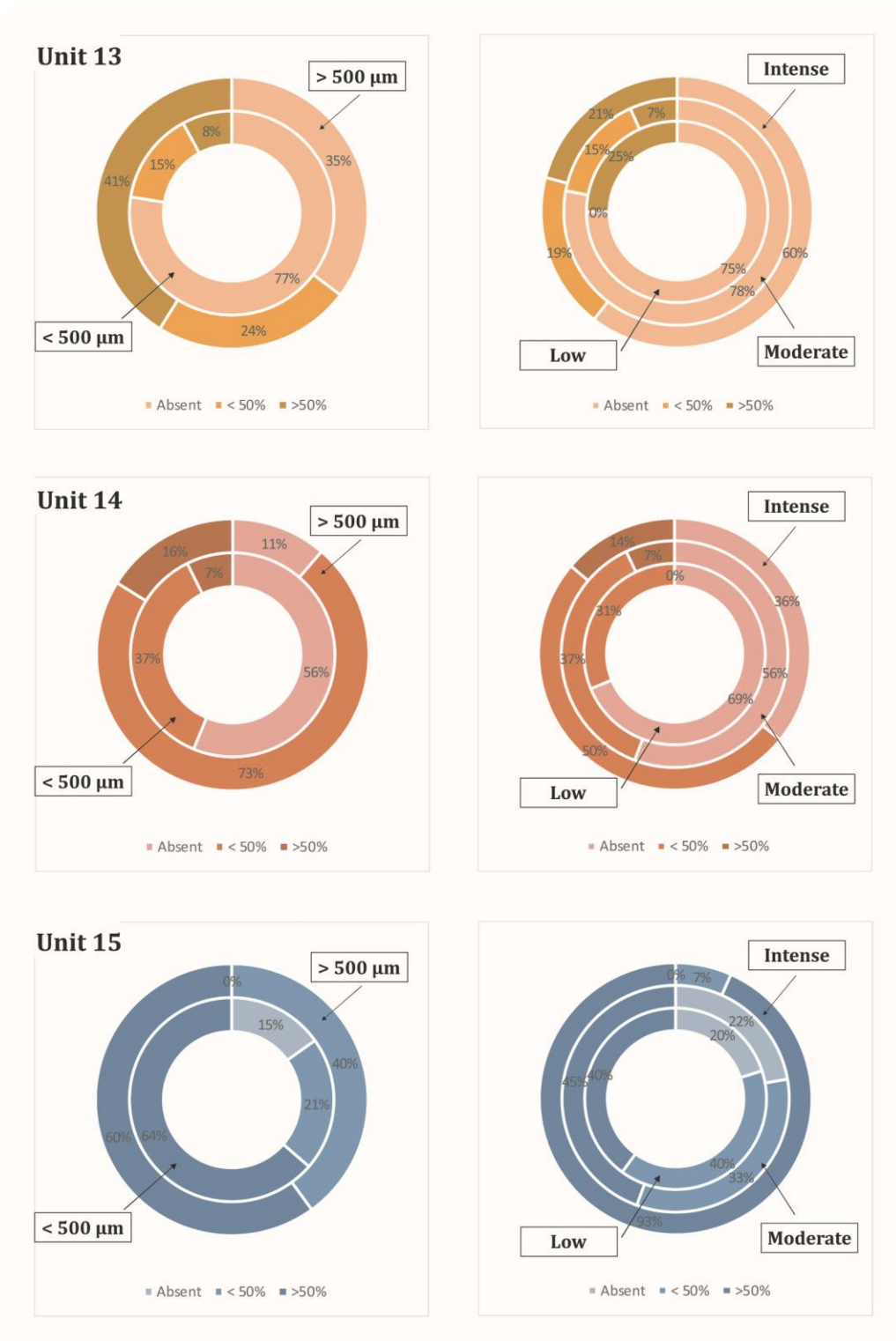


Figura II. 19 Ciota Ciara: presenza e sviluppo dei rivestimenti di ossidi di Fe-Mn sui frammenti di ossa osservati al microscopio petrografico: relazioni tra le dimensioni delle ossa (sinistra) e il grado di alterazione (destra), per le unità 13, 14 e 15. L'occorrenza e lo sviluppo degli ossidi di Fe-Mn sulla superficie delle ossa è indicata dalla sfumatura di colore e classificata secondo una scala a tre valori in: assente, moderata (<50%) e intensa (>50%); nel grafico a sinistra i cerchi corrispondono alle due classi dimensionali in cui sono stati suddivisi i frammenti, rispettivamente tra 60 e 500μm e superiori a 500μm; nel grafico a destra i cerchi corrispondono al grado di alterazione dei frammenti di ossa, classificata secondo una scala a tre valori in: assente, moderata (<50%) e intensa (>50%).

DISCUSSIONE

Nel presente capitolo vengono discussi i risultati ottenuti dagli interventi svolti sul terreno e dalle analisi di laboratorio, mettendoli in relazione anche con le conoscenze disponibili dagli studi pregressi. La descrizione sistematica delle caratteristiche sedimentarie dell'intera successione ha permesso di fare chiarezza in merito all'organizzazione stratigrafica e alla precedente suddivisione proposta sulla base delle evidenze riconosciute in fase di scavo. In genere, la varietà degli ambienti deposizionali naturali che si possono riscontrare in corrispondenza della zona atriale delle grotte è piuttosto limitata (v. Sez. II, §3.2), tuttavia, i principali agenti sedimentari attivi in questi contesti (acqua, vento, animali, uomini, etc.) possono modificare sensibilmente i sedimenti e le loro caratteristiche anche in momenti successivi alla loro deposizione, determinando una complicata interrelazione tra le caratteristiche primarie e quelle conseguenti al rimaneggiamento. Nel quadro di questa intricata commistione di componenti geogenici, biogenici e antropogenici, l'analisi micromorfologica si dimostra la tecnica maggiormente informativa, in quanto permette di riconoscere e isolare organizzazioni spaziali (*microfabrics*) tra loro distinte e spesso associate a pedofigure indicative sia dell'azione dei diversi agenti di diagenesi caratteristici dell'ambiente deposizionale, sia delle successive alterazioni postdeposizionali (Mallol e Goldberg 2017). In quest'ottica, le osservazioni effettuate sul terreno (v. §5.1) sono state correlate ai dati quantitativi e qualitativi ottenuti dalle analisi di laboratorio (v. §5.2 e §5.4), ponendo particolare attenzione allo studio delle articolazioni interne delle unità stratigrafiche riconosciute durante le operazioni di scavo. Le analisi micromorfologiche hanno quindi permesso di indagare aspetti prima trascurati o non riconoscibili sul terreno, ma fondamentali per la comprensione delle dinamiche deposizionali, della contestualizzazione del sito e per l'approfondimento dei dati ottenuti a partire dal 2009, nell'ambito delle nuove campagne di indagine interdisciplinare (v. §6.2 e §6.3 più sotto).

L'intervento geoarcheologico effettuato presso il deposito formatosi in corrispondenza della zona atriale a SW della grotta Ciota Ciara ha permesso di ottenere un numero cospicuo di nuovi dati riguardanti il sito nel suo complesso. Le indagini svolte risultano significative per la ricostruzione della storia formativa della successione stratigrafica ad oggi conservata e quindi della sequenza cronologica di cui essa è testimone. Dal punto di vista archeologico, questa può di fatto essere considerata come un *unicum* nell'ambito delle ricerche sull'occupazione umana in Piemonte per l'arco temporale che precede l'ultima glaciazione. Al contempo, il suo studio ha messo in luce alcune lacune che hanno inevitabilmente limitato la comprensione di alcuni aspetti deposizionali, per lo più connesse alla mancanza di una previa contestualizzazione dettagliata della grotta e dei suoi depositi, nonché alla carenza di informazioni stratigrafiche riferibili alle

indagini precedenti. Malgrado queste limitazioni esterne, i risultati ottenuti permettono di approfondire il livello delle conoscenze ad oggi note e di suggerire alcune nuove direzioni verso cui indirizzare le future ricerche e i metodi di intervento (v. discussione in Sez. IV, §1.4).

6.1 Organizzazione stratigrafica

La disposizione stratigrafica e le sue caratteristiche sedimentarie indicano che il deposito che ha riempito la zona atriale situata all'entrata SW della grotta proviene dall'interno della medesima. Le principali dinamiche deposizionali riconosciute risultano infatti connesse allo scorrimento di flussi concentrati di materiale preso in carico dalle acque del reticolo carsico interno e successivamente depositato nella zona atriale. Questi sarebbero quindi responsabili della deposizione della frazione fine e, al contempo, del rimaneggiamento di parte dei frammenti di roccia precedentemente accumulatisi in seguito alla degradazione delle pareti e della volta della grotta. Un ruolo marginale, ma comunque riconoscibile a livello microstratigrafico, è stato svolto anche da ulteriori eventi deposizionali occasionali connessi allo scorrimento di acque superficiali mediante meccanismi trattivi. Non si osservano, invece, tracce di processi alluvionali e fluviali di carattere endocarsico a scala più ampia.

La successione stratigrafica conservata indica quindi un accumulo di sedimenti determinato da una serie di eventi consecutivi e in parte distinguibili. Al contempo, la mancanza di superfici di discontinuità particolarmente significative tra le unità suggerisce che la loro deposizione sia avvenuta ad un ritmo regolare e che abbia permesso l'istaurarsi di brevi fasi di stabilizzazione superficiale. A conferma di ciò, nelle unità superiori, si osservano anche lo sviluppo di una microstruttura poliedrica, seppure debole, e la presenza di componenti connessi al rimaneggiamento e al dilavamento di suoli (pedorelitti) precedentemente sviluppatasi a quote più elevate sulla sommità del monte e lungo i suoi versanti. Allo stesso modo, anche le tracce lasciate dai processi postdeposizionali sarebbero da ricondursi a cambiamenti graduali, i quali potrebbero rappresentare l'espressione diretta delle fluttuazioni climatiche impresse nei sedimenti (Angelucci et al. 2018; Goldberg 1979).

Complessivamente, il deposito mostra le caratteristiche tipiche dei sedimenti clastici di grotta e dei ripari sottoroccia di ambiente carsico, caratterizzati da una frazione grossolana inglobata all'interno di materiale fine interstiziale e scarsa selezione tessiturale (v. ad es. Bailey e Woodward 1997; e Woodward e Goldberg 2001 per altre evidenze note all'interno dell'area mediterranea). Riguardo alla genesi della cavità carsica, ci si limita a ricordare che risulta controllata dal limite di permeabilità garantito dalle formazioni sottostanti alla Dolomia di San Salvatore, all'interno della quale si sviluppa l'intero sistema carsico. Benché non vi siano nuovi dati a riguardo, nondimeno questo studio mette in evidenza che, a partire dal Pleistocene Medio, la zona atriale ha funzionato come una risorgenza carsica correlata al drenaggio

delle acque vadose (v. ad es. Ford e Williams 2007), come del resto osservabile ancora oggi. La ricostruzione di queste dinamiche formative e dei processi postdeposizionali presenta chiaramente implicazioni dirette anche sul registro archeologico, dal momento che parte dei resti paleontologici e dei manufatti ha quindi inevitabilmente subito degli spostamenti, seppur a breve distanza.

6.2 Apporti e dinamiche sedimentarie

6.2.1 Apporto autoctono

Il materiale autoctono è costituito da clasti di dolomia e di calcare locale, a cui si aggiungono cristalli isolati di calcite/dolomite, derivanti dall'alterazione meccanica di queste litologie (CRB). Considerata la natura della roccia e le caratteristiche sedimentarie del deposito, i granuli minerali (dimensioni del limo e della sabbia) derivanti dai processi di disaggregazione postdeposizionale dei clasti vengono considerati congiuntamente a quelli prodotti dai processi sin-deposizionali che negli ambienti di grotta agiscono costantemente sul substrato roccioso (v. ad es. Donahue e Adovasio 1990; Goldberg e Arpin 1999). Per quanto riguarda la deposizione dei clasti, questa si configura come la diretta conseguenza di fenomeni distacco che hanno interessato la volta e le pareti della grotta, sia in corrispondenza della zona atriale sia nelle sue parti più interne, in associazione ad un rimaneggiamento a breve distanza attraverso le gallerie costituenti il sistema carsico. In tutte le unità è stata osservata la presenza di clasti eterometrici (fino a diversi metri sul terreno e $> 0,5$ mm in sezione sottile), con selezione scarsa, disposizione caotica e forma da angolare (crolli) a subangolare (per diagenesi e/o trasporto). L'unica eccezione è costituita dall'unità 14c, all'interno della quale le dimensioni massime dei componenti non superano la classe dimensionale delle sabbie (v. Tabella II. H). In corrispondenza del passaggio tra l'unità 14 e l'unità 15 si osserva una disposizione orizzontale dei clasti al tetto della seconda. L'orientamento sub-orizzontale dei frammenti di calcare risulta qui particolarmente evidente ed è indicativo del passaggio tra le due unità. Complessivamente, all'interno del deposito, l'orientamento dei clasti segue anche per le altre unità la loro disposizione. La distribuzione verticale dei clasti attraverso la successione indica, tuttavia, un incremento nella loro frequenza nelle unità basali e approssimandosi al substrato roccioso (unità 15 e 16). Al contrario, nelle unità superiori si osserva una predominanza della frazione fine. I processi gravitativi sono stati particolarmente attivi in corrispondenza delle fratture che insistono sulle volte rocciose che sovrastano le due entrate della grotta, le quali hanno costituito un luogo preferenziale di distacco rispetto ai passaggi interni. Le cause responsabili per questi accumuli sono da identificarsi nei processi di dissoluzione che tipicamente interessano le rocce carbonatiche negli ambienti carsici e nella disaggregazione del substrato, come conseguenza diretta

dello scarico di tensioni e della frantumazione naturale, in parte connesse anche ad episodi sismici⁵⁶ o movimenti tettonici. In molti casi la caduta dei massi di dimensioni elevate può essere innescata anche dal ritiro dei versanti, causato dall'erosione laterale, e dalla conseguente retrocessione della linea di pioggia; tuttavia alla Ciota Ciara il ritiro non sembra essere stato così significativo.

Il significato paleoambientale della frazione grossolana

L'assunto comune negli studi di fine XIX secolo correlava direttamente le variazioni sedimentologiche all'interno dei depositi di grotta alle fluttuazioni climatiche, attribuendo allo studio della frazione angolare grossolana un ruolo fondamentale nella ricostruzione paleoambientale. Questa valenza è stata ampiamente discussa in letteratura (v. Bailey e Woodward 1997:62–64), pertanto ci si limita qui a riportare solamente che le dinamiche di accumulo dei sedimenti e i processi postdeposizionali attivi negli ambienti di grotta presentano caratteristiche specifiche raramente riproducibili con la stessa intensità, diffusione e scansione cronologica all'interno di contesti e cavità diverse, anche se tra loro simili. Nelle grotte sviluppate in calcare e dolomia si osserva spesso l'alterazione della roccia del substrato, la quale può essere facilmente veicolata anche dalle variazioni di temperatura e umidità conseguenti a cambiamenti stagionali o climatici (Mallol e Goldberg 2017). Presso la Ciota Ciara, tuttavia, non è stata individuata alcuna evidenza che possa essere ricondotta a processi specifici di degradazione in tal senso (Angelucci et al. 2018). Se a livello microscopico sono state rilevate localmente tracce dell'azione dei cicli di gelo/disgelo (v. §5.4.2), sono invece assenti evidenze a livello macroscopico; di conseguenza, non possono essere valutati nemmeno gli effetti dell'azione del gelo sulla roccia madre. Inoltre, l'assenza di evidenze come le placchette gelive potrebbe essere connessa alle caratteristiche dello stesso substrato roccioso, che si presenta con stratificazione massiccia, proprio come spesso accade alle rocce dolomitiche. A questo si aggiungono gli effetti dei processi postdeposizionali sui clasti, quali ad esempio l'accumulo di sostanze fosfatiche secondarie, la diagenesi e la dissoluzione del CaCO₃, che ne hanno sensibilmente alterato la morfologia e l'abbondanza. Quindi, se un'influenza determinata dall'alternanza di condizioni secco/umide all'interno della grotta non possa essere esclusa (Farrand 2001), alla distribuzione degli *éboulis* non può essere al momento attribuito alcun significato paleoclimatico o paleoambientale specifico. Le variazioni laterali nelle dimensioni e nelle forme dei frammenti di roccia potrebbero infatti dipendere esclusivamente dalla morfologia della zona atriale della grotta e dalla variabilità della struttura del substrato roccioso, come comunemente si osserva in molti altri contesti di grotta (v. ad es. Angelucci e Zilhão 2009; Bailey e Woodward 1997).

⁵⁶ Episodi sismici sono segnalati da tradizioni orali anche per periodi più recenti: la stessa apertura della zona atriale a SE (*Finestra*) sarebbe conseguenza di un terremoto verificatosi in epoca tardoantica.

6.2.2 Apporti alloctoni

L'apporto alloctono deriva dall'azione dei processi connessi alla circolazione delle acque carsiche e quindi ai materiali da esse presi in carico; a questi vanno aggiunte le componenti biogeniche e antropogeniche accumulate direttamente in corrispondenza del deposito, le quali verranno però trattate separatamente (vedi sotto). I componenti geogenici più comuni sono frammenti di roccia di varia natura e affetti da diversi gradi di alterazione, in associazione ai minerali derivanti dalla loro disgregazione (SIL). La loro provenienza è da ricercarsi principalmente nelle formazioni sedimentarie mesozoiche che alimentano la parte superiore del sistema carsico della grotta Ciota Ciara. La litologia dominante è la selce, proveniente dalla formazione dei "Calcari Spongolitici", testimoniata anche della diffusa presenza di spicole di spugna all'interno della frazione fine (Figura II. 20a, b). Seguono frammenti di arenaria ("Arenarie di San Quirico"), comunemente osservati sul terreno e dalla cui disgregazione derivano anche alcuni minerali (quarzo, feldspati, miche e occasionalmente anche anfiboli e pirosseni), identificati come costituenti comuni di queste rocce (v. Beltrando et al. 2015). Complessivamente, l'origine di gran parte dei minerali descritti nella classe SIL depositati all'interno della grotta è detritica ed è da ricercarsi nella disgregazione fisico-chimica dei frammenti di roccia presi in carico dalle acque della rete carsica (Figura II. 20c-e). Tuttavia, considerata la forma arrotondata e i contorni ben levigati di alcuni granuli minerali, specialmente di quarzo (Figura II. 20f-g), non si può escludere che parte della frazione silicoclastica possa in realtà derivare in primo luogo da apporti eolici, poi rimaneggiati da processi sin- e postdeposizionali e quindi inglobati all'interno di altri sedimenti prima della deposizione presso la zona atriale. La presenza di miche, così come di quarzo di origine eolica delle dimensioni del limo, è inoltre caratteristica comunemente osservata all'interno dei depositi di grotta, mentre è generalmente più raro individuare livelli propriamente distinti e esclusivamente composti di loess (Mallol e Goldberg 2017). Condizione più comune, e plausibile anche per la Ciota Ciara, è che questa frazione fosse precedentemente incorporata all'interno di altri sedimenti e suoli superficiali (OTH), successivamente dilavati all'interno della grotta (v. ad es. Goldberg et al. 2007; Sherwood 2001). A supporto dei dati micromorfologici intervengono però anche quelli tessiturali, i quali sembrano effettivamente indicare un contributo eolico nella formazione di alcuni strati (v. §5.2.1) e, quindi, suggerire che il deposito conservato sia comunque almeno in parte costituito da loess. Questa condizione è nota anche per altri siti in grotta e ripari sottoroccia, tra cui si possono citare la Grotta di Fumane (Cremaschi et al. 1986) e il Riparo Tagliente (Fontana et. al 2009); va inoltre tenuto in considerazione che durante il Pleistocene l'accumulo di loess era attivo nella pianura padana e lungo il margine meridionale delle Alpi (Costantini et al. 2018, Cremaschi 1990a; Cremaschi 1990b).

Con minore abbondanza, ma comunque sistematicamente ritrovati in diverse posizioni stratigrafiche del materiale nei riempimenti delle grotte del Monte Fenera (Ciota Ciara, Ciotarùn e Belvedere), vi sono i cosiddetti 'ciottoletti esotici'. Questa definizione viene utilizzata per la prima volta da Fedele (1966) per

indicare la loro natura alloctona rispetto alle formazioni geologiche attraversate dal sistema carsico. Si tratta di ciottoli con un elevato grado di arrotondamento, forma prevalentemente ellittica e dimensioni medie inferiori a 2 cm. Dal punto di vista petrografico sono identificabili con rocce ignee mafiche e ultramafiche e rocce metamorfiche (Figura II. 21a-d), per lo più serpentiniti, anfiboliti, quarziti, gneiss e vulcaniti acide. Questi ciottoli hanno attirato l'attenzione degli archeologi a partire dalle prime indagini del XX secolo e molto si è dibattuto sulla loro provenienza. È da escludersi un'origine glaciale di età pleistocenica, come inizialmente suggerito da Conti (1960), in quanto i ritrovamenti si collocano a quote superiori rispetto a quelle raggiunte dai ghiacciai alpini quaternari in quest'epoca (Sacco 1930). Se la presenza di ciottoli arrotondati e sabbie è comune nei sistemi carsici sviluppatasi in aree interessate dalle glaciazioni quaternarie, lo stesso non si può dire per le aree che da queste non sono state raggiunte. In realtà, la loro origine può però essere ricercata nei processi innescati dall'orogenesi alpina. In accordo con quanto proposto da Fantoni e Fantoni (1991:19–21), si tratterebbe infatti di residui derivanti dall'erosione della copertura sedimentaria miocenica diffusa in tutte le Alpi Meridionali, in gran parte asportata come conseguenza del sollevamento tettonico e della successiva erosione durante il Pliocene e il Pleistocene.

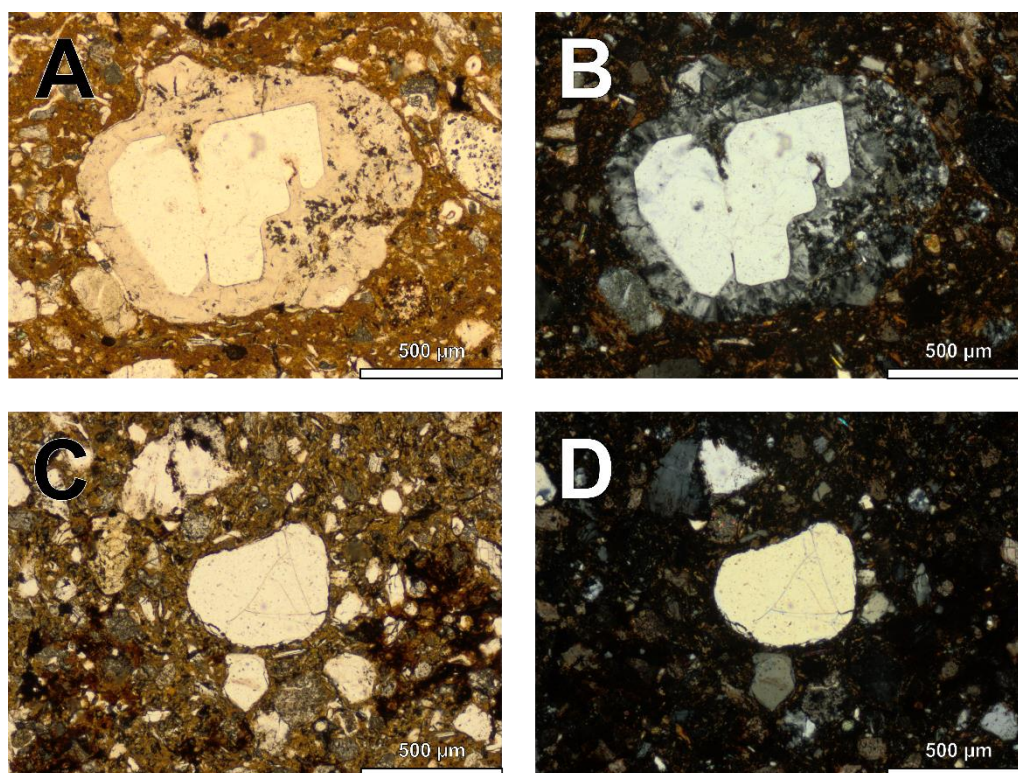


Figura II. 20. Ciota Ciara: microfoto di alcuni componenti grossolani alloctoni (SIL): (A) frammento di roccia subarrotondato derivante dalla disgregazione di rocce magmatiche (o dell'arenaria) e successivamente inglobato all'interno del deposito (in conseguenza del trasporto all'interno del sistema carsico) –da notare il fenocristallo di quarzo con golfi di riassorbimento lungo i bordi, unità 14b, PPL; (B) idem in XPL; (C) cristallo arrotondato di quarzo; da notare anche la presenza dei feldspati all'interno della massa di fondo, unità 14f, PPL; (D) idem in XPL

Le analisi micromorfologiche hanno inoltre permesso di identificare la presenza di ‘pedorelitti’ e ‘papules’⁵⁷ (OTH), tipicamente riconoscibili in sezione sottile in quanto privi di orientamento e distribuiti in maniera caotica all’interno della massa di fondo. Entrambi i componenti sono indicativi di suoli/sedimenti formati altrove e interessati da un successivo rimaneggiamento. Nel caso della Ciota Ciara, questi derivano probabilmente dall’erosione di formazioni pedogenetiche precedentemente sviluppate sul crinale e sulla sommità del monte, i cui resti sono stati dilavati e quindi trasportati dall’acqua all’interno del sistema carsico. Non è possibile stimare con precisione l’entità degli apporti, dal momento che non sono disponibili dati sufficienti concernenti i suoli e i sedimenti depositatisi sui versanti del Monte Fenera.

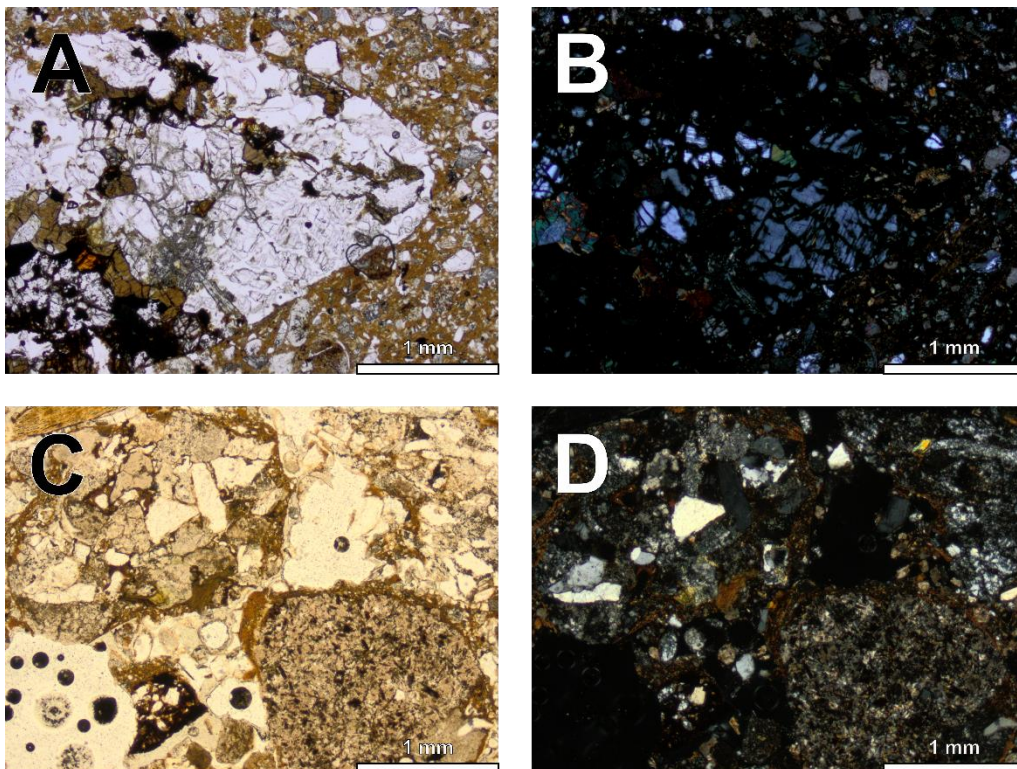


Figura II. 21. Ciota Ciara: microfoto dei “ciottoletti esotici” (v. testo): ciottolo arrotondato di roccia ignea mafica, unità 14b, PPL; (B) idem in XPL; (C) frammento arrotondato di roccia metamorfica (in alto a sinistra) e ignea (in basso destra), unità 15, PPL; (D) idem in XPL.

6.2.3 Apporti biogenici e antropogenici

I componenti di origine biogenica e antropogenica comprendono diverse categorie di materiali (ABC). Per il deposito in questione, le osservazioni hanno indicato che i manufatti litici, i frammenti di carbone e di ossa bruciate sono da considerarsi antropogenici. Il dato micromorfologico ha tuttavia evidenziato un’occorrenza molto limitata di questi costituenti in tutte le unità analizzate e solamente i manufatti litici

⁵⁷ *sensu* Brewer, 1976

(v. ad es. Figura II. 15e-h) presentano un corrispettivo nel registro archeologico (v. §3.5). Gli altri componenti di questa classe di materiali sono, invece, da considerarsi di origine esclusivamente biogenica: si tratta di scarsi escrementi, sia di carnivori che di erbivori, sempre fortemente alterati, e di frammenti di ossa non bruciate, comunemente diffusi all'interno di tutte le unità archeologiche (Figura II. 18). Oltre all'abbondanza, per questa categoria di materiali risulta diagnostica anche l'elevata varietà nel grado di conservazione, la quale ha permesso di approfondire lo studio della storia postdeposizionale dell'intera frazione biogenica. L'osservazione al microscopio e il conteggio dei frammenti di ossa hanno infatti permesso di identificare una serie di caratteristiche distintive ricorrenti che indicano la presenza di quattro diversi gruppi, di seguito riportati in ordine di abbondanza crescente: (1) frammenti che presentano tracce di impatto termico, chiaro marcatore antropico (molto scarsi); (2) frammenti che risultano sensibilmente ridotti nelle dimensioni (non superano mai le decine di micrometri), i quali non presentano tracce di alterazione e impregnazioni secondarie di fosfati e la cui origine potrebbe quindi essere connessa al calpestio o a altri processi di frantumazione; (3) altri frammenti di dimensioni ridotte, che invece mostrano evidenze di alterazione e impregnazione e, in alcuni casi, anche importanti tracce di degradazione causate da agenti biologici (si potrebbe trattare di ossa digerite, di escrementi o di resti provenienti da boli di uccelli rapaci); (4) una frazione consistente di frammenti che presentano rivestimenti o diversi gradi di impregnazione di ossidi secondari di Fe-Mn. Considerata l'eterogeneità di questi componenti sono state eseguite delle analisi quantitative finalizzate a valutare l'esistenza di correlazioni tra le dimensioni delle ossa (suddivise quindi in due gruppi dimensionali con limite posto a 500 µm), il loro grado di alterazione e il correlato sviluppo di rivestimenti di ossidi di Fe-Mn. In tutte le unità i risultati hanno evidenziato impregnazioni di ossidi più intense in corrispondenza di frammenti con dimensioni maggiori (>500 µm) e, parallelamente, di quelli con gradi di alterazione più avanzati (in particolar modo nell'unità 15) (v. §5.4.3). Questi dati indicano un'elevata variabilità nelle caratteristiche presentate dai frammenti rinvenuti all'interno delle unità 13, 14 e 15 e suggeriscono quindi che le ossa, in realtà, non appartengano ad un unico insieme omogeneo: una frazione è stata probabilmente depositata direttamente in corrispondenza della zona atriale ed è quindi da considerarsi in giacitura primaria, mentre altre hanno origini diverse e hanno raggiunto il deposito solo in seguito a processi di trasporto a breve distanza, per lo più a partire dalle parti più interne della grotta. Va inoltre tenuto in considerazione che parte dei frammenti di ossa possono anche appartenere a animali che non hanno vissuto direttamente all'interno della grotta, bensì nelle sue vicinanze, oltre ad un'ulteriore frazione (con dimensioni più contenute) che deriva probabilmente dalla disgregazione dei boli rigurgitati dagli uccelli rapaci. A questo si aggiungono gli studi tafonomici effettuati sui resti di orso delle caverne, che hanno messo in evidenza gradi di conservazione differenziali con frammenti non alterati o ben conservati e altri fortemente mineralizzati, supportando l'ipotesi di una diversa provenienza dei medesimi (Buccheri et al. 2016; López-González, Grandal-d'Anglade, e Vidal-Romani 2006). L'elevato numero di ossa di orso rinvenute è anche indice di un'intensa frequentazione della grotta

da parte di questi animali, utilizzata quindi come riparo durante i periodi di ibernazione. Gli orsi sono inoltre responsabili della deposizione di molti altri materiali connessi alle loro attività (ad es. rifiuti, escrementi, fango derivante dalla degradazione delle loro tane, etc.) e di alcune tracce di alterazione fisica impresse sul substrato roccioso o in corrispondenza dei limiti superiori degli strati con cui interagiscono (ad es. calpestio, buche, cunicoli, etc.) (Braillard et al. 2004; Stiner, Arsebük, e Howell 1996). Comunemente, si ritiene che l'uomo e l'orso delle caverne non abbiano mai convissuto all'interno delle grotte, ma che si siano alternati in stagioni diverse (Stiner et al. 1996). La presenza di questi animali deve quindi essere tenuta in considerazione sia come fonte di deposizione primaria, ma anche come agente sin- e postdeposizionale in grado di obliterare evidenze precedenti, anche connesse alle attività antropiche (ad es. focolari, superfici di occupazione, etc.), e quindi di alterare la distribuzione spaziale dei resti precedentemente depositati, mescolando evidenze di periodi diversi (Mallol e Goldberg 2017).

All'interno delle grotte, i componenti antropogenici costituiscono comunque solo eccezionalmente dei depositi isolati, mentre si rinvencono generalmente in associazione a sedimenti geogenici e biogenici presenti in quantità superiori. Inoltre, parte del materiale è spesso trasportato inconsciamente dall'uomo, come ad esempio polvere e particelle di suolo attaccate a pellicce e resti vegetali (Farrand, 2001), e può quindi essere facilmente spostato come conseguenza delle attività svolte all'interno della grotta, sia dall'uomo che dagli animali (v. sopra). Il riconoscimento di superfici di occupazione, o delle loro trasformazioni, implica quindi un'accurata caratterizzazione dell'organizzazione spaziale originale all'interno del deposito, spesso difficile da ottenere in siti prevalentemente formati da materiale sedimentario geogenico, come nel caso delle grotte. Anche per quanto concerne la Ciota Ciara non è stato infatti possibile riconoscere alcuna traccia di strutture antropiche⁵⁸ o di superfici di occupazione (v. modello proposto da Gé et. al 1993) né sul terreno né nelle evidenze microscopiche, ma il ritrovamento di un abbondante insieme litico ben articolato rimane comunque un chiaro indicatore della frequentazione umana presso il sito.

6.2.4 Dinamiche sedimentarie

Per la ricostruzione delle dinamiche sedimentarie è risultata maggiormente diagnostica l'evidenza sul terreno, dal momento che le organizzazioni spaziali osservate al microscopio sono spesso mascherate da microstrutture secondarie di origine pedogenetica e dalle evidenze postdeposizionali marcatamente impresse nei sedimenti (es. bioturbazione). Sulla base dei dati di campo (v. §5.1), la maggior parte delle unità presenta le caratteristiche tipiche dei sedimenti di versante comparabili con le colate fluidificate, la cui deposizione è dovuta a processi di natura mista, per lo più gravitativi in associazione allo scorrimento dell'acqua e con concentrazioni di sedimento da medie ad alte (Bertran e Texier, 1999). Il risultato è la

⁵⁸ Fa eccezione il focolare isolato, scavato prima dell'inizio degli interventi geoarcheologici (Arnaud et al. 2014).

disposizione caotica, massiva e disorganizzata che caratterizza tutte le unità analizzate e che è tipicamente riconducibile a dinamiche di accumulo quali colate detritiche e di fango (Coussot e Meunier 1996). Fa eccezione la sotto-unità 14c, la quale corrisponde ad un'intercalazione di materiale fine depositato dall'azione di scorrimento superficiale (*run-off*) o da altri meccanismi trattivi esercitati dall'acqua proveniente dall'interno della rete carsica. L'aspetto laminato (limo e sabbia fine e finissima) che si può osservare è conferito dalle variazioni granulometriche conseguenti alla diminuzione dell'energia del mezzo deposizionale. Il trasporto di sedimenti fini a bassa energia è un processo comunemente osservato negli ambienti di grotta e di riparo sottoroccia, soprattutto in corrispondenza di depositi preistorici le cui fonti sedimentarie sono in parte derivanti da altipiani situati a quote più elevate (v. ad es. Goldberg e Bar-Yosef 1998; Sherwood et al. 2004). Generalmente, i prodotti di questi processi sono osservabili al microscopio nello sviluppo di *microfabrics* caratterizzate da una micromassa a composizione argillosa associata a laminazioni di sabbia o limo derivanti dalla disgregazione della roccia del substrato e dei suoli circostanti, le cui caratteristiche possono variare notevolmente a seconda dell'energia dell'agente deposizionale e dei successivi processi postdeposizionali (Mallol e Goldberg 2017). Dalle osservazioni di campo, la stessa unità 14c sembra essere stata interessata da strutture sedimentarie deformative di iniezione (v. ad es. Araújo-Gomes 2013). Complessivamente, il deposito conservato presso la zona atriale a SW può essere invece ricondotto a dinamiche di sedimentazione colluviale, un processo piuttosto diffuso all'interno delle grotte situate nell'area Mediterranea (Angelucci et al. 2017; Inglis et al. 2018; Woodward e Goldberg 2001). I sedimenti provengono dal sistema carsico interno e la fonte primaria che alimenta la frazione fine è da ricercarsi nelle coperture sedimentarie precedenti e nella degradazione della roccia madre. Questa situazione risulta anche indicatrice della destabilizzazione dell'ambiente circostante (Inglis et al. 2018) all'interno di un contesto climatico umido. Al contempo i dati tessiturali e micromorfologici sembrano indicare anche una deposizione eolica, suggerendo che il deposito sia, almeno in parte, costituito da loess.

6.3 Processi postdeposizionali

I processi postdeposizionali identificati in tutte le unità, già a partire dalle osservazioni sul terreno, includono l'alterazione e la diagenesi selettiva di componenti naturali e archeologici, l'idromorfismo e l'accumulo secondario di sostanze solubili. Le analisi micromorfologiche hanno inoltre permesso di riconoscere alcune tracce connesse all'azione del gelo in corrispondenza delle unità basali (in particolare nell'unità 15), le quali suggeriscono condizioni climatico-ambientali diverse rispetto a quanto evidenziato per la porzione superiore della stratificazione.

I frammenti carbonatici inglobati all'interno del deposito (CRB) presentano gradi di conservazione differenziali, connessi all'alterazione fisica e ai processi diagenetici attivi all'interno della grotta (dissoluzione, sostituzione e ricristallizzazione). Tale situazione determinata è da diverse condizioni di circolazione

e saturazione d'acqua in corrispondenza della zona atriale e proveniente da fonti direttamente connesse al sistema interno. Non sono state invece riconosciute evidenze diagnostiche di ulteriore mobilitazione di CaCO_3 secondario (cementazione del sedimento o formazione di brecce), nonostante siano tutt'oggi osservabili processi di stillicidio e percolazione idrica dalla volta e dalle pareti, attivi in occasione di periodi ad elevata piovosità (Durand et al. 2018; Mallol e Goldberg 2017).

L'accumulo secondario è, invece, principalmente legato ai fosfati, presenti in forma di noduli, rivestimenti e quasi-rivestimenti sulla maggior parte dei componenti della classe CRB (v. Tabella II. H). La loro elevata presenza potrebbe quindi rivestire un ruolo importante proprio nell'alterazione e nella dissoluzione dei clasti di calcare e dolomia inglobati all'interno del sedimento. Il dato micromorfologico ha inoltre indicato un marcato aumento della quantità di fosfati di origine diagenetica all'interno delle unità inferiori (cf. Karkanas 2001; Karkanas e Goldberg 2010a) e in particolare nell'unità 15. L'incremento è probabilmente dovuto all'affiorare del substrato roccioso direttamente al di sotto di queste unità (v. §5.1), che costituisce un marcato limite di permeabilità. L'origine dei fosfati deve essere ulteriormente indagata nel dettaglio⁵⁹, ma è probabile che in gran parte sia direttamente riconducibile ad agenti biogenici, quali le attività di animali, piante e micobatteri. All'interno degli ambienti di grotta è infatti diffuso l'accumulo di guano di uccelli e pipistrelli, la cui presenza è chiaramente attestata presso la Ciota Ciara anche dagli studi paleontologici (Berto et al. 2016). L'interazione di queste sostanze a composizione fosfatica con il CaCO_3 risulta nella formazione di laminazioni e rivestimenti sulla superficie dei clasti a composizione carbonatica, i quali sono chiaramente identificabili all'osservazione microscopica (giallastri in PPL, isotropici in XPL e auto-fluorescenti in BL; v. Figura II. 15b, c) (Braillard 2000; Campy 1989; Marks et al. 2002). Inoltre, proprio il guano rientra tra le principali cause note che determinano la distruzione chimica delle ossa all'interno dei depositi in fase di accumulo (Jelinek et al., 1973). Vanno inoltre considerati i prodotti derivanti dalla dissoluzione dell'urina e gli escrementi degli altri animali che hanno frequentato la grotta. Tra questi non si può escludere neanche l'uomo, ma l'apporto principale è certamente da ricondursi a *Ursus spelaeus* (Braillard et al. 2004), la cui presenza è ampiamente attestata nella cavità e preponderante rispetto a tutte le altre specie identificate nella grotta (Cavicchi 2017) (v. §3.4).

All'interno dell'intera successione risulta ubiquitario anche l'accumulo di ossidi di Fe-Mn, il quale è osservabile sul terreno in forma di noduli distribuiti in maniera caotica, leggere laccature nerastre e rivestimenti su parte dei frammenti di ossa (Buccheri et al. 2016; Angelucci et al. 2015). Le osservazioni micromorfologiche hanno confermato una generale diffusione delle impregnazioni di ossidi secondari, i quali

⁵⁹Per l'identificazione dei minerali fosfatici sono necessarie indagini geochimiche da effettuarsi per mezzo di tecniche di identificazione mineralogica addizionali (ad es. XRD, FTIR, EDS, WDS, SEM) (v. ad es. Goldberg e Macphail 2000; Karkanas et al. 1999, 2000). Queste analisi non sono state inizialmente previste per la presente ricerca e non è stato quindi possibile effettuarle sui campioni raccolti. Il completamento degli studi sui fosfati rientra pertanto tra le prospettive future (v. Sez. IV, §1.4.1).

danno origine a noduli, intercalazioni e rivestimenti, gli ultimi particolarmente sviluppati in corrispondenza dei frammenti di ossa (v. §5.4.3). L'occorrenza di queste pedofigure appare indicativa di condizioni di ossidoriduzione all'interno del sedimento, determinate dall'innalzamento temporaneo della falda freatica connesso alla barriera di permeabilità situata tra la base del deposito (unità 16) e il substrato roccioso.

Alcune tracce connesse all'attivazione dei cicli di gelo/disgelo sono state identificate alla base dell'unità 14 e nell'unità 15. A livello microscopico sono state riconosciute (v. Tabella II. H) un'organizzazione a bande associata ad una microstruttura planare (seppur poco sviluppate), riconducibili al fenomeno dell'*ice lensing*, e la presenza di ricoprimenti di argilla impura e polverosa su alcuni componenti grossolani (forse *crioclasti* nel caso dei frammenti di dolomia e calcare locale) (Van Vliet-Lanoë 1985, 1998, 2010). Nessuna di queste evidenze, indicatrici di condizioni climatiche fredde e umide, è invece presente nelle porzioni superiori della stratificazione (unità 13 e parte alta dell'unità 14), indicando una cesura nelle condizioni paleoclimatiche e paleoambientali.

6.3.1 Implicazioni sul registro sedimentario e archeologico

La distribuzione differenziale e la tipologia dei processi postdeposizionali identificati forniscono ulteriori informazioni per la ricostruzione della morfologia della zona atriale della grotta e riguardo lo stato di conservazione dei sedimenti e dei materiali costituenti il deposito indagato. Alcune dinamiche postdeposizionali identificate, quali ad esempio la migrazione dell'argilla o l'accumulo di sostanze secondarie, sono da ricondursi a processi diagenetici tipicamente osservati in ambienti di grotta. Al contrario, lo sviluppo della microstruttura e le tracce dell'azione del gelo suggeriscono l'esposizione del deposito a condizioni esterne e subaeree e quindi anche a dinamiche comparabili con i processi pedogenetici, attivatesi in momenti successivi all'accumulo del sedimento nella zona atriale. Le evidenze riconducibili ai cicli di gelo/disgelo suggeriscono, inoltre, che il deposito è stato soggetto a fluttuazioni di temperatura, evenienza solitamente non osservata all'interno delle grotte a causa della forte attenuazione dell'escursione termica (v. ad es. Liu et al. 2017). Complessivamente, i dati risultano compatibili con una frequentazione umana in epoca pleistocenica e suggeriscono che, a partire da quel momento, l'arretramento del versante e della linea di pioggia della grotta siano stati trascurabili: l'aspetto attuale della zona atriale non dovrebbe quindi differire in modo significativo dalla situazione esistente nel Pleistocene Medio (Angelucci et al. 2018).

SEZIONE III

GEOARCHEOLOGIA DI BALZI ROSSI MUSEO

INTRODUZIONE

La Liguria è nota per la sua ricchezza di ritrovamenti archeologici attribuibili a cronologie che vanno dal Pleistocene fino all'età moderna, distribuiti su un'area che dalla Provenza raggiunge l'Appennino tosco-emiliano. Il territorio regionale presenta delle caratteristiche peculiari che lo differenziano dal resto della penisola italiana. La sua forma arcuata ricalca quella delle catene montuose che lo attraversano, seguendo orientamenti contrapposti: le Alpi Marittime e Liguri a ponente (NE/SW) e l'Appennino Ligure a levante (NW/SE) (Federici e Pappalardo 2006; Vanossi et al. 1984). Prevalentemente montuoso e collinare, il territorio lascia comunque spazio a vallate scoscese e fortemente incise, circondate da stretti lembi pianeggianti che si aprono alle quote più basse e lungo i tratti costieri. L'ampio contatto con il mare e l'assetto orografico influenzano molto anche il clima di questo territorio, che varia notevolmente sia tra il versante tirrenico e quello padano, sia tra quello marittimo di Ponente e di Levante (Vagge 1999). La posizione a nord del Mar Tirreno ha comunque garantito condizioni climatiche relativamente miti e stabili nel tempo, anche durante i periodi più freddi dell'Ultimo Glaciale, contribuendo ad individuare nell'arco ligure un'importante 'zona rifugio' (Negrino e Riel-Salvatore 2018). Proprio questa sua conformazione geomorfologica e climatica appetibile la configura come un'area chiave per lo studio dell'occupazione umana durante il Paleolitico (v. Cap. 1) e della transizione tra *H. neanderthalensis* e AMHs⁶⁰ (Negrino e Riel-Salvatore 2018); come ampiamente testimoniato dall'abbondanza di siti che ne conservano chiare evidenze e già oggetto di studio a partire dal XIX secolo (v. ad es. Palma di Cesnola 1993, 2001).

L'indagine geoarcheologica di seguito presentata si inserisce nello stesso filone di studi del caso della Ciota Ciara presentato in precedenza (v. Sez. II): la ricerca rimane incentrata sul Paleolitico, ma l'area d'interesse si sposta in una zona poco distante dal confine con la Francia, dove è ubicato il complesso archeologico dei Balzi Rossi (v. Cap. 2). Nello specifico, viene indagato il sito di Balzi Rossi Museo (v. Cap. 3), seguendo un approccio che mira ad approfondire gli studi svolti sul deposito archeologico in occasione delle indagini effettuate negli anni '90 (v. Cap. 4). Vengono quindi di seguito riportati i nuovi dati riguardanti la successione stratigrafica oggi esposta all'interno del nuovo edificio museale (v. Cap. 5 e 6) e inserita nel percorso di visita (v. Del Lucchese 1996). L'interesse nel proseguire lo studio di quest'ultima deriva dalla potenza della sequenza cronologica ricostruita sulla base dei rinvenimenti effettuati sul terreno e degli studi successivi sull'industria litica e l'insieme faunistico, la quale documenterebbe «l'intero ciclo interglaciale-glaciale-postglaciale» (Cremaschi et al. 1991:98).

⁶⁰ Il termine *Anatomically Modern Humans* (AMH) è oggi di uso comune per indicare gli *H. sapiens* aventi un'anatomia coerente con la gamma di fenotipi osservati nell'uomo contemporaneo e distinguerli agli altri individui del genere *Homo* con i quali possono aver convissuto (v. ad es. Stringer 2002; Zilhão 2006).

IL PALEOLITICO IN LIGURIA: CENNO

La distribuzione dei giacimenti paleolitici ad oggi conosciuti nella regione evidenzia una maggiore concentrazione a ponente, soprattutto all'interno di grotte e ripari sottoroccia, a cui si contrappone un'area levantina meno rappresentata. Ad occidente, sono noti soprattutto i complessi delle grotte del Finalese e del Toiranese, i giacimenti del Sanremese e il complesso dei Balzi Rossi. La Liguria orientale, invece, non ospita siti di egual rilievo, ma si contano comunque rinvenimenti riferibili al Paleolitico Medio-Superiore, situati principalmente in contesti all'aperto, sia sui crinali sia nei fondovalle (Negrino 2002b; Negrino e Tozzi 2008 cum ref.). I primi interventi mossi da un interesse archeologico risalgono già alla metà del XIX secolo e hanno interessato soprattutto le grotte e i ripari sottoroccia rinvenuti presso il complesso dei Balzi Rossi (v. §2.2). È però solo a partire dalla fine del XX secolo che una nuova serie di indagini sistematiche, sostenute da una metodologia scientifica moderna, ha portato all'acquisizione di dati cronologici, stratigrafici e biostratigrafici, prima non sufficientemente considerati, che hanno permesso di riaccendere la discussione su questa regione, la quale si presenta estremamente ricca di evidenze archeologiche di età pleistocenica (Palma di Cesnola 1993, 2001; Negrino e Tozzi 2008).

Una trattazione dettagliata della storia e dello stato dell'arte delle ricerche sul Paleolitico in Piemonte risulterebbe tuttavia troppo estesa per gli scopi di questo elaborato, pertanto il presente capitolo si limita a una rassegna estremamente sintetica delle principali evidenze note in regione, la quale si ritiene necessaria allo scopo di fornire una contestualizzazione geografica e cronologica del deposito indagato (Balzi Rossi Museo; v. Cap. 3), all'interno di questo ampio areale. Per una disamina più approfondita degli studi effettuati in corrispondenza dei siti citati, si rimanda quindi ai riferimenti bibliografici riportati nel testo.

Paleolitico Inferiore

Le evidenze attribuibili al Paleolitico Inferiore consistono per lo più in raccolte superficiali (ad es. presso l'Arma delle Manie) e risultano complessivamente poco rappresentate all'interno del territorio ligure (Negrino e Tozzi 2008), al contrario di quanto si registra nella limitrofa regione francese, dove si trovano la Grotta del Vallonet, vicino Mentone, e Terra Amata e la Grotta del Lazaret, nell'area Nizza (v. ad es. de Lumley e Barral 1976; de Lumley et al. 1988; Cauche 2012; Valensi et al. 2013).

Paleolitico Medio

Il Paleolitico Medio conta diverse evidenze e giacimenti distribuiti in tutta la regione. Per l'imperiese, si possono citare i siti del complesso dei Balzi Rossi (Ventimiglia) (Rossoni-Notter et al. 2017; v. §2.2): la Grotta del Principe, la Grotta di Florestano, il Riparo Mochi e il Bombrini, i siti dell'ex-Casinò e di Balzi

Rossi Museo (ex-Birreria), oltre ai ritrovamenti presso i Ciotti (Negrino et al. 2005); a questi si aggiungono la Grotta della Madonna dell'Arma e i ritrovamenti presso via San Francesco a San Remo. Nel Savonese sono note la Grotta delle Fate (Finale Ligure) e le Grotte di Toirano: Santa Lucia Superiore, Arma delle Manie e Grotta del Colombo. Tra questi, la Caverna delle Fate (de Lumley e Giacobini 2013a, 2013b; Del Lucchese, Giacobini, e Vicino 1985; Giacobini 1992; Giacobini et al. 1984), l'Arma delle Manie, Santa Lucia Superiore e di Madonna dell'Arma (Cauche 2002) hanno anche restituito resti attribuibili a *Homo neanderthalensis*.

Il Paleolitico Superiore

Per il Paleolitico Superiore sono noti il Riparo Mochi (ai Balzi Rossi) e l'Arma dello Stefanin nell'imperiese, mentre la maggior parte dei siti si collocano nel savonese: la Grotta della Basura e l'Arma delle Manie (Toirano), le Arene Candide e l'Arma dell'Aquila (Finale Ligure), e l'Arma di Nasino (Albenga).

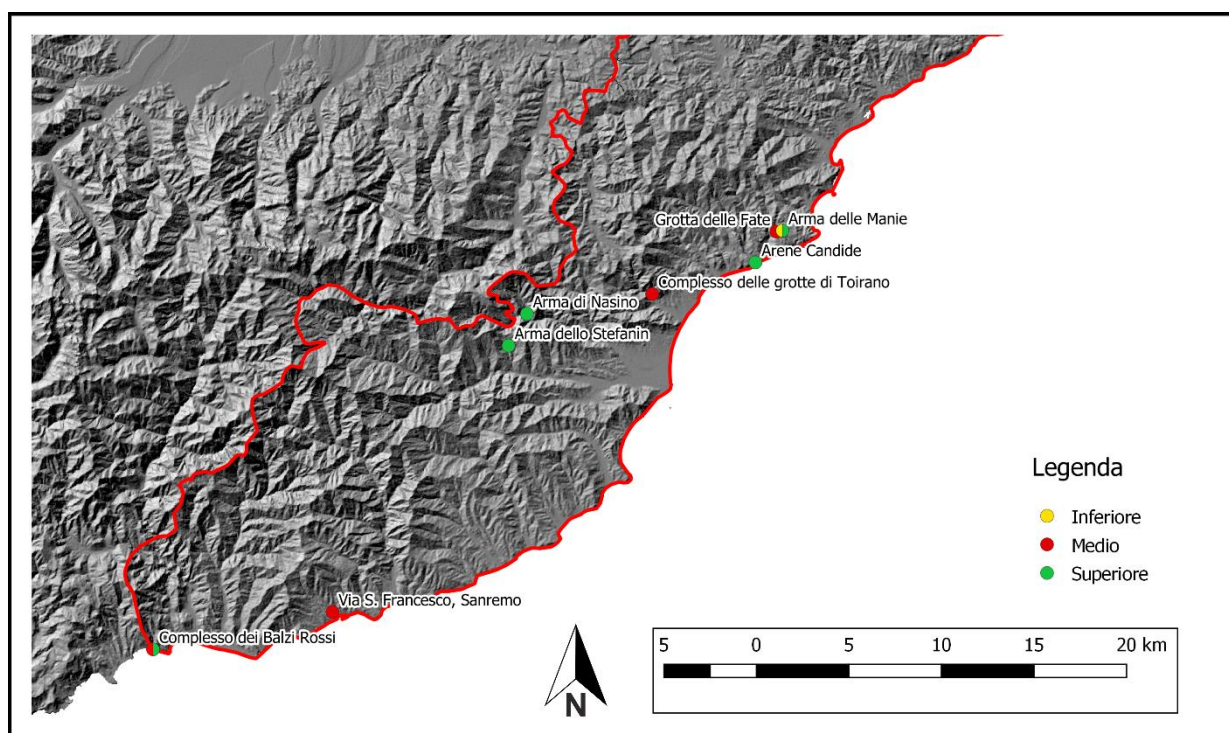


Figura III. 1 Mappa di distribuzione dei siti Paleolitici noti nella regione Liguria (linea rossa): gli indicatori (pallini) indicano la posizione approssimativa delle località di ritrovamento delle evidenze archeologiche (sondaggi di scavo, raccolte superficiali o complessi di siti); i colori indicano la rispettiva cronologia, come riportato nella legenda dell'immagine (v. testo per maggiori dettagli). La mappa è stata creata con QGIS 3.0 Girona®, utilizzando il dataset EU-DEM v1.1 — Copernicus Land Monitoring Service, 2016.

I BALZI ROSSI: INQUADRAMENTO E STORIA DELLE RICERCHE

Il complesso archeologico dei Balzi Rossi è ritenuto di rilevanza internazionale e riveste grande interesse sia dal punto di vista geologico, sia paleontologico, grazie ai sedimenti marini fossiliferi, ai siti archeologici e agli abbondanti reperti rinvenuti, i quali consentono di tracciare l'evoluzione geomorfologica dell'area e il suo ruolo nell'ambito delle frequentazioni antropiche a partire dal Paleolitico. I Balzi Rossi sono situati al centro dell'arco Ligure-Provenzale, tra Capo Mortola e il confine di stato con la Francia, presso la frazione di Grimaldi nel comune di Ventimiglia (IM). I limiti naturali di questo areale geografico sono costituiti dal Vallone di San Luigi a ovest e dalla Punta Garavan ad est. Il toponimo "Balzi Rossi" deriva dai termini dialettali locali "Bàussi Russi" o "Baousse-Rousse", traducibili letteralmente con "pietre rosse"⁶¹. L'appellativo deve infatti il nome al caratteristico andamento scosceso e al colore fortemente arrossato della falesia verticalizzata in calcare dolomitico, alta circa 100 m, la quale definisce la linea di costa al confine tra le due nazioni (Del Lucchese 1996). Attualmente, la parete si trova in posizione più arretrata rispetto alla battigia e può essere classificata come una falesia morta, in quanto non più interessata dall'azione diretta del moto ondoso (v. §2.1.2) (Cortemiglia 2004). La composizione litologica, corrispondente ai calcari del Giurassico superiore della formazione del Monte Grammondo, ha favorito lo sviluppo di fenomeni carsici: questi hanno portato al modellamento di svariate grotte lungo le numerose faglie della parete rocciosa, con direzione N-S, apertesi a quote comprese tra 8 e 17 m s.l.m., e successivamente approfondite anche per l'azione del mare e del vento (v. §2.1) (De Villeneuve et al. 1906; Dallagiovanna et al. 2012a). Durante il Paleolitico Medio e Superiore, queste sono state interessate da frequentazioni antropiche, ampiamente testimoniate dai ritrovamenti di sepolture, reperti ossei umani e ricchi insiemi di reperti litici (v. §2.2) (Palma di Cesnola 1993; Palma di Cesnola 2001). L'area archeologica ha richiamato l'interesse di curiosi e studiosi già a partire dalla metà del 1800 e conta oggi dodici siti e due edifici museali (v. §2.2). Particolarmente significative sono anche le testimonianze relative alle variazioni quaternarie del livello del mare, riconoscibili nei terrazzi marini con forme erosive (solchi di battente e fori di litodomi) (Federici e Pappalardo 2006) e con sequenze di sedimenti conservati all'interno delle grotte (v. ad es. Leonardi 1935; Blanc 1938) (v. §2.1.2).

⁶¹ I Balzi Rossi (*Rochers Rouges* in francese) sono conosciuti in letteratura con diverse varianti del medesimo toponimo (nel testo in dialetto di Ventimiglia e patois) ma anche come *Grottes de Menton* (dal 1860), *Grottes de Grimaldi* (dal 1900) e corrispettive traduzioni (De Villeneuve 1906:11; Fedele 2017; Mussi 1991; Rossoni-Notter, Notter, e Simon 2017). Il colore rossastro è conseguenza dell'elevata ricchezza di materiali ferrosi presenti nel calcare dolomitico e dei processi di ossidazione già osservati da Saussure (1780) durante il suo viaggio attraverso le Alpi Marittime.

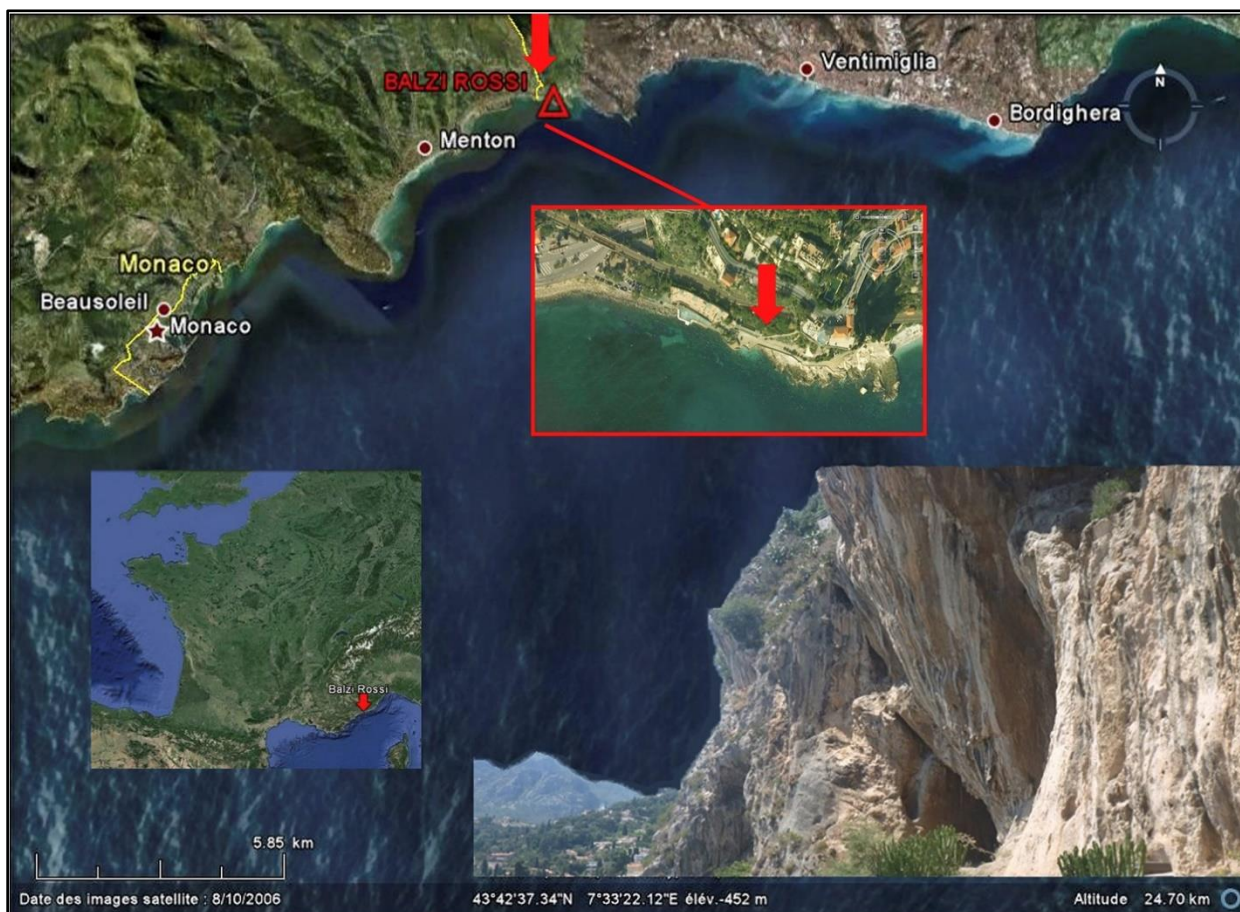


Figura III. 2 Posizione geografica dei Balzi Rossi (da Rossoni-Notter et al. 2017)

2.1 Inquadramento geologico

L'areale geografico qui indagato appartiene per intero al bacino tirrenico ed è situato lungo il tratto costiero al centro dell'arco Ligure-Provenzale. Come in tutto il lato occidentale della Liguria, anche qui l'assetto strutturale e le caratteristiche delle litologie presenti hanno condizionato la morfogenesi e l'evoluzione dei rilievi affioranti. Questi si collocano principalmente lungo i crinali sul confine con il territorio francese e presentano uno sviluppo quasi parallelo alla linea di costa, con orientamento all'incirca SW-NE. Tra gli affioramenti rocciosi, particolarmente estesi sono quelli carbonatici, spesso caratterizzati da fratturazioni, superfici poco acclivi, e forme conseguenti a diffusi fenomeni carsici: tra le aree dove il carsismo risulta maggiormente sviluppato rientrano l'alta valle del Torrente Nervia, la zona del Monte Grammondo e i Balzi Rossi (Calandri 1986).

Viene di seguito descritta la stratigrafia della successione di avampaese, riassumendo sinteticamente i dati disponibili nelle Note illustrative dei fogli 257 "Dolceacqua" e 270 "Ventimiglia" della Carta Geologica

d'Italia alla scala 1:50.000⁶² (Dallagiovanna et al. 2012a): le informazioni di seguito riportate sono da intendersi come estremamente sintetiche e funzionali esclusivamente all'inquadramento del lavoro discusso nei capitoli successivi; per approfondimenti sui temi cui viene fatto riferimento, si rimanda invece ai riferimenti citati e alla bibliografia dedicata.

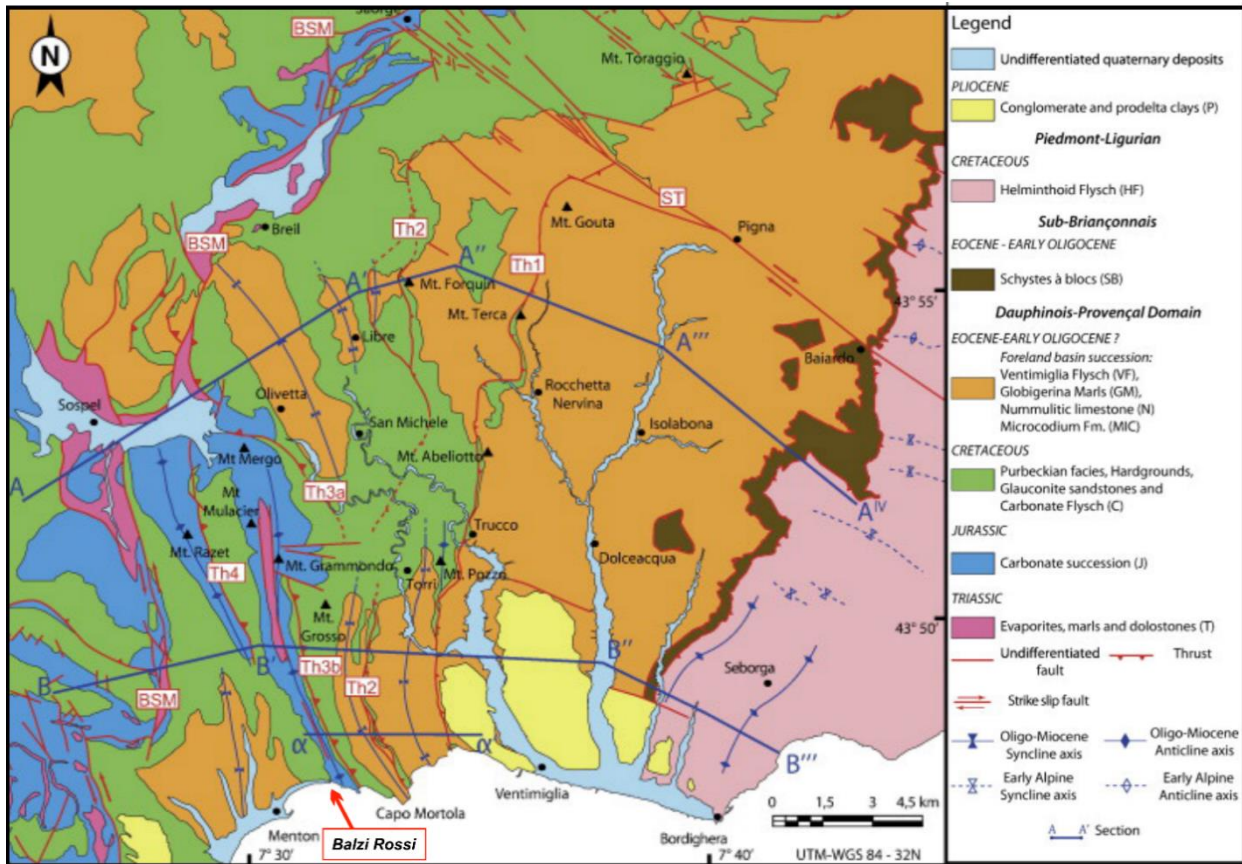


Figura III. 3 Carta geologica dell'area di Ventimiglia-Mentone, con legenda litologica semplificata e principali elementi strutturali; la freccia indica la posizione dei Balzi Rossi (modificato da Decarlis et al. 2014).

2.1.1 Stratigrafia della successione di avampaese: il dominio delfinese-provenzale

La successione sedimentaria del dominio Delfinese-Provenzale è stata depositata in bacini successivi formati durante lo sviluppo Meso-Cenozoico del ciclo Alpino (v. ad es. Decarlis et al. 2014). Essa rappresenta la parte più meridionale del margine passivo europeo ed è costituita da un basamento ercinico (Dallagiovanna et al. 2009), al quale sono sovrapposti sedimenti carbonatici Mesozoici (Lemoine et al. 1986) e sedimenti sin-orogenici Cenozoici (Sinclair 1997) (v. Figura III. 3). In territorio italiano la successione è rappresentata solo da terreni meso-cenozoici, all'interno di un intervallo cronostratigrafico compreso tra il Triassico superiore l. s. e l'Eocene superiore (Priaboniano) (v. Figura III. 4) (Dallagiovanna et al. 2012a). Sul substrato deformato riposano, in discordanza angolare, lembi pliocenici. I terreni più antichi

⁶² I fogli non sono stati stampati, ma sono comunque consultabili online alla pagina dedicata del Progetto CARG ad opera dell'ISPRA: <http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/liguria.html>

risalgono quindi al Triassico superiore l. s. e al Giurassico e affiorano tutti in corrispondenza del confine italo-francese, lungo la dorsale e il versante orientale che da Grimaldi e Punta Garavano sale verso il Monte Grammondo, per proseguire quindi in territorio francese (Dallagiovanna et al. 2012a). In continuità con i sottostanti sedimenti giurassici, seguono quelli del Cretacico inferiore, molto subordinati rispetto ai depositi del Cretacico superiore, che affiorano ampiamente in tutto l'areale compreso tra Mentone e Ventimiglia (Dallagiovanna et al. 2012a). A questi succede, in discordanza angolare con contatti di tipo *onlap* sui termini cretaci precedentemente deformati, la successione terziaria del bacino di *foreland* (Sinclair 1997); questa comprende sedimenti continentali e di transizione e culmina con il flysch di Ventimiglia, formando una serie di sinclinali discontinue, testimonianze relitte preservate dall'erosione post-paleogene (Dallagiovanna et al. 2012a).

La successione meso-cenozoica delfinese-provenzale

Alla base della successione stratigrafica delfinese-provenzale (v. Figura III. 4) si colloca la *formazione del passo di Traittore (FPT)*, la quale corrisponde ad una successione evaporitica costituita da marne vari-colori, gessi e carnioli, con affioramenti ed estensioni limitati (passo di Traittore e crinale compreso fra la Testa di Cuori e il M. Butetta) e complessivamente datati al Triassico superiore l. s. (Géze et al. 1968). Su di essa si imposta la *Formazione del Ciucco di Gerri (FKG)*, formata da calcari dolomitici chiari, a cui seguono calcari biancastri alternati a dolomie grigie in grossi banchi e contenenti rari resti di coralli e frammenti di molluschi, in ambo i casi indeterminati. A partire dalla costa e lungo la dorsale del Monte Grammondo affiora quindi l'omonima *formazione del Monte Grammondo (GMM)*, il cui spessore totale varia tra 80-100 m. La formazione è costituita da due insieme: l'inferiore dolomitico indifferenziato a cui si sovrappone un intervallo a calcari bruni in grossi banchi e dolomie grigie (Géze et al. 1968). Il secondo forma evidenti falesie verticali in cui i calcari risultano spesso ricristallizzati con *Globochaete*, miliolidi e ostracodi e coralli indeterminabili (Lanteaume 1968). Presso la Punta Garavano sono segnalati anche livelli oolitici alternati a livelli organogeni con coralli coloniali (Fravega e Vannucci 1979). Segue la *Formazione del Monte Grosso (GOS)*, affiorante in corrispondenza del versante orientale del M. Grammondo, ma che in quest'area non è completa. Essa risulta articolata in una porzione inferiore costituita da calcari marnosi e marne scistose con banchi glauconitici e conserva una superficie basale di condensazione con mineralizzazioni fosfatiche e ferrose (*hardground*) e una superiore a livelli di arenarie glauconitiche (50-60 m), che si intervallano alla "normale" sedimentazione carbonatica (Decarlis e Lualdi 2008) Segue la *Formazione delle Marne e calcari marnosi di Trucco (TUC)* di ca. 200 m, affiorante lungo tutta la parte italiana della Val Roja tra Trucco e il confine, sia dal Passo Muratone lungo la via che porta al Monte Toraggio (Dallagiovanna et al. 2012a). Si tratta di un'alternanza tra calcari e calcari marnosi, di piana bacinale, in strati di spessore decimetrico e pluridecimetrico e interstrati marnosi che verso l'alto diventano più fitti e di spes-

sore maggiore (Dallagiovanna et al. 2012a). La serie continua con la *Formazione a Microcodium (Microcodium Auct.) (MIC)*, che affiora in modo discontinuo e discordante, al tetto dei terreni del Cretacico superiore, alla base dei depositi marini di piattaforma dei calcari nummulitici con spessori variabili da 0 a più di 100 m (Pasquini, Lualdi, e Vercesi 2001a). La formazione presenta, lateralmente, caratteri variabili, sia per quanto riguarda il numero di facies, sia per gli spessori. Tra le facies più caratteristiche si segnalano (Dallagiovanna et al. 2012a): a) marne, da grigie a rossastre, con abbondante bioturbazione e strutture da *Microcodium*; b) conglomerati e brecce a tessitura clasto-sostenuta, con clasti di selce, quarzo, siltiti glauconiose, calcari, dolomie e marne; c) marne e calcari micritici in strati sottili con noduli e liste di selce nera. Su di queste si impostano le *Calcareniti di Capo Mortola (NCM)*, conosciute in letteratura anche come “calcari a nummuliti” in quanto sedimenti di piattaforma terrigena e localmente di scarpata interna a macroforaminiferi che rappresentano il prodotto della trasgressione eocenica (Lanteaume 1968; Vanossi et al. 1984; Boussac 1912). La formazione affiora in corrispondenza di sinclinali allungate in direzione circa NS dalla costa (N di Capo Mortola) sino al confine settentrionale italo-francese e sui monti Toraggio e Pietravecchia e raggiunge uno spessore compreso tra 40 e 110 m (Dallagiovanna et al. 2012a). La porzione inferiore dell’unità è costituita da arenarie biancastre alla cui base si ritrova talvolta un orizzonte conglomeratico contenente clasti di marne a *Microcodium*: le arenarie vanno da quarzoso-feldspatiche (grovacche) a prevalentemente quarzose (arcose) in strati da decimetrici a metrici, con bioclasti costituiti da nummulitidi (Dallagiovanna et al. 2012a). Queste passano a calcareniti, in banchi massicci e potenti anche diversi metri, privi di strutture sedimentarie, con locali orizzonti conglomeratici basali e abbondanti associazioni a macroforaminiferi di dimensione anche pluricentimetrica, coralli sia isolati, megalodontidi e alghe calcaree (Carbone et al. 1980; Dallagiovanna et al. 2012a). Le calcareniti sono alternate a orizzonti siltoso-arenaceo e marnosi il cui spessore diventa predominante via via verso il tetto dell’unità al passaggio graduale con la formazione soprastante delle *Marne siltose di Olivetta S. Michele (OSM)*, note in letteratura anche come “marne a globigerine” (Campredon 1977). L’unità, che chiude la serie, raggiunge uno spessore massimo di 100 m ed è costituita di emipelagiti rappresentate da marne bluastre, marne siltose e marne calcaree, biancastre sulla superficie di alterazione, con strati di spessore decimetrico e metrico, frequentemente caratterizzate da un clivaggio di frattura verticale tipo *pencil cleavage* a luoghi molto penetrativo (Dallagiovanna et al. 2012a). A questi si sovrappone l’unità dei *Flysch di Ventimiglia (FYV)*, noto anche come *Grés d’Annot*, formata da ritmi torbiditici costituiti da alternanze di arenarie e peliti di colore grigio marrone e con spessore complessivo massimo di 400 m. La formazione è costituita da arenarie grossolane gradate e arenarie fini in banchi e strati con intercalazioni siltoso-arenacee e siltoso-argillose; presenti livelli argillo-marnosi e talora calcareo-marnosi. La composizione delle arenarie, che è data da quarzo, K-feldspati e fillosilicati rappresentati da clorite, muscovite e biotite, varia da termini arcocici a grovacche con poca o tanta matrice e presenza di cemento carbonatico (Dallagiovanna et al. 2012a).

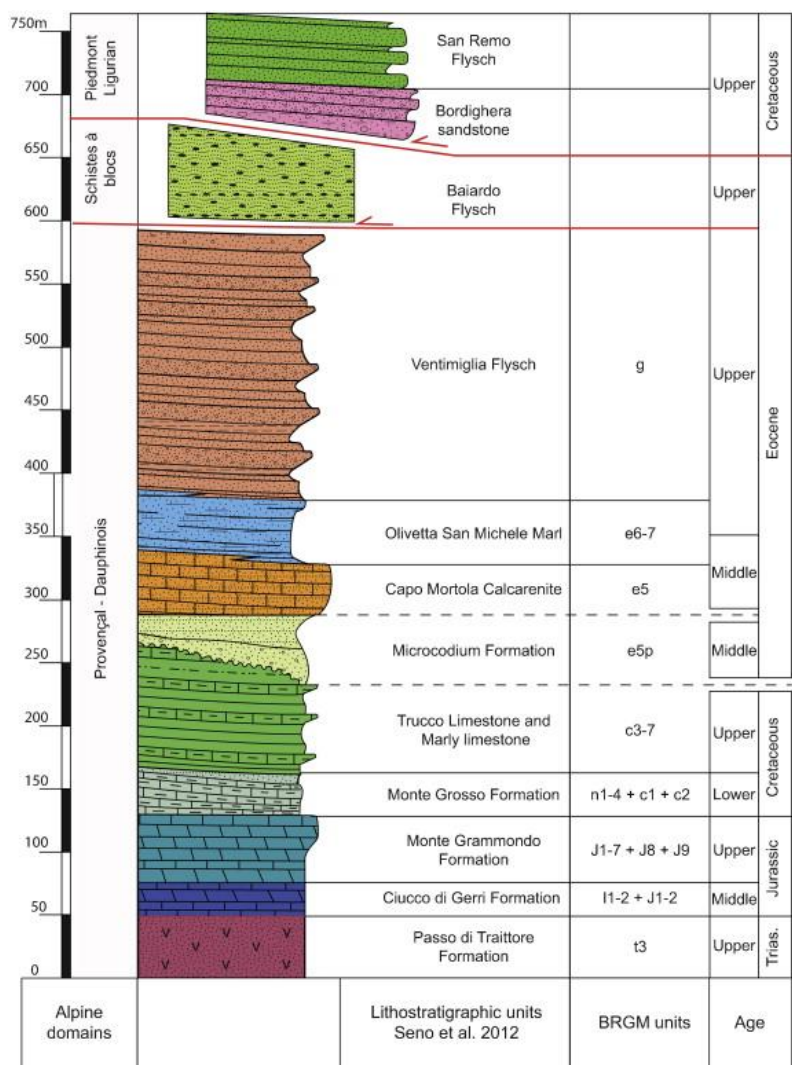


Figura III. 4. Schema stratigrafico semplificato dell'area studiata. Si possono riconoscere tre domini principali, con le relative successioni stratigrafiche separate da limiti strutturali (linee rosse), dall'alto verso il basso: Delfinese-Provenzale Orientale, "Schistes à blocs" e Ligure-Piemontese (da Decarlis et al. 2014).

2.1.2 La falesia dei Balzi Rossi

Il complesso archeologico dei Balzi Rossi si colloca lungo il tratto di litorale ligure al confine con la Francia, il quale presenta una morfologia a costa rocciosa con pareti d'attacco dell'ondazione pseudo-verticalizzate (zona del promontorio di Capo Mortola a Ventimiglia) e spianate rocciose interposte con il livello marino (tratto costiero tra Punta Garavano e l'area dei Balzi Rossi) (v. Figura III. 2). Questa parete rocciosa si trova in posizione più arretrata rispetto alla battigia e non risulta più battuta dall'azione diretta ed indiretta del moto ondoso⁶³. Attualmente, la falesia si trova ad una distanza media dal mare di oltre 50 m e presenta al piede una spianata sopraelevata (in media) di 10 m s.l.m.; essa può pertanto essere classificata come una falesia morta (di tipo 'fossile' o 'antica' -v. Box 1) (Cortemiglia 2004:187-88).

⁶³Sulla base dell'andamento delle isoipse può essere collocata all'altezza della ferrovia (Cortemiglia 2004).

La litologia affiorante corrisponde al calcare dolomitico della formazione del Monte Grammondo (GMM) (presso i Balzi Rossi) e della litofacies delle Calcareniti di Capo Mortola (NCM) (Cortemiglia 2004). Proprio la composizione carbonatica della roccia ha permesso la formazione del complesso delle grotte all'interno delle quali sono stati ritrovati i depositi di interesse archeologico e i sedimenti marini che confermano la sua natura di falesia morta (v. più sotto).

2.1.3 La superficie di erosione marina e la spiaggia tirreniana

La stratificazione rinvenuta presso il deposito di Balzi Rossi Museo poggia su di una superficie di abrasione marina, posta a ca. 7 m di quota sopra l'attuale livello del mare. Il substrato è costituito da roccia calcarea, profondamente segnata da numerosi solchi di dissoluzione. Questa è stata correlata con le superfici di abrasione tirreniane messe in luce in altri siti del complesso dei Balzi Rossi: l'Ex-Casinò (6-8 m s.l.m.), la Barma Grande (3,5-7,5 m s.l.m.) e la Grotta del Principe dove. Nei contesti citati, a differenza di quanto si registra presso Balzi Rossi Museo, sono parzialmente conservati anche i depositi di spiaggia (de Villeneuve 1906; Vicino 1972, 1974). In occasione degli interventi di indagine, che hanno interessato anche la "sezione Arturo" (un piccolo lembo situato a 4,5-5 m s.l.m. nei pressi di punta Garavano), sono stati raccolti diversi campioni di esoscheletri di lamellibranchi e gasteropodi, quindi utilizzati dal Laboratorio di Geologia Dinamica di Parigi per una serie analisi relative alle paleo-temperature (Vicino 1972). Complessivamente, i risultati hanno indicato anche la presenza delle faune a temperatura più calda presso la Barma Grande, seguita da quelle dell'Ex-Casinò (per maggiori dettagli sulle specie identificate v. Vicino 1972:84).

2.2 Il complesso archeologico e la storia delle ricerche

Ad oggi, presso i Balzi Rossi sono inventariati dodici giacimenti di interesse archeologico, divisi in due gruppi dal tracciato ferroviario che collega Ventimiglia a Nizza (Nord e Sud) (Figura III. 5). Tra le peculiarità del complesso è sicuramente da menzionare la varietà dei contesti ivi conservati. Si contano, infatti, sette giacimenti in grotta: Grotta del Principe, Balzo della Torre (Bausu da Ture), Barma Grande⁶⁴, Grotta del Caviglione, Grotta di Florestano, Grotta dei Fanciulli, Grotta Costantini; tre ripari sotto-roccia: Riparo Bombini, Riparo Mochi, Riparo Lorenzi; due siti di superficie: ex-Casinò ed ex-Birreria (il secondo qui indicato come 'Balzi Rossi Museo', v. Cap. 3). Ad una quota più alta rispetto alla parete che ospita questi giacimenti, si trovano anche altri due siti con riempimenti paleontologici di età più antiche: la Grotta Voronov e la Grotta Grimaldi (detta anche Grotta della Torre dei Grimaldi). Vengono di seguito brevemente ricostruite le tappe fondamentali delle attività di ricerca che hanno interessato i siti noti sopra citati a partire dai

⁶⁴ Baouso da Torre e parte della Grotta Barma Grande sono state distrutte tra il IX e XX secolo.

primi interventi ottocenteschi. La presente ricerca si è focalizzata sul sito di Balzi Rossi Museo, pertanto per ulteriori approfondimenti sugli altri giacimenti del complesso si rimanda ai riferimenti bibliografici citati nel testo. Maggiore spazio sarà dedicato al complesso dell'ex Casinò, in corrispondenza del quale si colloca anche il sito di Balzi Rossi Museo, oggetto di studio del presente progetto.

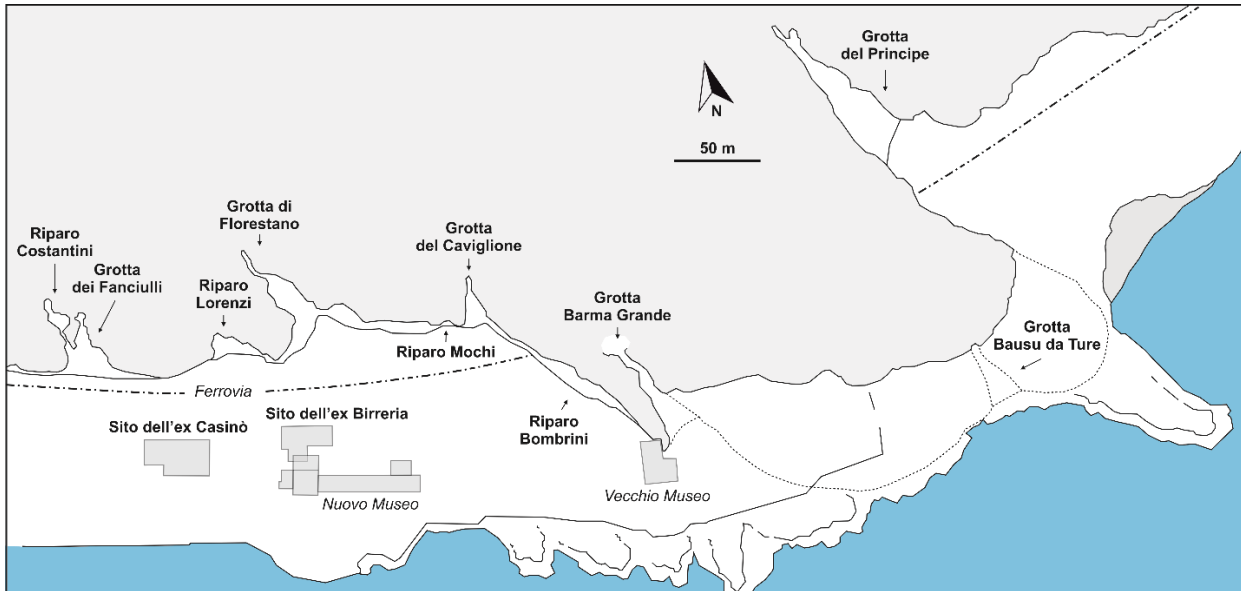


Figura III. 5 Pianta del complesso dei siti dei Balzi Rossi (la linea tratteggiata indica il tracciato ferroviario; i rettangoli, gli edifici; il tratto puntinato la precedente estensione della falesia) (modificato da Fedele 2017).

Una trattazione dettagliata della storia delle ricerche presso i Balzi Rossi risulta più che ambiziosa e richiederebbe uno spazio eccessivo in rapporto alle finalità che il presente elaborato si propone. L'esteso arco cronologico durante il quale si sono succeduti i diversi interventi di scavo, amatoriali e sistematici, il folto numero dei protagonisti coinvolti, nonché gli "interessi" e le "polemiche" che hanno fatto da sfondo alle vicende legate ai depositi e ai loro riempimenti (Mussi, Cinq-Mars, e Bolduc 2008), rende difficile tracciare una cronistoria complessiva delle copiose indagini 'archeologiche'. Nei paragrafi successivi ci si limiterà pertanto a presentare una rassegna dei principali interventi di svuotamento e di scavo delle cavità ad oggi inventariate e in merito alle quali siano disponibili pubblicazioni accessibili e note allo scrivente, inevitabilmente senza una pretesa di esaustività. Lo scopo è quello di fornire una collocazione 'cronostratigrafica' al deposito analizzato (Balzi Rossi Museo –v. Cap. 3 più sotto), seguendo al contempo l'evoluzione delle metodologie d'indagine, delineatasi nel corso degli anni all'interno di un'area così ricca di evidenze preistoriche. Per un approfondimento dei numerosi rinvenimenti e del loro studio interdisciplinare si rimanda comunque alle numerose pubblicazioni disponibili, in buona parte citate anche nel testo.

2.2.1 Dalla scoperta ai primi ritrovamenti archeologici

Le prime ricerche presso i Balzi Rossi risalgono alla seconda metà del 1800, o forse ancora prima secondo Fournet (1862), e furono avviate per volontà dello stesso principe Florestano I di Monaco (Simon

2008). Tra il 1854 e il 1869, il complesso delle *grottes de Grimaldi* richiamò l'interesse di numerosi studiosi, dilettanti e collezionisti di provenienza internazionale (per lo più francesi, ma anche svizzeri, italiani, etc.), i quali, per quasi un ventennio, si cimentarono in numerosi sondaggi mirati alla "raccolta di oggetti" (Forel 1864; Simon 2008). Questi interventi non si curarono di certo di documentare gli aspetti stratigrafici e per le prime indagini 'sistematiche', almeno per l'epoca, bisognerà attendere il 1870, anno dell'avvio dei lavori per la costruzione della linea ferroviaria Marsiglia-Genova⁶⁵ (Del Lucchese e Negrino 2008). È in questo momento che Emile Rivière, spinto dal forte interesse suscitato dai numerosi rinvenimenti, acquistò la proprietà di alcune cavità (Mussi et al. 2008).

A partire dal 1871, per un decennio, le campagne di scavo furono dirette in prima persona dallo stesso Rivière. I lavori si concentrarono presso la Barma Grande e la Grotta del Caviglione, dove venne portata alla luce una sepoltura di un individuo adulto –BC1: *l'Homme de Menton* –ora *Dame du Cavillon* (de Lumley 2016). Seguirono gli scavi presso il Baoussou da Torre (nel 1873), dove si rinvennero altri tre scheletri di individui adulti (BT1, BT2 e BT3) (Villotte e Henry-Gambier 2010). Negli anni successivi (1874-1875), Rivière si dedicò invece allo scavo della Grotta dei Fanciulli, all'interno della quale ritrovò una tomba di un individuo adulto di sesso femminile e quella bisoma di bambini (GE1, GE2), da cui la cavità prende il nome (Palma di Cesnola 1993; Henry-Gambier et al. 2001). Parallelamente, vennero avviati anche i primi interventi di scavo presso i depositi del Riparo Lorenzi e della Grotta di Florestano (Mussi et al. 2008).

Dal 1880, l'interesse fu interamente concentrato sulla Barma Grande (Mussi et al. 2008), appena acquistata dalla famiglia Abbo. I lavori per cavare il calcare dalla parete portarono alla scoperta di reperti preistorici di eccezionale interesse, tanto da portare il mecenate inglese sir Thomas Hanbury, nel 1898, a far costruire il Museo dei Balzi Rossi. Gli scavi vennero affidati a non specialisti, tra cui i collezionisti Stanislas Bonfils e Louis-Alexandre Jullien (Bisson e Bolduc 1994), che, tra il 1883 e il 1884, aprirono due trincee (Octobon 1952) e provvidero all'irrimediabile asportazione" dei depositi della grotta (Palma di Cesnola 1993). A loro si deve comunque la scoperta di nuove sepolture, tra cui una tomba trisoma nel 1892 e ulteriori due inumazioni nel 1894 (Verneau 1892, 1894), insieme ad alcune statuette antropomorfe in steatite – le cosiddette "veneri" (Mussi 1991).

2.2.2 Gli scavi sistematici del XX secolo

I primi lavori di scavo sistematico condotti con criteri che possano essere oggi ritenuti metodologicamente 'scientifici' vennero tuttavia avviati solamente nel 1892 sotto la direzione del canonico Léonce de

⁶⁵ Si tratta di anni durante i quali "il dibattito relativo alle origini dell'uomo e all'evoluzione delle culture preistoriche si fece sempre più vivace e nacquero importanti collaborazioni tra studiosi italiani e stranieri (...)" e in cui furono gettate le basi della paleontologica, "il cui coronamento scientifico si ebbe nel (...) congresso di Bologna del 1871, durante il quale il naturalista francese Émile Rivière presentò un primo riepilogo delle sue indagini ai Balzi Rossi, eseguite a partire dal 1870" (Del Lucchese e Negrino 2008:177)

Villeneuve, incaricato direttamente dal Principe di Monaco Alberto I. Nel 1895, gli interventi si concentrarono sui depositi conservati presso la Grotta del Principe, mai interessata dalle campagne degli anni precedenti, e continuarono, a più riprese, fino al 1902. Questi portarono all'asportazione della quasi totalità del riempimento musteriano (MIS 5-3), suddiviso in cinque grandi insiemi di occupazione (Foyers A-E), a loro volta poggianti su una superficie di erosione marina tirreniana (MIS 5e) (De Villeneuve et al. 1906). Parallelamente, tra il 1900 e il 1901, vennero ripresi gli scavi anche presso la Grotta dei Fanciulli, dove Rivière si era fermato ai soli livelli superiori. Nel 1902 fu quindi la volta della Grotta del Caviglione, seguita nel 1914 dal Riparo Lorenzi, anche se ormai vi erano conservati solamente "lombi di deposito meno significativi" (Palma di Cesnola 1993). Villeneuve informa inoltre dell'avvio, in questo periodo, di interventi presso la Grotta Costantini (de Villeneuve et al. 1906).

A partire dal 1928, e a più riprese, nuovi interventi di scavo archeologico furono eseguiti ad opera dell'Istituto Italiano di Paleontologia Umana di Roma (IsIPU). Questi durarono fino al 1962 e videro all'opera studiosi del calibro di Gian Alberto e Alberto Carlo Blanc, Luigi Cardini e Paolo Graziosi (Cardini e Biddittu 1967). In questi anni vennero inventariati nove siti paleolitici, il Riparo Mochi e la Grotta Costantini (Rossoni-Notter e Simon 2016). Già nel 1928, Blanc, padre e figlio, Mochi e Cardini scoprirono due nuovi livelli musteriani (M, N) alla base della sequenza stratigrafica conservata presso la Grotta dei Fanciulli – descritti come più ricchi di quelli precedentemente scavati dal Villeneuve (Bachechi e Revedin 1996; Tomasso 2014), e uno anche presso la Grotta Costantini (Rossoni-Notter e Simon 2016). Mochi, nel 1928, e Cardini, nel 1929-1930, si dedicarono inoltre allo scavo dei depositi della Barma Grande, anche qui indagando i rimanenti livelli musteriani. Nel 1938, A. C. Blanc e Cardini scoprirono il Riparo Mochi ed effettuarono un piccolo sondaggio in tre trincee (A, B, C,) (Blanc 1938). Un altro sondaggio venne effettuato da Cardini anche presso il Riparo Bombrini, alla base della parete dove mise in luce focolari e industria litica attribuibili all'Aurignaziano I. s. (Cardini 1939). Durante una serie di campagne successive (1941, 1942, 1949), i lavori ripresero presso il Riparo Mochi e portano all'allargamento del settore A (Settore Centrale), il quale conservava una sequenza stratigrafica profonda approssimativamente 10 m (unità A-I) (Laplace 1977). Nel 1959, Cardini proseguì con lo scavo dei livelli del Paleolitico Superiore (Cardini e Biddittu 1967); terminati questi il sito rimarrà abbandonato fino alla fine del secolo.

A partire dalla metà degli anni Sessanta, alcuni studiosi del Musée d'Anthropologie Préhistorique del Principato di Monaco, tra cui Louis Barral e Suzanne Simone, ripresero le indagini presso la grotta del Principe. Le campagne di scavo iniziarono nel 1966 e proseguirono, a più riprese, fino al 2002 (Barral e Simone 1976; Simone 1997), concentrandosi presso la porzione posteriore della grotta. Vennero qui rinvenuti due livelli di brecce (Br1 e Br2) acheuleani (MIS 6-7) e un osso iliaco di un preneandertaliano datato a $220,000 \pm 120/50$ ka (Barral e Simone 1976; de Lumley 1972; Simon 2008; Yokoyama 1989), oltre a diversi manufatti musteriani (Foyers E, D, B) (Rossoni-Notter et al. 2016, 2017; Rossoni-Notter e Simon

2016). Tra il 1968 e il 1971, si possono annoverare anche gli interventi avviati da Giuseppe Vicino per conto della Soprintendenza Archeologica della Liguria sui giacimenti dell'ex-Casinò (Vicino, 1972) (v. §2.3). Nel 1976, si aggiunse anche lo scavo presso il Riparo Bombrini, in occasione del quale venne identificata una sequenza stratigrafica che includeva livelli del Musteriano Finale e Proto-Aurignaziani (Arobba 1984; Vicino 1984) e il rinvenimento di un incisivo deciduo attribuito a *Homo sapiens*, il quale costituisce uno dei pochi resti umani di AMH del Paleolitico Superiore ritrovati in un contesto stratigrafico attendibile (Formicola 1984, 1989; Benazzi et al. 2015). Complessivamente, le indagini svolte nell'areale portarono anche alla scoperta di esempi di arte parietale paleolitica sulla parete rocciosa dei Balzi Rossi e, su tutti, quelli nella grotta del Caviglione ("Cavallo del Caviglione") (Vicino e Mussi 2011).

2.2.3 Gli interventi più recenti e le indagini in corso

La nuova stagione di interventi definibili 'moderni' ha inizio negli anni '90 del XX secolo, con le indagini del deposito archeologico dell'ex-Birreria (1990-1992) (Cremaschi et al. 1991), la cui successione stratigrafica è oggetto della presente ricerca.

Nel 1995, A. Bietti (Università di Roma 1, La Sapienza) e l'IsIPU, sotto la direzione della Soprintendenza Archeologica della Liguria, ripresero anche gli interventi di scavo presso il Riparo Mochi. Fino al 1998 lo scopo principale fu quello di indagare nuovamente il settore E, al fine di instaurare una correlazione su base stratigrafica con il precedente lavoro di Cardini e, al contempo, di preservare la sezione, più volte soggetta ad eventi di crollo strutturale –soprattutto verso la fine del 2000 (Douka et al. 2012). Dal 1998 al 2005 i lavori si concentrarono sui livelli Musteriani non scavati in precedenza e, nel frattempo, ricoperti dal crollo dei sedimenti soprastanti (Alhaique 2000; Bietti, Del Lucchese, e Negrino 2001). A partire dal 2007, il deposito archeologico è quindi oggetto di studio dell'Università di Trento, sotto la direzione del prof. Stefano Grimaldi, in collaborazione con la Soprintendenza Archeologica della Liguria. Il progetto attualmente in corso mira a correlare le diverse successioni stratigrafiche attraverso nuove datazioni e un approccio multidisciplinare (Douka et al. 2012; Tagliacozzo et al. 2012; Grimaldi, Porraz, e Santaniello 2014; Berto, Santaniello, e Grimaldi 2019).

Nuovi interventi di scavo archeologico sono stati avviati nel 2002 anche presso il Riparo Bombrini, ad opera di un'*equipe* internazionale guidata dal prof. Fabio Negrino dell'Università di Genova. Il focus di queste indagini è oggi posto sullo studio della transizione tra Paleolitico Medio e Superiore all'interno dell'arco ligure (Del Lucchese et al. 2004; Negrino 2005; Holt et al. 2006; Riel-Salvatore e Barton 2007; Bietti e Negrino 2008; Del Lucchese e Negrino 2008; Riel-Salvatore 2010; Riel-Salvatore e Negrino 2018; Holt et al. 2019).

2.3 Il sito dell'ex Casinò dei Balzi Rossi

Il sito deriva il nome dall'area ricreativa dei Balzi Rossi, costruita nel 1921; in origine questa comprendeva casinò, hotel, ristorante, birreria, giardini e l'ascensore che collegava la scogliera e la spiaggia al soprastante paese di Grimaldi Superiore. L'intero complesso fu tuttavia fortemente danneggiato in occasione dei bombardamenti della Seconda Guerra Mondiale e per i primi lavori di ricostruzione dell'area si dovette attendere l'ultimo dopoguerra. Come riportato da Vicino (1972:77-84), nel 1967 vennero avviati i lavori per la costruzione di un nuovo stabile in corrispondenza dei ruderi del Casinò, originariamente edificato operando un taglio lungo ca. 70 m nella parte occidentale dei depositi quaternari, che in quel punto costituivano un talus dello spessore medio di ca. 7-8 m, antistante la Grotte Costantini e la Grotta dei Fanciulli (Figura III. 7). I depositi erano direttamente impostati sulla scogliera tirreniana⁶⁶ (6-7 m s.l.m.), in leggero declivio verso la linea di costa, e si presentavano cementati nella loro metà superiore, sulla quale poggia anche il tracciato ferroviario. Nell'aprile del 1968 vennero effettuati il rilevamento dell'intera sezione scavata nel 1921, il prelievo di campioni finalizzati ad analisi geologiche e sedimentologiche e un primo sondaggio in un lembo intatto della stratificazione, poi chiuso. Le prime osservazioni confermarono l'interesse archeologico del deposito e nel maggio dello stesso anno vennero avviati dei nuovi lavori di scavo sistematico in corrispondenza di altri due lembi ben conservati. Gli interventi, protrattisi fino al febbraio del 1970, permisero di formulare una prima ricostruzione del contesto geo-cronologico del sito sulla base di depositi riconosciuti come direttamente collegati alle differenti fasi climatiche che si sono succedute dall'interglaciale Riss-Würm fino agli ultimi stadi della glaciazione würmiana (v. Tabella III. A e §6.5 più sotto).

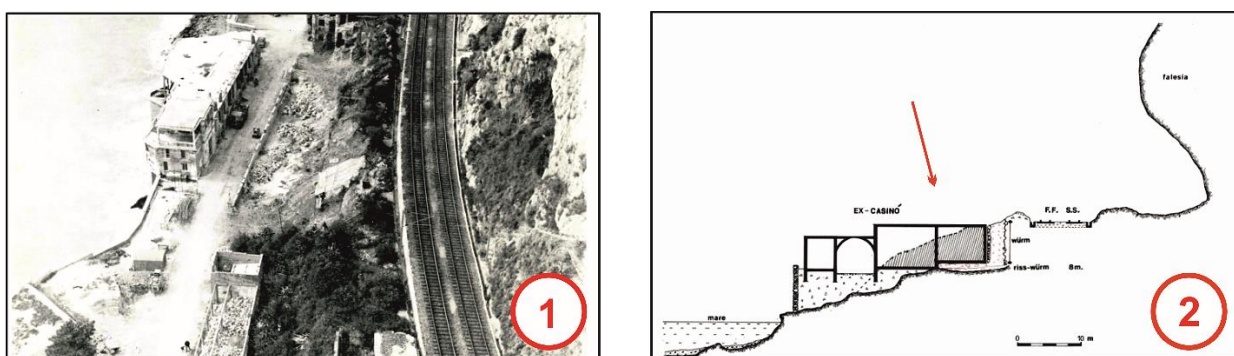


Figura III. 6. Zona dell'ex-Casinò dei Balzi Rossi: (1) veduta dall'alto della zona durante gli scavi per la ricostruzione del fabbricato; (2) sezione generale dello scavo dell'ex-Casinò tra la grotta dei Fanciulli e il mare (la freccia indica la posizione del deposito archeologico) (modificate da Vicino 1972).

⁶⁶ Nel 1964, durante la costruzione della galleria verso il piazzale di Ponte S. Ludovico, la dott.ssa Fancisca Pallarès segnala dei livelli di spiaggia contenenti malacofaune inquadabili in orizzonti interglaciali (Vicino 1972:80).

Tabella III. A Sito dell'ex-Casinò dei Balzi Rossi: dati disponibili riguardo alla ricostruzione geo-cronologica della serie rinvenuta in corrispondenza dei tre lembi scavati durante gli interventi 1968-1970 (per maggiori dettagli si rimanda a Vicino 1972, 1974).

Insieme	Descrizione
Würm II-III/III	Terreni con aspetto caotico, situati in prossimità della superficie e quindi fortemente disturbati dai lavori di costruzione della ferrovia
	<i>livelli superiori</i> Probabilmente coincidenti con il Würm III; ritrovamenti di poche decine di pezzi rappresentativi di lamelle Dufour (aurignaziano arcaico dei Balzi Rossi), grattatoi, bulini e qualche elemento geometrico (al contrario di quanto si osserva invece al Riparo Mochi)
Würm II	Breccia con crioclasti di piccole e medie dimensioni che sembra testimoniare il processo di desquamazione termoclastica subito dalla falesia durante questo stadio freddo; a conferma sono stati rinvenuti resti di marmotta (<i>Arctomys marmota</i>) e di stambecco (<i>Capra ibex</i>); presenza di industria litica in quantità superiori rispetto agli strati inferiori
Würm I-II	Breccia con clasti eterometrici; intensi fenomeni di cementazione; possibile correlazione con gli strati analoghi rinvenuti nella Grotta del Principe («couches à rongeurs» e «couches à hélix»); presenza di <i>Cervus elaphus</i> , “rozzi nuclei” e “strumenti molto frusti”.
Würm I	<i>livelli superiori</i> Breccia con crioclasti; specie faunistiche tipicamente fredde con predominanza di stambecco (<i>Capra ibex</i>), oltre a ossa di uccelli e roditori; industria litica scarsa e poco caratterizzata
	<i>livelli inferiori</i> Breccia con clasti a spigoli parzialmente arrotondati e matrice argillosa di colore rosso vivo presente in percentuali minori; viene identificato come una fase di occupazione più intensa della zona; è lo strato più ricco in manufatti litici (attribuiti al Musteriano tipico), abbondanti soprattutto a contatto con i livelli inferiori e immersi nell'argilla che si è depositata all'interno delle depressioni della scogliera, formando piccoli raggruppamenti definiti “nidi di selce”; ritrovamento di due piccoli focolari direttamente sulla scogliera tirreniana; apporti faunistici con predominanza di <i>Cervus elaphus</i> e presenza di <i>Bos primigenius</i> , <i>Oryctolagus cuniculus</i> , <i>Sus scropha</i> , <i>Rhinoceros sp.</i> , <i>Ursus sp.</i>
Riss-Würm (trasgressione tirreniana)	È costituito da tre lembi di sabbie, corrispondenti alle spiagge in posizione originaria rinvenute nei rispettivi tre settori indagati; si presentano tra loro omogenei e caratterizzati da frazioni fini che riempiono gli interstizi tra i clasti più grossolani (fino a 46-50 cm e 80-100 kg); l'indicazione cronologica è basata sul ritrovamento di <i>Pectunculus violacescens</i> e delle altre forme marine identificate; conserva faune simili a quelle della Barma Grande, del Baussu da Ture e della Grotta del Principe; oltre a centinaia di reperti litici (“choppers, chopping tools, semplici prelievi laterali o su estremità di ciottolo”), in piccola parte fluitati
	<i>Spiaggia A</i> Spessore 60 cm; campionamento intensivo di resti faunistici e, alla base, ritrovamenti di industria litica “frammista agli elementi centimetrici delle sabbie”
	<i>Spiaggia B</i> Spessore esiguo e contatto mascherato dai livelli argillosi soprastanti; abbondanti schegge in selce e diaspro di piccole dimensioni, alcune flutate e in parte chiaramente antropogeniche; abbondanti reperti faunistici, frammentati al tetto e meglio conservati alla base
	<i>Spiaggia C</i> Spessore di 1,80 m; la porzione superiore risulta inquinata dalle argille soprastanti; ricchezza di faune marine ben conservate; ritrovamenti di alcuni pezzi lavorati su valve di <i>Meretrix chione</i> Linneo; conserva manufatti litici

IL SITO ARCHEOLOGICO DI BALZI ROSSI MUSEO

Il rinvenimento del deposito di interesse archeologico avviene nei primi mesi del 1989, in occasione dei lavori di risistemazione dell'intera area archeologica dei Balzi Rossi, voluti e finanziati dal Ministero per i Beni Culturali e Ambientali e la Soprintendenza Archeologica della Liguria. Tra gli interventi previsti dal piano di ammodernamento rientravano anche l'ampliamento del lato settentrionale dell'edificio museale esistente e la bonifica del rimanente terreno occupato dai resti del Casinò, andato in gran parte distrutto durante i bombardamenti del Secondo Conflitto Mondiale. Proprio in occasione della rimozione delle macerie di uno degli edifici del complesso, localmente noto come ex-Birreria, venne portato in luce un deposito archeologico stratificato di diversi metri di spessore (Cremaschi et al. 1991). Il rinvenimento fu inaspettato, dal momento che tutti i terreni compresi tra l'edificio e la ferrovia erano al tempo considerati materiale rimaneggiato, accumulatosi in più fasi durante i lavori di costruzione della linea ferroviaria e delle fondamenta dei fortini militari (Negrino 2002a). Riconosciuta quindi la rilevanza della stratificazione e la possibile correlazione con quella precedentemente rinvenuta in prossimità edificio dell'ex-Casinò (Cremaschi et al. 1991; Vicino 1972) (v. §2.3), la Soprintendenza Archeologica affidò l'incarico per un'immediata indagine stratigrafica alla cooperativa *Geokey* di Milano, sotto la direzione del prof. Mauro Cremaschi, affiancato dal dott. Angiolo Del Lucchese e dal dott. Giuseppe Vicino⁶⁷ (Vicino 1972). Gli interventi di scavo si articolano in tre momenti: un intervento di emergenza nel giugno del 1990, al fine di definire le caratteristiche del deposito e la sequenza culturale in esso contenuta e permettere quindi il proseguimento dei lavori di costruzione dell'edificio museale; due interventi di breve durata nei mesi di febbraio-marzo e settembre del 1992, per indagare le porzioni rimanenti del deposito⁶⁸.

3.1 Il deposito archeologico: metodi di scavo e organizzazione stratigrafica

Il deposito di Balzi Rossi Museo è costituito dal lembo distale di una falda detritica che degrada a partire dalla base della parete rocciosa in cui si aprono la Grotta di Florestano e il Riparo Lorenzi (Figura III. 7), fino a raggiungere il livello della spiaggia di età tirreniana (Cremaschi et al. 1991). La sequenza stratigrafica è quindi paragonabile a quella indagata da Giuseppe Vicino per il sito dell'ex-Casinò (v. §2.3).

⁶⁷ Affiliati rispettivamente all'Università di Milano, alla Soprintendenza Archeologica della Liguria e al Museo Civico del Finale (Cremaschi 1990c; Negrino 1994).

⁶⁸ I dati e le informazioni relative agli interventi di scavo archeologico non sono stati pubblicati integralmente. Si segnala pertanto che parte delle informazioni riportate in questo capitolo sono state ricavate dai diari di scavo originali e dalle testimonianze di alcuni dei presenti al momento degli interventi.



Figura III. 7. Zona archeologica dei Balzi Rossi: la freccia indica la posizione dell'area di scavo dell'ex-Birreria, sul retro del nuovo edificio museale – fotografia del 1990 (modificato da Cremaschi et al. 1991).

In occasione degli interventi del 1990 sono stati aperti due diversi settori di scavo: il primo a monte del museo, denominato "A", il secondo in prossimità del medesimo edificio, denominato "B" (le cui indagini sul campo sono poi procedute anche nel 1992) (v. Figura III. 8). Complessivamente, sono state messe in luce tre macro-unità stratigrafiche di diversa natura, a loro volta caratterizzate da un'ulteriore articolazione interna (v. Figura III. 9). Nel settore A è stato riconosciuto un suolo sommitale di tipo rendzina⁶⁹ (d'ora in poi indicato anche come unità "Tetto"). Il settore B conserva invece una stratificazione più complessa, articolata in una serie inferiore costituita da sette livelli di brecce stratificate e parzialmente cementate (unità Brecce), le quali si impostano su una superficie pedogenizzata contenente noduli e rivestimenti di manganese. Quest'ultima è stata indicata in fase di scavo come l'orizzonte argillico di un paleosuolo tipo "Terra Rossa" (unità Argilla). L'intera stratificazione affiorante in questo settore poggia a sua volta sulla piattaforma di erosione marina di età tirreniana (Cremaschi et al. 1991), che in questa posizione della linea di costa raggiunge 7 m di quota s.l.m. attuale (Del Lucchese 1996) (v. §2.1.3).

L'unità Tetto è stata scavata su una superficie di 4 m² per tagli artificiali di 10 cm (T1-T14), raggiungendo una profondità di ca. 2 m (Negrino 2002a). I tagli sono stati condotti parallelamente al versante, in modo da rispettare l'originaria sequenza deposizionale, e sono stati descritti come complessivamente

⁶⁹ Suolo infrazonale di colore grigio scuro o nerastro che si sviluppa su rocce calcaree nelle regioni temperato-fredde e umide; il termine deriva dal polacco e viene utilizzato per la prima volta nel 1896 (Duchaufour 1977).



Figura III. 8. Balzi Rossi Museo, fotografie al termine della campagna di scavo del 1990: (1) Settore di scavo A; a monte del nuovo museo; (2) Settore B, la sezione raffigurata è attualmente conservata all'interno del medesimo edificio (per cortesia di Fabio Negrino)

omogenei e solo eccezionalmente interessati da variazioni tessiturali, ma mai stratigrafiche. I reperti sono stati documentati per tagli e non si è proceduto al loro rilievo individuale. Nel settore A, la porzione superiore delle Breccie (unità B1-B4) è stata indagata su un'area di 12 m², mentre per la porzione inferiore (unità B5-B6) e per l'unità Argilla si è raggiunta un'estensione massima di 14 m² (Negrino 2002a). Le Breccie non hanno messo in luce tracce riconducibili a superfici di occupazione *in situ* e sono state pertanto scavate per unità stratigrafiche riconoscibili sul terreno. Per l'unità Argilla sono stati invece utilizzati i piani di addensamento dei manufatti e ogni reperto riconosciuto sul terreno è stato posizionato topograficamente (secondo le coordinate X, Y e Z). Il terreno proveniente dallo scavo è stato quindi vagliato ad acqua con un setaccio a maglie da 2 mm (Negrino 2002a). L'iniziale suddivisione in due sotto-unità proposta sul terreno per l'unità Argilla (ARG1-2) è stata poi scartata sulla base di successivi studi tipologici svolti sui manufatti litici (v. Negrino 2002a) e l'unità è stata complessivamente indicata come Argilla (A1)⁷⁰.

⁷⁰ L'abbreviazione con cui viene indicata l'unità Argilla può variare, in relazione ai diversi autori, tra "ARG1-2", "A1-2", "ar"; d'ora in poi, per quanto concerne il presente elaborato, verrà utilizzata la denominazione "Argilla/A1".

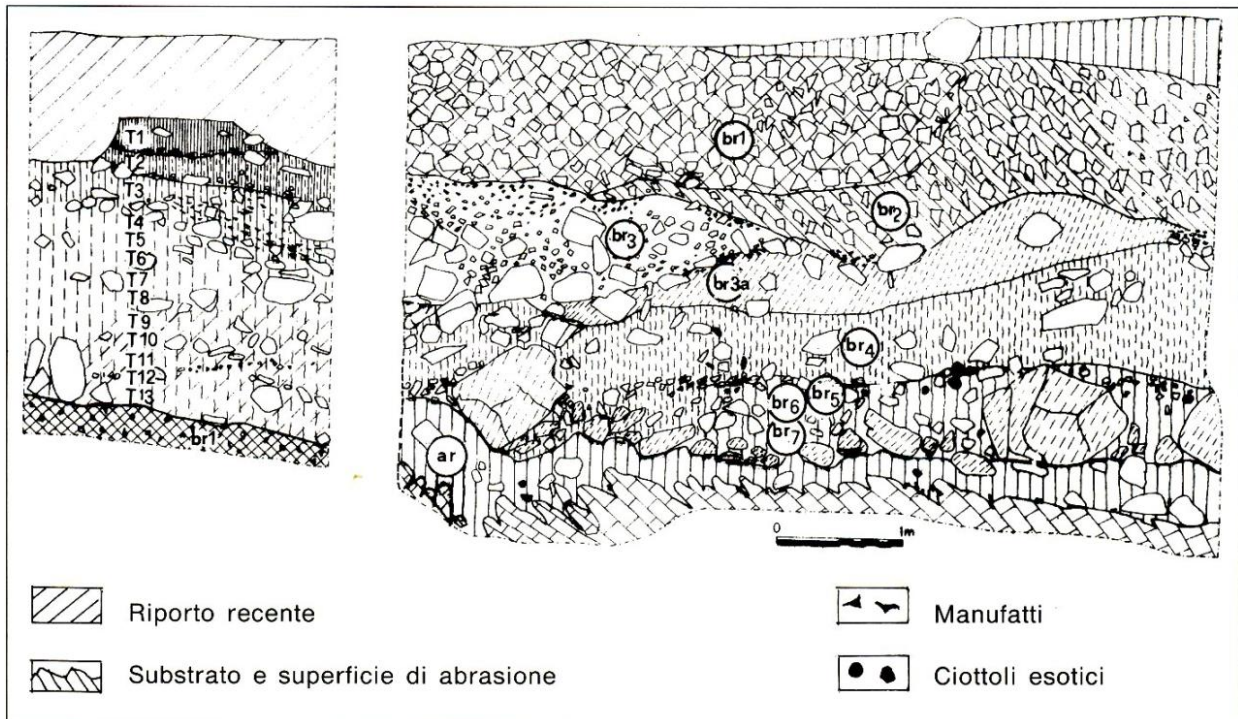


Figura III. 9. Sezioni della trincea superiore –Settore A (sinistra) e di quella inferiore –Settore B (destra) al termine della campagna di scavo del 1990 (da Cremaschi et al. 1991).

3.1.1 La fauna e la ricostruzione paleoambientale

In seguito agli interventi di scavo del 1992 sono stati condotti anche degli studi sull'insieme faunistico, rispettivamente dalla dott.ssa Barbara Wilkens⁷¹ e dalla dott.ssa Almudena Arellano Alonso⁷² per i grandi mammiferi (v. Arellano Alonso 2004) e dalla dott.ssa Emanuela Zanalda⁷³ per i micromammiferi.

Le indagini del deposito di Balzi Rossi Museo hanno restituito in totale 255 reperti di macrofauna, per lo più in pessimo stato di conservazione, di cui 51 non determinabili e compresi i pochi frammenti ossei provenienti dalle unità Argilla e Br7. Nel complesso, i denti risultano maggiormente rappresentati rispetto agli altri frammenti. La superficie delle ossa si presenta fortemente alterata da fattori fisico-chimici e dall'azione degli apparati radicali e preclude pertanto il riconoscimento di altre tracce, tra cui quelle d'uso di origine antropica. Inoltre, a causa dell'alterazione e della diffusa presenza di concrezioni, è stato possibile analizzare le fratture solamente su 8 frammenti, le cui caratteristiche suggeriscono siano avvenute su osso fresco.

⁷¹ Allora incaricata dalla Soprintendenza Archeologica della Liguria di occuparsi della cura espositiva dei resti faunistici del nuovo Museo di Balzi Rossi

⁷² Afferente al Musée de Préhistoire Régionale de Menton, rue Lorédan Larchey, 06500 Menton (France)

⁷³ Afferente al Dipartimento di Scienze della Terra, via Mangiagalli 34, I-20133 Milano (Italia)

I resti di micromammiferi rinvenuti presso il deposito del settore B sono scarsi ed insufficienti per una determinazione paleoambientale accurata e esaustiva, ma alcune indicazioni risultano comunque plausibili. Innanzitutto, la presenza costante di *Microtus nivalis* e di *Arvicola terrestris* suggerisce un ambiente relativamente freddo e umido in corrispondenza dei livelli di breccia compresi tra Br7 e Br3. Il ritrovamento di *Clethrionomys glareolus* e di *Apodemus gr. sylv./flav.* è invece indicativo di un ambiente boschivo per quanto concerne Br4-Br5. A questo si aggiunge inoltre la presenza di *Sorex araneus* in Br4, tipico indicatore di ambiente umido. Per quanto riguarda il suolo sommitale, il numero i resti rinvenuti è ancora inferiore. La presenza di *Arvicola terrestris* e di *Marmota Marmota* potrebbero comunque essere indicative di condizioni umide e fredde. L'esiguo numero complessivo di reperti rinvenuti non permette di rilevare cambiamenti significativi della fauna e quindi delle condizioni paleoclimatiche e paleoambientali all'interno delle diverse unità.

3.1.2 L'industria litica

Gli studi effettuati sull'industria litica rinvenuta presso il deposito di Balzi Rossi Museo (Negrino 2002a:40–47; Negrino e Tozzi 2008) hanno messo in evidenza la presenza di diverse tipologie di *débitage* che vanno dal Musteriano fino all'Epigravettiano. Nello specifico, il livello più antico corrisponde al paleosuolo. Qui è stata riconosciuta una superficie d'abitato ricca d'industria musteriana di tipo *Levallois* ricorrente centripeto, ma anche unidirezionale e convergente (Negrino 2002a). Le catene operative più semplici risultano documentate da nuclei a stacchi unidirezionali e da *choppers*, mentre la laminarità è molto scarsa e su supporti prevalentemente microlitici, piatti o molto piatti. Gli strumenti sono piccoli, prevalgono raschiatoi e denticolati e il ritocco più frequente è di tipo semplice, seguito dal sopraelevato e da quello Quina. La materia prima più utilizzata è costituita da selci, glauconiti e quarzareniti, per lo più provenienti dall'affioramento conglomeratico de I Ciotti (Negrino 2002a; Negrino et al. 2005).

Nella parte inferiore delle Breccie (Br7-Br5) si riconosce un "Musteriano tipico ricco in raschiatoi", ben attestato in altri siti del complesso dei Balzi Rossi: nei focolari D ed E della Grotta del Principe (de Lumley 1969; Jaworsky 1962), alla Barma Grande, alla Grotta dei Fanciulli e negli strati IV, II e Q della Grotta dell'Arma (Isetti, de Lumley, e Miskovsky 1962). In corrispondenza di Br6 (e Br5) si rileva invece un cambiamento tecnologico con la produzione di supporti di maggiori dimensioni e di tipo *Levallois* ricorrente. La laminarità rimane scarsa. In Br4 e Br3 il metodo discoide diventa prevalente e si evidenziano alcune analogie con l'industria dell'unità Argilla, ma anche con il Pre-musteriano della Grotta del Lazaret (de Lumley 1969), il Musteriano dei livelli 25-52 del Riparo Mochi e l'industria musteriana del "livello IV" del Riparo Bombrini. Gli ultimi livelli cementati (Br1 e Br2) conservano solamente scarsi manufatti aurignaziani. Il suolo sommitale (unità Tetto) scavato nel settore A, ha restituito invece scarsi manufatti riferibili al Gravettiano e all'Epigravettiano, la cui deposizione è avvenuta durante il II Pleniglaciale.

MATERIALI E METODI

L'indagine geoarcheologica presso il sito di Balzi Rossi Museo ha previsto due fasi operative distinte: un primo intervento sul campo, effettuato tra il 12 e il 13 giugno 2017, per la descrizione pedo-sedimentologica e stratigrafica della porzione del deposito ad oggi conservata e il contestuale prelievo di sedimento sciolto e di campioni finalizzati ad analisi micromorfologiche; una seconda fase di osservazioni al microscopio petrografico, incentrata sullo studio di sezioni sottili preparate a partire da questi campioni e da quelli raccolti in occasione degli interventi del 1990 e del 1992⁷⁴. Queste indagini sono finalizzate a implementare le conoscenze ad oggi disponibili in merito al sito e hanno come fine ultimo la rivalutazione dell'assetto stratigrafico, nonché la ricostruzione dei processi di formazione, del contesto climatico e ambientale e delle interazioni tra fattori naturali e antropici avvenute presso il sito.

Nello specifico, il deposito di interesse archeologico oggetto dell'intervento sul terreno corrisponde alla sezione stratigrafica conservata all'interno del nuovo edificio museale, la quale costituisce il testimone lasciato al termine degli interventi di scavo degli anni '90. Le operazioni hanno previsto innanzitutto un'accurata pulizia della sezione esposta. Va infatti segnalato che durante l'ultimo ventennio questa ha subito, come è naturale attendersi, svariati fenomeni di degradazione: alcuni clasti di calcare si sono distaccati dalla parete, accumulandosi sul pavimento assieme a del sedimento fine, in parte proveniente anche dall'esterno; la crescita della vegetazione, direttamente sulla parete e ai piedi della stessa, ha inoltre parzialmente alterato il suo stato di conservazione. Una descrizione stratigrafica era già stata compilata durante i lavori di scavo (v. §3.1, Figura III. 9), pertanto il focus è stato posto sull'integrazione delle nuove osservazioni sistematiche, effettuate sulla base di parametri pedologici e sedimentologici standardizzati (v. Angelucci 2002). Sul terreno sono state riconosciute tutte le unità stratigrafiche precedentemente descritte: i sette livelli di breccia stratificata (unità Breccie) e il paleosuolo di tipo "Terra Rossa" (unità Argilla); una loro descrizione sistematica aggiornata viene riportata nel Cap. 5.

Sono stati quindi raccolti quattro campioni di sedimento sciolto⁷⁵, utilizzati per osservazioni speditive al microscopio stereoscopico e poi archiviati con finalità documentative, e sei campioni micromorfologici, analizzati in occasione del presente progetto di ricerca. A causa dell'elevato grado di cementazione, non è stato possibile prelevare campioni in corrispondenza delle unità delle Breccie superiori.

⁷⁴ I campioni sono stati gentilmente resi disponibili per lo studio dal Prof. Mauro Cremaschi, che si coglie quindi qui l'occasione di ringraziare.

⁷⁵ I campioni sono stati prelevati in corrispondenza delle unità di Breccia (Br3, Br4, Br6) e Argilla (A1).

Ciascun campione è stato denominato con l'etichetta riportante l'acronimo del sito "BRM" (Balzi Rossi Museo), seguita dall'indicazione dell'anno (abbreviato in "17") e dalla numerazione progressiva del campione (es. C01, ecc.) (v. Tabella III. B).

Tabella III. B Balzi Rossi: lista dei campioni micromorfologici analizzati in occasione della presente ricerca; l'ordine nell'elenco segue quello stratigrafico.

#	Nome		Campionamento		Provenienza del campione		
	elenco	sigla campione	anno	data	campionatore	settore	sezione US
1	BR-T1	1990-92	—	MC, DEA	A	Tetto	
2	BR-T6	1990-92	—	MC, DEA	A	Tetto	
3	BR-T10	1990-92	—	MC, DEA	A	Tetto	
4	BR-T12	1990-92	—	MC, DEA	A	Tetto	
5	BR-BR1	1990-92	—	MC, DEA	B	Breccia	
6	BRI90-BR2	1990	—	MC, DEA	B	Breccia	
7	BR-BR2	1990-92	—	MC, DEA	B	Breccia	
8	BRI90-BR2-BR3	1990	—	MC, DEA	B	Breccia	
9	BR-BR4	1990-92	—	MC, DEA	B	Breccia	
10	BRM17-04	2017	13 giugno	DEA, MZ	B	W	Breccia
11	BRM17-03	2017	13 giugno	DEA, MZ	B	W	Breccia
12	BR-BR5 ALTO	1990-92	—	MC, DEA	B	Breccia	
13	BR-BR5	1990-92	—	MC, DEA	B	Breccia	
14	BR-BR6	1990-92	—	MC, DEA	B	Breccia	
15	BRM17-02	2017	13 giugno	DEA, MZ	B	W	Breccia
16	BRM17-05	2017	13 giugno	DEA, MZ	B	W	Breccia
17	BR-ARG1	1990-92	—	MC, DEA	B	Argilla	
18	BRM17-06	2017	13 giugno	DEA, MZ	B	W	Argilla
19	BRM17-01	2017	13 giugno	DEA, MZ	B	W	Argilla

Note: nel nome del campione "BR" e "BRM" indicano il sito (Balzi Rossi Museo); campionatori: DEA: Diego Ercole Angelucci, MC: Mauro Cremaschi, MZ: Maurizio Zambaldi.

I campioni micromorfologici sono stati inviati al laboratorio Servizi per la Geologia del dott. Massimo Sbrana (Piombino, LI) per la lavorazione e la preparazione di altrettante sezioni sottili di grande formato (9,5 x 5,5 cm). Oltre a queste ne sono state analizzate altre 13, preparate nei laboratori di Gand a partire dai campioni raccolti da entrambi i settori di scavo in occasione degli interventi degli anni '90 e fino a questo

momento non ancora studiate⁷⁶. Si tratta di sezioni sottili di grande formato (dodici con dimensioni 12 x 9 cm e una 9,5 x 5,5 cm), rappresentativi dei livelli di breccia (Br1-Br6)⁷⁷, del paleosuolo (A1) e di quattro tagli scavati in corrispondenza del suolo sommitale (T1, T6, T10 e T12). I dati noti riguardanti questi campioni sono riportati nella tabella più sopra mentre ulteriori informazioni concernenti le fasi di prelievo sul terreno e di preparazione delle sezioni sottili non sono disponibili⁷⁸.

Lo studio è quindi proceduto in laboratorio, dove le diciannove sezioni sottili sono state osservate e studiate sistematicamente per mezzo microscopio petrografico e descritte secondo la metodologia standard (v. Sez. I, § 4.4). I campioni sono stati raggruppati per US e tagli (Tabella III. C) e i risultati ottenuti vengono quindi riportati e discussi nei capitoli successivi.

Tabella III. C Balzi Rossi Museo: lista e numero dei campioni micromorfologici analizzati per ciascuna unità studiata

Unità (Taglio)	Sezioni sottili analizzate
T (T1)	1 (BR-T1)
T (T6)	1 (BR-T6)
T (T10)	1 (BR-T10)
T (T12)	1 (BR-T12)
Br1	1 (BR-BR1)
Br2	2 (BRI90-BR2; BR-BR2)
Br2/Br3	1 (BRI90-BR2-BR3)
Br4	3 (BR-BR4; BRM17-04; BRM17-03)
Br5	2 (BR-BR5-ALTO; BR-BR5)
Br6	2 (BR-BR6; BRM17-02)
Br6/A1	1 (BRM17-05)
A1	3 (BR-ARG1; BRM17-06; BRM17-01)

⁷⁶ Si coglie qui l'occasione per ringraziare il prof. Mauro Cremaschi per averli gentilmente messi a disposizione.

⁷⁷ In corso di scavo è stata riconosciuta anche l'unità Br7, che non è stata tuttavia campionata a causa delle sue caratteristiche sedimentarie (v. Figura III. 9)

⁷⁸ L'indicazione della provenienza stratigrafica dei singoli campioni può essere desunta dalla sigla con cui ciascuna singola sezione sottile è stata denominata (comm. pers. Mauro Cremaschi, novembre 2018)

RISULTATI

Il presente capitolo si propone di fornire una descrizione completa delle evidenze stratigrafiche osservate sul terreno e di quelle riconosciute in occasione delle analisi micromorfologiche, correlando i dati raccolti durante le campagne di scavo degli anni '90 con quelli più recenti.

Vengono quindi di seguito riportati il dato macroscopico, ottenuto dalle descrizioni di campo, e il dato microscopico, ottenuto per mezzo delle osservazioni micromorfologiche e microstratigrafiche. Per la presentazione dei risultati viene seguito l'ordine stratigrafico delle unità riconosciute sul terreno in fase di scavo, dal tetto della stratificazione alla sua base. La denominazione delle singole unità e sotto-unità fa invece riferimento alla riorganizzazione proposta nel presente elaborato e disponibile nella Tabella III. C.

5.1 Assetto stratigrafico

I depositi indagati sono più propriamente due, rispettivamente collocati a monte e all'interno del nuovo edificio museale (v. Figura III. 8). Il primo, Settore A (unità Tetto), corrispondente al suolo sommitale, è stato completamente asportato durante le campagne degli anni '90: per esso vengono pertanto presentati i dati raccolti a partire dalla documentazione di scavo originale⁷⁹. Il secondo, Settore B (unità Breccie e Argilla), è invece ancora oggi parzialmente conservato nella porzione costituita dalla sezione stratigrafica W (Figura III. 10), lasciata come testimone e in seguito musealizzata. Il suolo sommitale e le breccie sarebbero quindi tra loro "separati probabilmente da una superficie di erosione" (Cremaschi et al. 1991:48).

Complessivamente, i depositi costituiscono il lembo distale di una falda detritica che degrada a partire dalla base della parete rocciosa in cui si aprono la Grotta di Florestano e il Riparo Lorenzi, fino a raggiungere il livello della piattaforma tirreniana. L'unità Tetto si configura come un suolo di tipo rendzina, complessivamente omogeneo e solo sporadicamente interessato da variazioni tessiturali, ma mai stratigrafiche. Le unità di Breccia presentano, invece, un'articolazione interna ben riconoscibile e sono separate le une dalle altre da limiti piuttosto regolari, tutt'oggi riconoscibili (v. Tabella III. D). Si tratta di breccie a

⁷⁹ Una prima descrizione basata sulle attività di scavo è disponibili anche in Cremaschi *et al.* 1991:48-49; Negrino 1994:18, 2002:35.

supporto clastico, costituite da frammenti di calcare locale dominanti per abbondanza, con organizzazione caotica e selezione scarsa. Intercalate a queste si trovano anche unità con clasti maggiormente selezionati e organizzati in forma di lenti (Br3)⁸⁰ e *stone line* (Br5). La matrice è limo-argillosa, marrone e interessata da un grado di cementazione differenziale, che diventa progressivamente maggiore nelle unità superiori (Br1-Br2) rispetto a quanto si registra in quelle basali. Sui clasti si osservano comuni tracce di alterazione, quali decarbonatazione e rivestimenti fosfatici. Si discosta l'unità Argilla, che presenta, invece, le caratteristiche tipiche di un paleosuolo tipo "Terra Rossa", con matrice argillosa, marrone fortemente arrossata e con noduli e rivestimenti di ferro-manganese. La serie stratigrafica termina poggiando con limite netto sulla piattaforma della spiaggia tirreniana, la quale costituisce una superficie erosiva scavata in roccia, con andamento sub-orizzontale, successivamente interessata da fenomeni di carsificazione tipo carso coperto.

Tutte le unità conservano materiale archeologico in quantità variabili (v. §3.1.1 e §3.1.2). Per quanto riguarda il Settore A, nella porzione superiore dell'unità Tetto sono stati rinvenuti numerosi resti di fauna e manufatti attribuibili all'Epigravettiano finale (T1-T3). I tagli mediani (T4-T7) hanno restituito ulteriori reperti faunistici e manufatti epigravettiani, con abbondanza decrescente in rapporto alla profondità (T8-T12). Nei tagli inferiori le caratteristiche tecnologiche variano invece in direzione di industrie gravettiane (T13-T14). Nel Settore B, nei livelli superiori delle Breccie (B1-B2) sono stati ritrovati scarsi reperti aurignaziani. Le unità sottostanti (Br3-Br6) hanno invece restituito scarsi reperti faunistici (mal conservati in Br5) e manufatti musteriani (molto scarsi in Br7). L'unità Argilla si presenta come l'unità più ricca di reperti archeologici, con più di duemila manufatti litici riconducibili al Musteriano arcaico di tecnica non *Levallois*; molto scarsi e indeterminabili sono i resti faunistici, spesso interessati da tracce di combustione. È stata inoltre osservata una distribuzione differenziale del materiale archeologico, che risulta scarso nella parte sommitale dell'unità mentre si concentra nelle fessure di dissoluzione presenti sul substrato ("nidi di selce"). Complessivamente, la successione stratigrafica (Argilla-Breccie-Tetto) e le cronologie attribuite ai reperti archeologici ritrovati lungo la sua estensione sembrerebbero quindi documentare l'intero ciclo interglaciale-glaciale-postglaciale.

5.1.1 Descrizione geoarcheologica delle unità principali

Unità Tetto

L'unità Tetto corrisponde al deposito compreso tra la superficie topografica del *talus* detritico e il tetto della sottostante breccia cementata (Settore A). Lo scavo è stato effettuato per tagli artificiali (T1-T14), condotti parallelamente al versante, al fine di seguirne la giacitura e l'orientamento originali.

⁸⁰ In corso di scavo è stata riconosciuta un'articolazione interna di Br3 in due livelli (B3 e B3a), poi unificati.

I tagli superiori (T1-T3) presentano un'aggregazione poliedrica angolare fortemente sviluppata, matrice argillosa di colore marrone scuro, ricca di sostanza organica (soprattutto in T1 e T2). La frazione grossolana è costituita da comuni clasti calcarei, debolmente corrosi in superficie e con abbondanza via via crescente in T3 (soprattutto alla base). I tagli sottostanti (T4-T12) presentano una matrice limo-argillosa di colore marrone scuro, massiva e porosa. La frazione grossolana è costituita da clasti calcarei con forme da sub-angolari a sub-arrotondate e localmente decarbonatati in superficie, i quali si organizzano in forma di *stone line* alla base di T12. In corrispondenza degli ultimi due tagli (T13-14) la natura della matrice rimane invariata, ma assume un colore più chiaro, contestualmente ad un incremento delle concrezioni calcaree e alle dimensioni e abbondanza degli stessi clasti calcarei. La base dell'unità Tetto (T14) risulta quindi separata dalle sottostanti unità di Brecce con limite abrupto.

Unità Brecce

Le unità Brecce sono state descritte sia durante le campagne di scavo degli Anni '90, sia nella sezione W (Settore B). In entrambi i casi è stata osservata un'articolazione interna in sette sotto-unità distinte: Br1-Br7 (v. Tabella III. D). Le due unità superiori (Br1-Br2) si caratterizzano come breccie a supporto clastico, con frammenti di calcare da angolari a sub-angolari (da 1 cm a max. 20 cm), matrice limosa con presenza di miche, fortemente cementata e più abbondante alla base. Il limite tra le due unità è graduale; risulta invece chiaro con Br3, la quale costituisce un livello a supporto clastico e scarsa matrice limosa debolmente cementata. Br4 si presenta come breccia a supporto clastico con frammenti di calcare da angolari a sub-angolari e poco alterati (da 1 cm a max. 20 cm); la matrice è argillosa e si osserva un'aggregazione poliedrica sub-angolare moderatamente sviluppata. Br5 si caratterizza come *stone line* di spessore decimetrico e matrice simile a Br4. L'unità Br6 è nuovamente una breccia a supporto clastico, con frammenti calcarei sub-arrotondati e fortemente corrosi (da 1 cm a max. 20 cm), matrice argillosa e limite inferiore netto con Br7, la quale si configura come uno strato colluviale costituito esclusivamente da clasti calcarei, tra cui blocchi con dimensioni fino a 1 m. Localmente, Br6 poggia direttamente su A1, con limite poco distinguibile, dovuto proprio alle similitudini presentate dalla matrice nella fascia di contatto.

Unità Argilla

L'unità Argilla è stata descritta sia durante la campagna di scavo sia nella sezione W (Settore B). Costituisce un orizzonte di un suolo sepolto di tipo "terra rossa" (descritto in fase di scavo come argillico), con matrice argillosa fortemente arrossata e struttura poliedrica angolare. Contiene noduli di ferro-manganese, diversi ciottoli centimetrici arrotondati di arenarie terziarie e calcari marnosi decarbonatati e corrosi alla base. Il limite inferiore con il substrato calcareo, sul quale si è sviluppata la spiaggia tirreniana, è netto e segue l'andamento sub-orizzontale del secondo; localmente il suolo costituente l'unità argilla ne riempie anche le fessure di dissoluzione.

Tabella III. D Principali caratteristiche delle unità scavate (v. Cremaschi et al. 1991:48; Negrino 2002a:35–36)

<i>Unità</i>	<i>Settore</i>	<i>Descrizione</i>
Br1	B	Breccia a supporto clastico con frammenti di calcare da angolari a sub-angolari (da 1 cm a max. 20 cm); matrice limosa, 10YR 6/4, fortemente cementata e più abbondante alla base dell'unità; limite inferiore graduale
Br2	B	Breccia a supporto clastico con frammenti di calcare da angolari a sub-angolari (da 1 cm a max. 20 cm); matrice limosa, 10YR 6/4, moderatamente cementata e più abbondante alla base dell'unità; limite inferiore chiaro
Br3	B	Lente a supporto clastico con frammenti di calcare da sub-angolari a sub-arrotondati, più grandi al tetto (centimetrici) e più piccoli e sub-arrotondati alla base (1-2 cm), soprattutto al contatto con l'unità inferiore; matrice limosa, 5YR 4/4, molto scarsa e debolmente cementata
Br4	B	Breccia a supporto clastico con frammenti di calcare da angolari a sub-angolari e poco alterati (da 1 cm a max. 20 cm); matrice argillosa, 4YR 4/6, con aggregazione poliedrica sub-angolare moderatamente sviluppata
Br5	B	Stone line di spessore decimetrico; matrice simile a Br4 ma assente nella sezione musealizzata
Br6	B	Breccia a supporto clastico con frammenti calcarei sub-arrotondati e fortemente corrosi (da 1 cm a max. 20 cm); matrice argillosa, 2.5YR 3/5; limite inferiore netto con Br7, ma poco distinguibile con A1
Br7	B	Breccia a supporto clastico con predominanza di clasti e presenza di blocchi (fino a max. 1 m); matrice assente
A1	B	Orizzonte di un suolo sepolto di tipo "terra rossa"; matrice argillosa, 2.5YR 3/5, facce di pressione comuni, noduli e rivestimenti di ferro e manganese; contiene diversi litorelitti (ciottolotti silicei, ciottoli arrotondati di arenarie terziarie e di calcari marnosi decarbonatati) e, nella parte inferiore, alcuni clasti calcarei profondamente corrosi; limite inferiore netto con il calcare del substrato, del quale riempie le fessure di dissoluzione

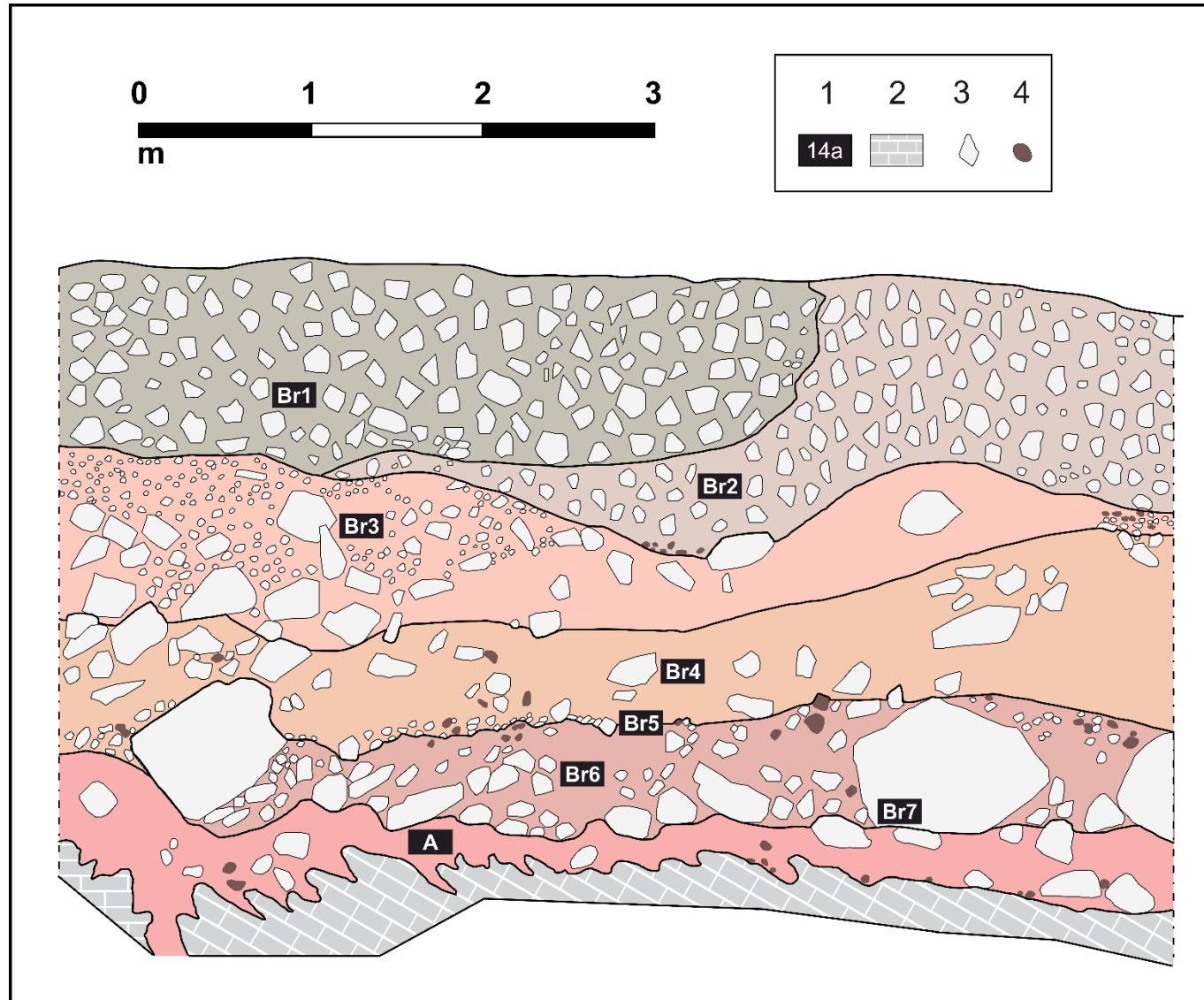


Figura III. 10. Balzi Rossi Museo: sezione stratigrafica del deposito conservato presso il Settore B, alla fine della campagna di scavo del 1990. Legenda: 1: unità; 2: substrato roccioso; 3: frammenti di roccia calcarea; 4: noduli di ossidi di Fe-Mn (modificato da Cremaschi et al. 1991).

5.2 Micromorfologia Archeologica

Le osservazioni di campo e la revisione della descrizione stratigrafica di scavo hanno permesso di definire le principali caratteristiche macroscopiche della porzione di deposito conservata all'interno dell'edificio museale. È stato possibile identificare una variabilità nelle unità delle breccie nelle loro caratteristiche granulometriche, tessiturali e nel grado di cementazione, oltre a confermare la presenza, alla base della stratificazione, di uno strato con caratteristiche pedogenetiche ben sviluppate. Lo studio delle sezioni sottili (v. Tabella III. C) ha quindi permesso di analizzare nel dettaglio anche la composizione dei sedimenti e la microstratigrafia interna alle singole unità riconosciute sul terreno. Nell'ambito di queste analisi è stato possibile studiare anche i suoli/sedimenti costituenti il deposito del suolo sommitale, ad oggi non più conservato. I dati raccolti vengono presentati raggruppando i campioni secondo la suddivisione in tre unità stratigrafiche principali effettuata in fase di scavo: il suolo sommitale (unità Tetto), le breccie stratificate (unità Breccie) e il paleosuolo (unità Argilla). I risultati ottenuti dalle osservazioni effettuate sui singoli campioni analizzati per ciascuna unità sono invece riassunti nelle Tabelle E, F e G più sotto.

5.2.1 Le classi di materiali

Le analisi micromorfologiche hanno messo in evidenza una sostanziale ricorrenza nella tipologia dei componenti costituenti la frazione grossolana in tutta la successione stratigrafica; al contrario, si registrano abbondanze e distribuzioni disomogenee all'interno delle singole unità. I diversi componenti sono stati pertanto raggruppati in quattro classi di materiali, suddivise su base genetica e di seguito descritte in ordine di abbondanza: componenti carbonatici (CRB), componenti silicoclastici (SIL), componenti antropogenici e biogenici (ABC) e altri materiali che non rientrano nelle classi precedenti (OTH). Per la classificazione delle rocce calcaree sono stati seguiti i modelli proposti da R. L. Folk (1959, 1962) e R. J. Dunham (1962), mentre per le arenarie di F. J. Pettijohn (1954; Pettijohn *et al.* 2012). Sono stati inoltre individuati due raggruppamenti granulometrici prevalenti: il primo rappresentato dalla frazione grossolana delle dimensioni delle ghiaie, costituito principalmente da frammenti di roccia carbonatica locale e più raramente da altre litologie, frammenti di ossa e gusci di molluschi; il secondo, rappresentato dalla frazione fine, con dimensioni comprese tra il limo e la sabbia, all'interno del quale ricadono invece i minerali derivanti dalla disgregazione delle medesime rocce o quelli precedentemente inglobati all'interno del sedimento costituente il detrito di falda.

La frazione carbonatica (CRB) è quella maggiormente rappresentata ed è costituita da frammenti di calcare locale di diversa natura, tra cui, in ordine di abbondanza *packstone* (oosparite) (Figura III. 11a), *wackestone* (biosparite), (Figura III. 11b), *mudstone* a cemento sparitico (Figura III. 11c, d) e calcare micritico con vene di calcite sparitica (Figura III. 11e, f), frammenti del tappeto algale (calcare stromatolitico) e

di speleotemi (Figura III. 11g); a questi si aggiungono i cristalli di calcite derivanti dalla disgregazione di queste litologie e che sono stati successivamente inglobati all'interno della massa di fondo (Figura III. 11h). I frammenti di calcare hanno forme da angolari (Brecce superiori) a subangolari (Tetto e Brecce inferiori) e dimensioni medie che raggiungono diversi cm (Ss e Gr) (v. APPENDICE VI). In molti casi sono presenti evidenti tracce di alterazione differenziale conseguenti ai processi diagenetici che li hanno interessati (v. sotto). I cristalli di calcite conservati (Ss e Lm) sono invece più scarsi e, quando presenti, appaiono con forme da subangolari a sub-arrotondate e spesso interessati da forte alterazione. L'origine della frazione rappresenta l'apporto proveniente dalla parete di calcare giurassico che si innalza alle spalle del deposito e che si è accumulata come conseguenza di processi di caduta di detriti direttamente lungo il versante o dai movimenti di massa che li hanno presi in carico.

La frazione silicoclastica (SIL) risulta complessivamente più scarsa all'interno dell'intera successione. Sono stati riconosciuti frammenti di arenaria (Figura III. 12a, b), soprattutto glauconitica (Figura III. 12c, d), frammenti di selce naturale (Figura III. 12e, f) e di quarzite (Figura III. 12g, h), con forme variabili da angolari a subangolari. Il minerale più comune è il quarzo (monocristallino e policristallino; Ss), con forma subangolare. Si osservano inoltre diversi cristalli di feldspati da angolari a subangolari (Ss), con leggera prevalenza dei plagioclasti sugli alcalini e presenza di pertiti. Alcuni granuli minerali si presentano fortemente alterati e localmente interessati da rivestimenti o sostituzioni di calcite di formazione secondaria. Sono state inoltre osservate, in quantità molto scarse, glauconite e miche (Lm), quasi interamente muscoviti e solo occasionalmente biotiti.

I materiali derivanti dall'attività biogenica sono stati raggruppati in una classe distinta, nella quale sono stati fatti rientrare anche quelli di origine antropogenica (ABC). In tutte le unità sono stati osservati frammenti di gusci a composizione carbonatica di molluschi (Ss-Gg), sia terrestri sia marini (Figura III. 13a-d) con abbondanza da scarsa a comune e gradi di alterazione differenziali tra le unità di breccia e quelle pedogenizzate, caratterizzati da un progressivo aumento nel tasso di dissoluzione delle sostanze carbonatiche che li compongono. Seguono scarsi frammenti di ossa animali e molto scarsi denti (Figura III. 13e, f), la cui provenienza può essere ricondotta alla macrofauna identificata a livello macroscopico e, molto raramente, anche all'avifauna (Figura III. 13g, h). Complessivamente, i frammenti di ossa presentano dimensioni eterometriche (Ss), colori che dal bianco si intensificano fino all'arancione, gradi di conservazione differenziale e distribuzione caotica: a frammenti ben conservati (Figura III. 14a, b) ne sono associati altri interessati da alterazione fisico-chimica più o meno intensa, quali tracce connesse alla digestione dei frammenti ad opera di uccelli rapaci o di altri animali (Figura III. 14c, d), impregnazioni e rivestimenti di sostanze secondarie, tra cui fosfati e ossidi di Fe-Mn. Nel suolo sommitale sono stati osservati anche frammenti di gusci di uccelli, presenti con abbondanza molto scarsa (Figura III. 14e, f). Sono inoltre

presenti scarsi componenti di natura fosfatica, eterometrici (Ss), con forme da subangolari a subarrotondate: all'osservazione in BL appaiono per lo più come frammenti amorfi, caratterizzati da una *b-fabric* indifferenziata e fortemente autofluorescenti (probabilmente derivati da escrementi) (Figura III. 14g, h).

Tra i componenti antropogenici rientrano invece alcune schegge micrometriche in selce derivanti dalle attività connesse alla produzione e all'utilizzo di manufatti (v. Angelucci 2010 per i parametri distintivi) e identificati in diverse unità lungo l'intera stratificazione (Figura III. 15a-d). Molto raramente, ed esclusivamente nell'unità Tetto, si osservano anche frammenti di ossa (Ss) interessati da alterazione termica (Figura III. 15e, f). Sono inoltre presenti resti di carbone di origine vegetale (Ss-Lm) (Figura III. 15g, h), per lo più fortemente alterati (frammenti residuali micrometrici) e inglobati all'interno della massa fine.

I componenti che per le loro caratteristiche non rientrano in nessuna delle tre classi precedenti sono stati isolati in un gruppo distinto (OTH). Questo comprende *pedorelitti* e *papules*⁸¹, derivanti dall'erosione dei sedimenti e dei suoli sviluppati sulla superficie del versante in periodi precedenti e successivamente inglobati all'interno del deposito.

⁸¹Si tratta rispettivamente di frammenti di suoli più antichi e rivestimenti di argilla rimaneggiati e dispersi, ritrovati all'interno della massa di fondo (cf. Brewer 1976).

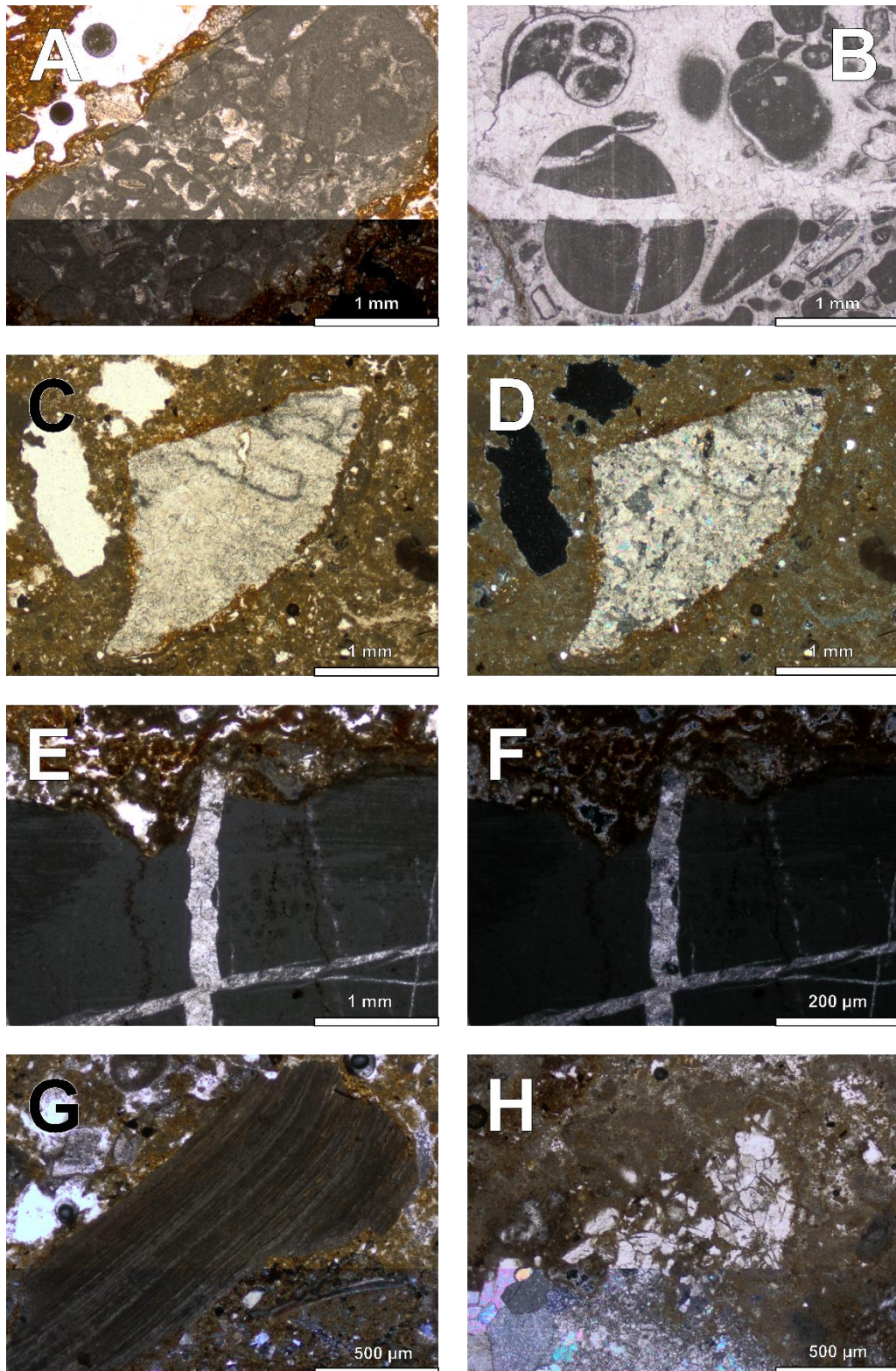


Figura III. 11. Balzi Rossi Museo: microfotografie dei componenti carbonatici (CRB): (A) frammento subangolare di *packstone* (oosparite), unità Br4, PPL (sopra) e XPL (sotto); (B) dettaglio di un frammento di *wackestone* (biosparite), da notare il fossile in alto a sinistra, unità Br2, PPL (sopra) e XPL (sotto); (C) frammento di *mudstone* a cemento sparitico, da notare il rivestimento continuo di argilla rossa ricca in Fe, unità Br1, PPL; (D) idem in XPL; (E) frammento di *mudstone* a cemento micritico con vene sparitiche, da notare la conservazione differenziale delle due granulometrie, unità Br2, PPL; (F) idem in XPL; (G) frammento di saprolite, unità Br2, PPL e XPL; (H) frammento di calcare fortemente alterato con cristalli subangolari di calcite in fase di distacco, unità Br6, PPL e XPL.

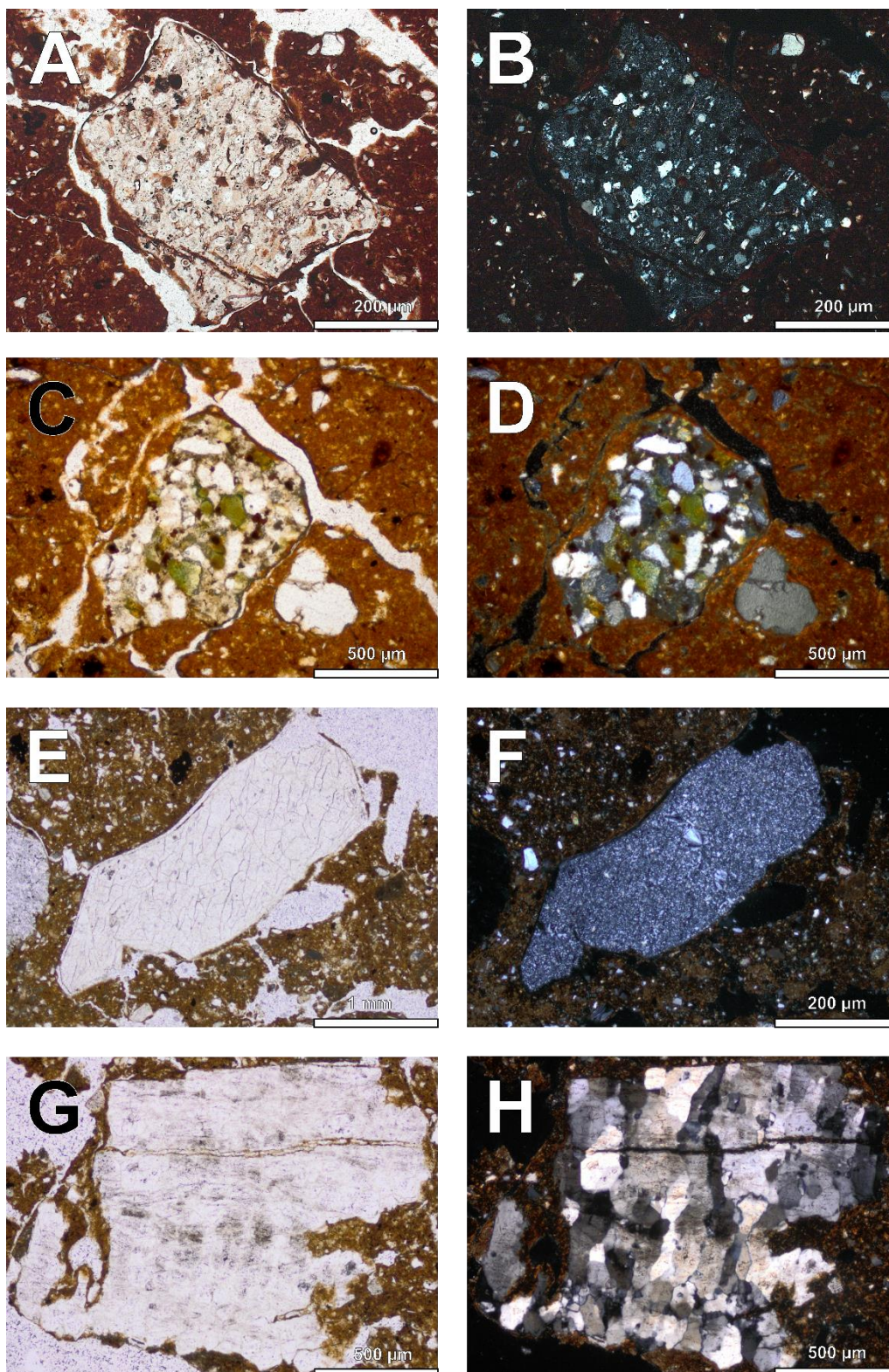


Figura III. 12. Balzi Rossi Museo: microfoto dei componenti siliclastici (SIL): (A) frammento angolare di arenaria impura (grovacca), unità A1, PPL; (B) idem in XPL; (C) frammento subangolare di arenaria glauconitica, unità T12, PPL; (D) idem in XPL; (E) frammento subangolare di selce microcristallina naturale, unità T12, PPL; (F) idem in XPL; (G) frammento subangolare di quarzite, unità T10, PPL; (H) idem in XPL.

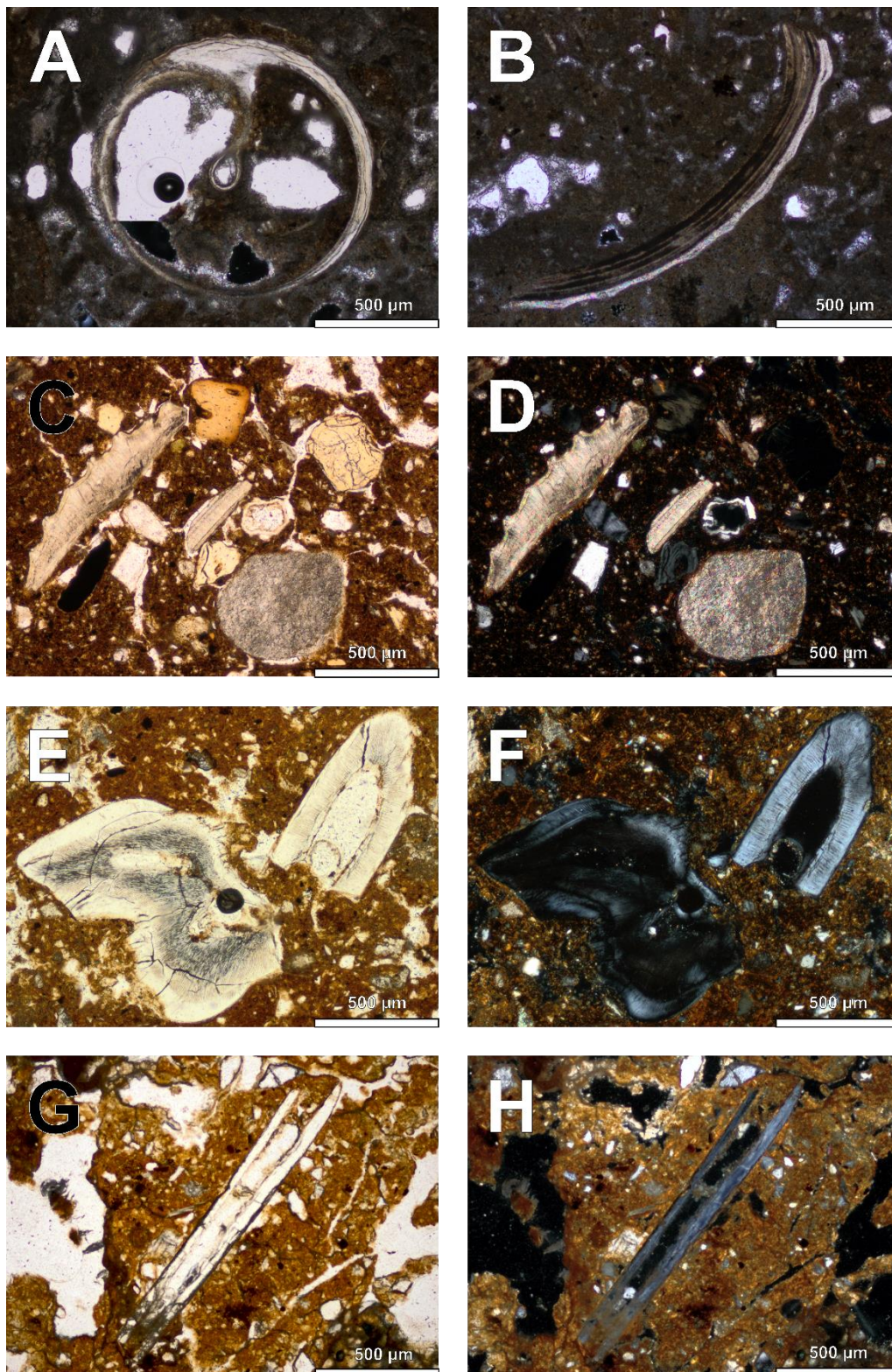


Figura III. 13. Balzi Rossi Museo: microfoto dei componenti biogenici (ABC): (A) frammento di guscio di gasteropode terrestre, unità Br2, PPL (sopra) e XPL (sotto); (B) frammento di guscio di bivalve, unità Br1, PPL (sopra) e XPL (sotto); (C) frammento di guscio di gasteropode marino (*Patella*) e frammenti di ossa subangolari, unità T1, PPL; (D) idem in XPL; (E) frammenti di dente, unità Br6, PPL; (F) idem in XPL; (G) frammento di osso lungo di uccello, Br4, PPL; (H) idem in XPL.

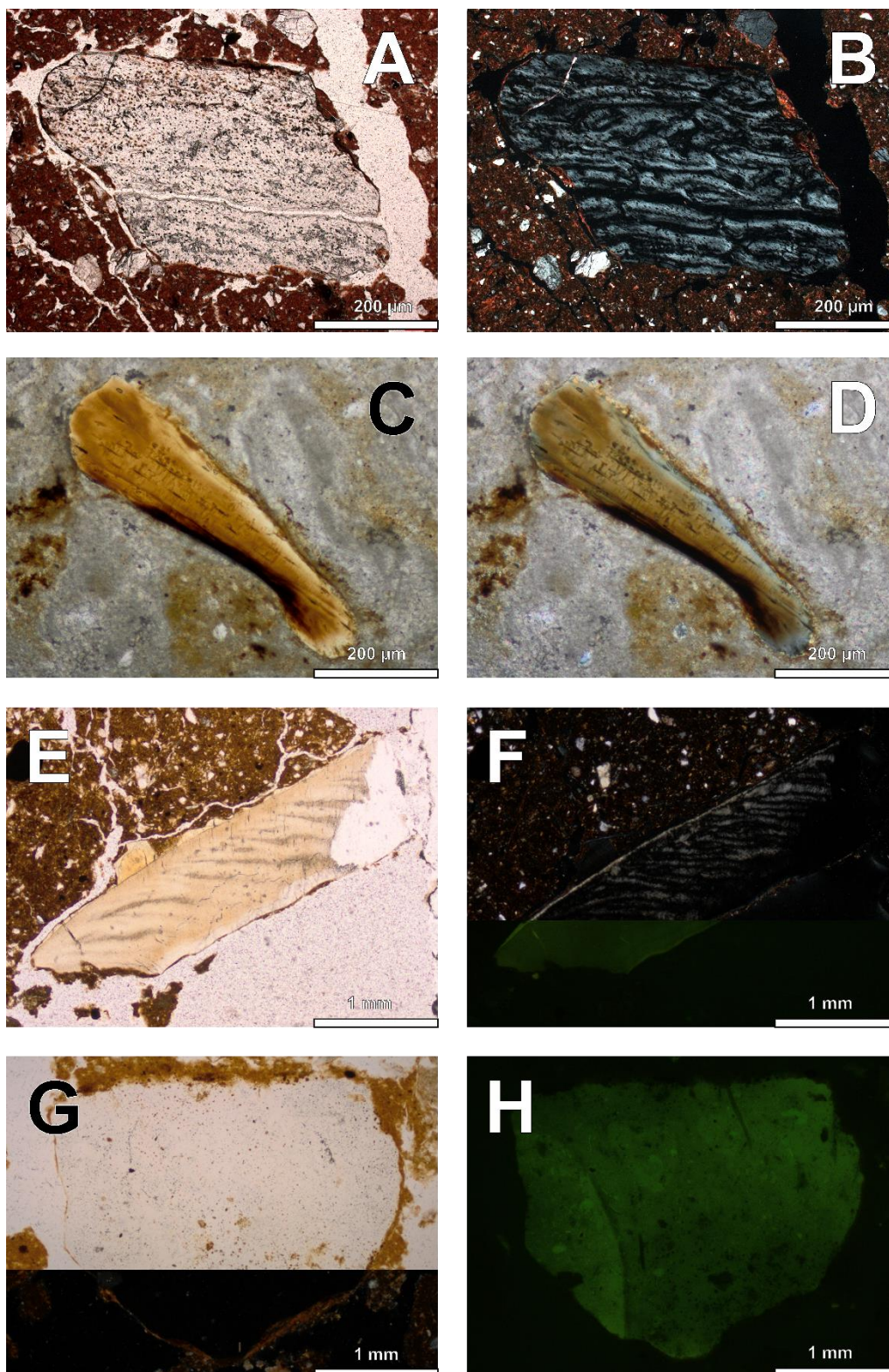


Figura III. 14. Balzi Rossi Museo: microfoto dei componenti biogenici (ABC): (A) frammento di osso subangolare, notare la frattura postdeposizionale, unità Br6, PPL; (B) idem in XPL –da notare la struttura a nodi ben conservata; (C) frammento di osso digerito –da notare il rivestimento discontinuo e il colore conseguenti all’impregnazione di ossidi di Mn, unità Br3, PPL; (D) idem in XPL –da notare l’alone di deplezione periferico conseguente all’azione dei succhi gastrici; (E) frammento di guscio di uccello, unità T10, PPL; (F) idem in XPL (sopra) e BL (sotto); (G) componente a composizione fosfatica (probabilmente coprolite) –da notare la *b-fabric* granostriata, Br6, PPL (sopra) e XPL (sotto); (H) idem in BL.

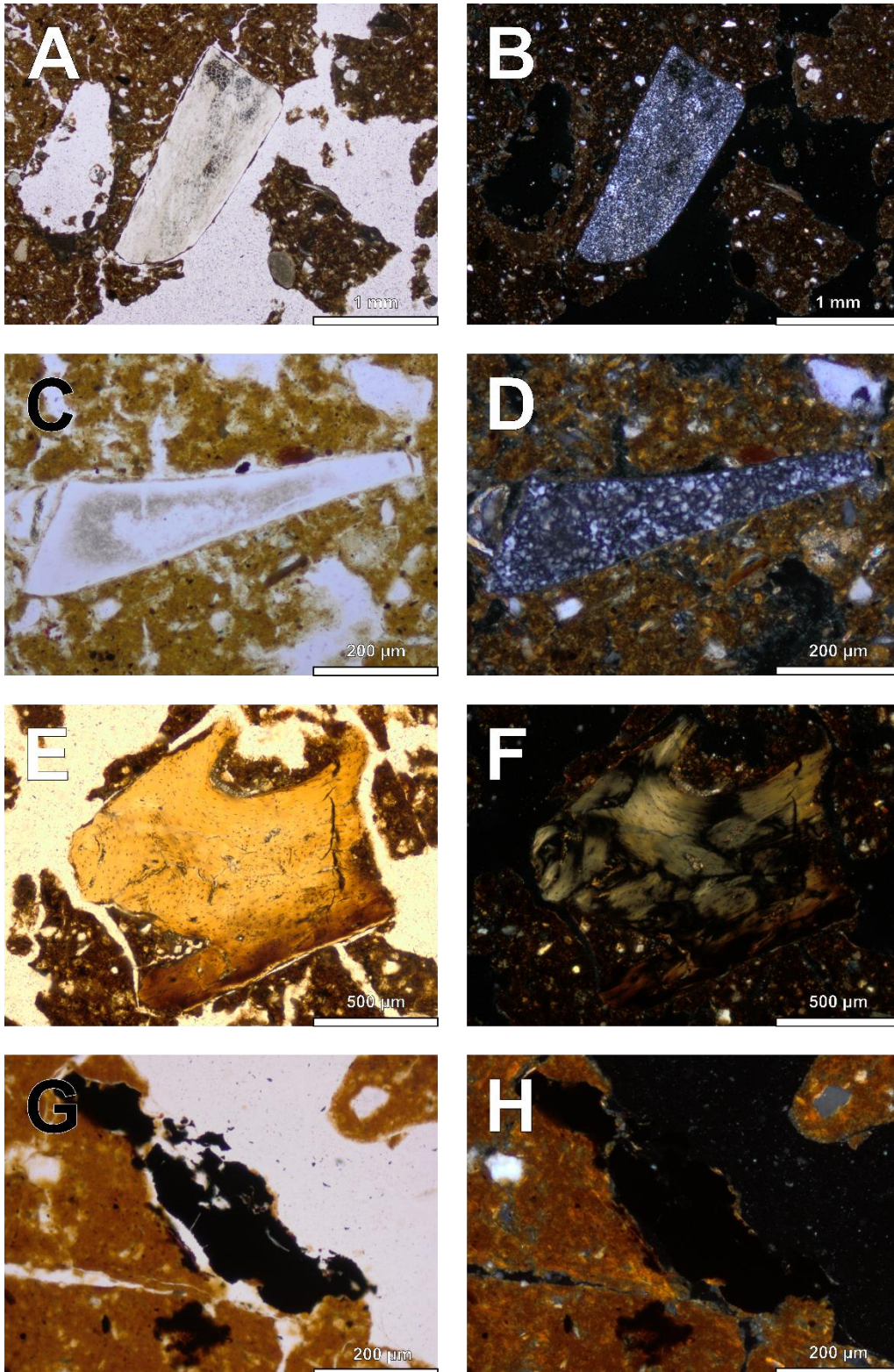


Figura III. 15. Balzi Rossi Museo: microfoto dei componenti antropogenici (ABC): (A) scheggia antropogenica millimetrica in selce, unità T12, PPL; (B) idem in XPL; (C) scheggia antropogenica micrometrica in selce con angoli e bordi netti, unità T10, PPL; (D) idem XPL; (E) frammento di osso parzialmente combusto –da notare il colore bruno scuro nella parte inferiore, unità T1, PPL; (F) idem in XPL –da notare come i tratti caratteristici della struttura dell'osso siano ancora preservati ma i colori siano variati; (G) frammento di carbone vegetale, unità T1, PPL; (H) idem in XPL.

5.2.2 Descrizione sistematica delle unità principali

Unità Tetto

Il suolo sommitale è stato scavato per tagli artificiali di 10 cm (v. §3.1), dei quali solamente quattro sono stati campionati per analisi micromorfologiche: T1, T6, T10 e T12. Complessivamente, tutti i campioni sono caratterizzati da una massa di fondo limo-argillosa, costituita di materiale fine di colore marrone, che diventa più chiaro in relazione all'incremento della profondità, e dall'aspetto maculato e puntinato, per via della diffusa presenza di materia organica di dimensioni micrometriche. La frazione fine è prevalente rispetto a quella grossolana (limite g/f a $5\ \mu\text{m}$) e la distribuzione relativa g/f si presenta porfirica con spaziatura da doppia a aperta. La *b-fabric* appare maculata e localmente granostriata (ad es. in T6); solo in alcune aree ristrette assume invece un aspetto cristallitico a causa della parziale micritizzazione della micromassa (ad es. in T12). La microstruttura si presenta poliedrica subangolare, con aggregati moderatamente sviluppati e separati⁸², anche se la bioturbazione ha determinato la formazione di microstrutture secondarie a canali, localmente sovrainposte a quella principale. Tra i componenti identificati prevale la frazione CRB, costituita da comuni frammenti di calcare locale con forme da subangolari a subarrotondate e costituiti prevalentemente di calcite sparitica e, in quantità inferiore, da micrite. Meno rappresenta risulta invece la frazione SIL, con scarsi quarzi, feldspati, glauconiti e miche, affiancati da frammenti di rocce con abbondanza molto scarsa, quali selci, arenarie glauconitiche e quarziti. Scarsi sono anche i componenti ABC, quali gusci di molluschi marini e terrestri (ad es. in T1, Figura III. 13c, d), frammenti subangolari di ossa, tra cui alcune bruciate, e schegge antropogeniche (ritrovate in associazione solamente in T1 e T12).

Tra le pedofigure vengono osservati accumuli secondari di ossidi di Fe-Mn, da molto scarsi a scarsi, in forma di noduli ortici e disortici intrapedali, tipici e raramente dendritici, e di rivestimenti, sviluppati per lo più intorno ai componenti grossolani. Molto raramente si osservano frammenti e accumuli secondari di sostanze fosfatiche in forma di noduli (Figura III. 16a, b) e di rivestimenti e aloni attorno a frammenti di calcare (Figura III. 16c, d). Significative sono invece le tracce lasciate dalla bioturbazione, identificabili nei riempimenti sciolti discontinui di materiale fine, resti di radici e escrementi di insetti (*fecal pellets* e biosferoidi) all'interno di canali e camere (Figura III. 16e-h). Come già osservato sul terreno, non sono state invece riconosciute pedofigure di tipo tessiturale.

⁸² Si segnala che la TS BR-BR4 (Br4) risulta massivamente rimaneggiata in conseguenza delle operazioni di prelievo e/o del trattamento del campione e viene qui pertanto considerata unicamente la microstruttura intrapedale, trattandosi della sola correttamente conservata.

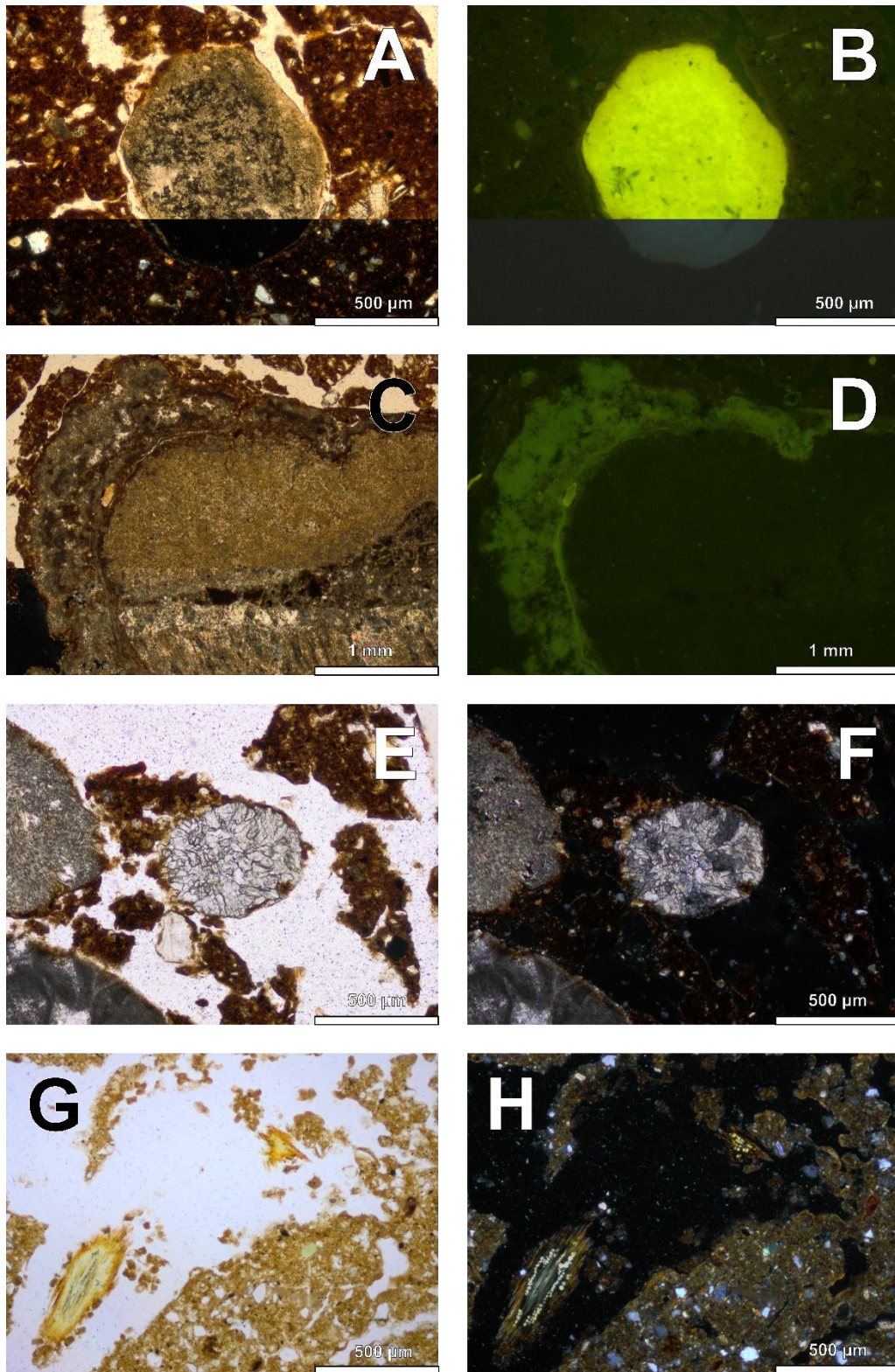


Figura III. 16. Balzi Rossi Museo: microfoto di alcune pedofigure: (A) nodulo fosfatico sub-arrotondato, unità T1, PPL (sopra) e XPL (sotto); (B) idem in BL (sopra) e UV (sotto); (C) frammento di calcare locale con rivestimento micritico, unità T12, PPL e XPL; (E) idem; da notare l'alone fosfatico (*rim*) sovrapposto al rivestimento indicato in C, BL; (E) biosferode da verme di terra, unità T1, PPL; (F) idem in XPL; (G) riempimento sciolto discontinuo all'interno di un canale costituito da radici, escrementi di insetti e aggregati micrometrici di suolo, unità T6, PPL; (H) idem in XPL.

Unità Breccia superiori

Le unità di Breccia presentano sul terreno un'articolazione interna più sviluppata: nella porzione superiore si osserva un grado di cementazione avanzato, che diminuisce progressivamente con l'aumento della profondità; nella porzione inferiore, fa invece da contraltare un primo sviluppo di pedogenesi (v. sotto). Le unità Br1 e Br2 presentano una microstruttura apedale, conseguenza diretta dell'elevata cementazione del materiale fine; solo localmente questa viene intercettata da vacui e vescicole aperti in corrispondenza della porosità originaria e ora parzialmente sigillata (Figura III. 17a, b). La frazione grossolana risulta prevalente rispetto a quella fine (limite g/f a 5 µm), mentre la distribuzione relativa g/f si presenta porfirica con spaziatura da doppia ad aperta. La *b-fabric* appare calcitica cristallitica, per via dell'elevata concentrazione di micrite all'interno della micromassa, che risulta quantitativamente superiore nella frazione argillosa. Tra i componenti grossolani sono dominanti i CRB, costituiti da comuni frammenti di calcare fortemente alterati e scarsi cristalli di calcite con forme da sub-angolari a sub-arrotondate. Molto scarsa è invece la frazione SIL, rappresentata da frammenti sub-angolari di arenaria e selce, quarzi, feldspati, glauconite e miche. Tra i componenti di origine biogenica si osservano frammenti di gusci di gasteropodi (ad es. in Br1, v. Figura III. 13b), da scarsi a comuni, ai quali si affiancano molto scarsi frammenti sub-angolari di ossa. In questa porzione delle brecce, l'osservazione micromorfologica non ha rilevato alcuna presenza di componenti antropogenici.

Tra le pedofigure risultano predominanti quelle connesse alla dissoluzione e alla formazione secondaria del carbonato di calcio, rappresentate da comuni riempimenti micritici secondari densi discontinui e sciolti discontinui. A questi si aggiungono rivestimenti, quasirivestimenti e pendenti di calcite e micrite attorno ai frammenti di calcare, oltre a scarsi noduli. Sono stati osservati scarsi accumuli secondari di ossidi di Fe-Mn in forma di noduli ortici tipici intrapedali e raramente anche disortici; comuni sono invece gli accumuli secondari di sostanze fosfatice, sia in forma di rivestimenti e aloni intorno ai frammenti di calcare, sia di noduli, per lo più subarrotondati. Significative sono le tracce lasciate dalla bioturbazione, identificabili nei riempimenti sciolti discontinui di materiale fine e/o di escrementi di insetti (*fecal pellets* e biosferoidi) all'interno dei canali. Come già osservato anche sul terreno, non sono state invece riconosciute pedofigure di tipo tessiturale.

Unità di Breccia inferiori

Le unità di Breccia inferiori (Br3, Br4, Br5 e Br6) sono caratterizzate da un grado di cementazione sensibilmente meno sviluppato rispetto a quelle superiori e, contestualmente, da un aumento nell'abbondanza del materiale fine limo-argilloso, il quale si presenta di colore da marrone chiaro a rossastro, maculato e puntinato. Complessivamente, le unità presentano una microstruttura poliedrica subangolare, con aggregati da debolmente a moderatamente sviluppati (Figura III. 17c, d), a cui si affiancano aree fortemente bioturbate e caratterizzate da una microstruttura spugnosa.

La frazione fine risulta prevalente rispetto a quella grossolana (limite g/f a 5 μm), con una distribuzione relativa g/f porfirica con spaziatura da doppia ad aperta. La *b-fabric* appare maculata e localmente striata (poro- o grano-striata), con scarse aree dove risulta calcitica cristallitica per via di una di un'elevata presenza di micrite nella massa di fondo (ad es. in Br3 al contatto con l'unità superiore). Tra i componenti grossolani, quelli appartenenti alla classe CRB risultano da scarsi a comuni e sono rappresentati da frammenti di calcare oolitico e, in quantità minori, micritico, con forme da sub-angolari a sub-arrotondate e elevato grado di alterazione; si osservano anche cristalli sciolti di calcite, a loro volta fortemente alterati. La frazione SIL è rappresentata da quarzi e feldspati, da scarsi a comuni, e con abbondanza minore da glauconiti e miche. Vengono inoltre osservati frammenti di arenaria, quarzite e selce con forme da sub-angolari a sub-arrotondati e con abbondanza sempre molto scarsa (spesso rappresentati solamente da uno o due frammenti). Per la classe ABC sono stati identificati scarsi frammenti subangolari di ossa e di gusci di gasteropodi e molto scarsi frammenti di gusci di uova di uccelli e di carboni di origine vegetale. Esclusivamente nell'unità Br5 è stato rinvenuto anche un frammento di selce micrometrico con caratteristiche riconducibili a quelle proprie dei manufatti derivanti dalle attività antropiche di scheggiatura.

Tra le pedofigure si osserva soprattutto l'accumulo secondario di ossidi di Fe-Mn in forma di noduli ortici tipici e dendritici (più scarsi i secondi), presenti con abbondanza da scarsa a comune, e, più raramente, anche in forma di rivestimenti e iporivestimenti attorno a frammenti di ossa e granuli minerali (Br4 e Br6). Si registrano inoltre accumuli di sostanze fosfatice, con abbondanza generalmente scarsa, prevalentemente in forma di noduli e di rivestimenti\aloni attorno ai frammenti di calcare (Br3 e Br6). Sono state osservate anche numerose pedofigure connesse alla dissoluzione e all'accumulo secondario di carbonato di calcio: (1) da scarsi a comuni noduli di calcite e micrite, (2) da scarsi a comuni rivestimenti continui lungo le pareti dei vuoti planari; (3) scarse pedofigure complesse composte da riempimenti di cristalli di calcite grossolana all'interno dei canali (pseudomorfi da tessuti di apparati radicali), circondati da iporivestimenti con deplezione di calcite (*queras*, v. ad es. Figura III. 17 e, f) (Herrero e Porta 1987; Jaillard e Maurin 1991); (4) molto scarsi pendenti sotto i frammenti di calcare (Br6); (6) molto scarsi riempimenti sciolti discontinui di calcite e micrite in forma di aggregati granulari all'interno dei vuoti planari (Br3). Tra le pedofigure tessiturali si osservano: (1) molto scarsi rivestimenti di argilla di colore marrone chiaro, localmente limpida e laminata, lungo le pareti dei vuoti planari (Br5 e Br6) (Figura III. 17g, h); (2) molto scarse intercalazioni di argilla (Br5); (3) molto scarsi riempimenti sciolti discontinui di aggregati di materiale fine misto a cristalli di calcite all'interno di canali; (4) escrementi di insetti e vermi (*fecal pellets*) –quindi di chiara origine biogenica e conseguenti all'azione della nidificazione di insetti e degli apparati radicali (spesso in associazione a 3).

Unità Argilla

L'unità Argilla è costituita da una massa di fondo limo-argillosa di colore da marrone a fortemente arrossato, aspetto maculato e puntinato per via della diffusa presenza di materia organica e frammenti micrometrici di carbone. La frazione fine risulta prevalente rispetto a quella grossolana (limite g/f a 5 μm) e la distribuzione relativa g/f porfirica con spaziatura da singola a doppia/aperta. Complessivamente la *b-fabric* appare prevalentemente maculata, ma si osservano svariate aree dove risulta invece grano-striata, poro-striata o con strie incrociate. La microstruttura si presenta poliedrica subangolare, con aggregati in media moderatamente sviluppati e separati e, a loro volta, localmente intercettati da porosità secondaria (scarsi canali e camere) riconducibile alla bioturbazione.

Tra i componenti identificati prevale la frazione SIL, costituita da comuni quarzi e feldspati, sia alcalini che plagioclasti, fortemente alterati e molto scarse miche e glauconite; molto scarsi risultano anche i frammenti di roccia, con forme da sub-angolari a sub-arrotondate, costituiti, in ordine di abbondanza, da arenaria, quarzite e selce. La frazione CRB è costituita da frammenti millimetrici di calcare e cristalli di calcite fortemente alterati con abbondanza molto scarsa. La frazione ABC è rappresentata da scarsi frammenti sub-angolari di ossa, moderatamente alterati e molto scarsi frammenti di manufatti litici (*débris*).

Tra le pedofigure si osservano accumuli secondari di ossidi di Fe-Mn in forma di comuni noduli ortici tipici e, più raramente, dendritici e disortici; a questi si aggiungono scarsi rivestimenti e iporivestimenti sviluppati intorno ai frammenti di ossa. In questa unità non sono stati rilevati accumuli secondari di sostanze fosfatice, come è invece attestato in tutte quelle superiori. Si osservano invece scarsi rivestimenti continui di micrite lungo le pareti dei vuoti planari, scarsi rivestimenti discontinui sui grani minerali e scarsi noduli di calcite, con abbondanza molto scarsa. Da ultimi, sono presenti scarsi riempimenti sciolti discontinui composti da materiale fine in forma di aggregati subarrotondati di materiale fine all'interno dei vuoti, in parte di possibile origine biogenica (ad es. *fecal pellets*).

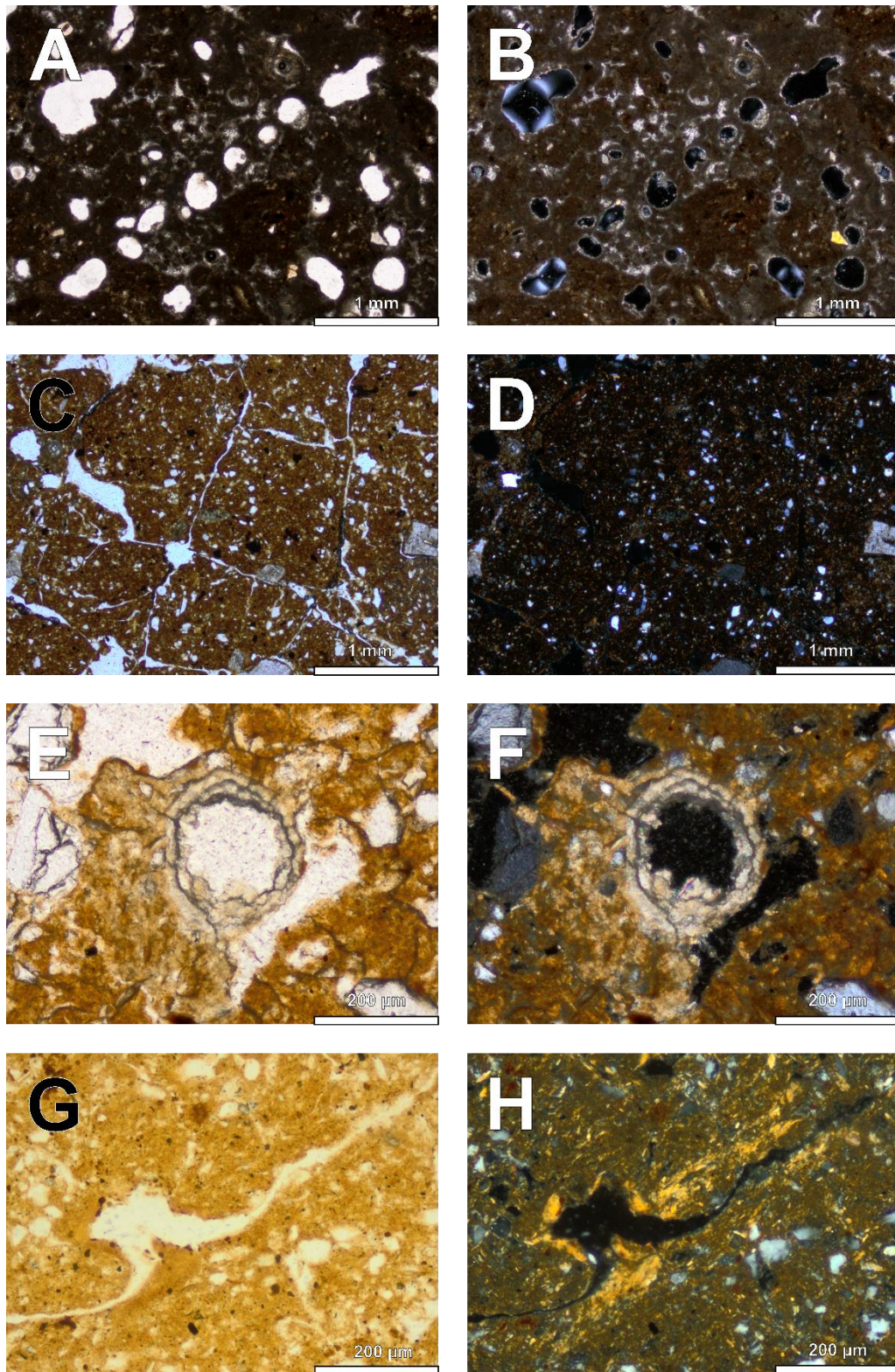


Figura III. 17. Balzi Rossi Museo: microfotografie della microstruttura e di alcune pedofigure delle unità Breccie: (A) massa di fondo fortemente micritizzata e cementata, da notare vacui e vescicole residui delle porosità originaria, unità Br2, PPL; (B) idem in XPL; (C) microstruttura poliedrica sub-angolare ben sviluppata, unità Br6, PPL; (D) idem in XPL; (E) rivestimento micritico continuo attorno a un canale e area di deplezione circostante (queras), unità Br4, PPL; (F) idem in XPL; (G) rivestimento discontinuo di argilla polverosa lungo le pareti di un vuoto planare, unità Br5, PPL; (H) idem in XPL, da notare anche la *b-fabric* porostriata e maculata.

Tabella III. E Balzi Rossi Museo: Principali caratteristiche micromorfologiche osservate nei campioni analizzati per le unità Tetto (T), Breccia (Br) e Argilla (A1): (I) microstruttura, porosità e micromassa (v. testo per dettagli)

<i>TS</i>	<i>Unità</i>	<i>Microstruttura</i>	<i>Porosità</i>	<i>G/F</i>		<i>RIDP</i>	<i>Micromassa</i>			<i>b-fabric</i>
				<i>limite</i>	<i>g:f</i>		<i>colore</i>	<i>comp.</i>	<i>aspetto</i>	
T1	T (T1)	poliedrica subang. mod. sviluppata e separata; secondaria a canali	comuni vuoti planari, da mod. a ben accomodati e canali regolari	5 µm	1:3	porfirica a spaziatura da doppia a aperta	marrone scuro	argilla	maculato e puntinato	maculata
T6	T (T6)	poliedrica subang. deb. sviluppata; secondaria a canali	comuni vuoti planari mod. accomodati e canali regolari	5 µm	1:3	porfirica a spaziatura da doppia a aperta	marrone chiaro	argilla	maculato e puntinato	maculata; loc. granostriata
T10	T (T10)	poliedrica subang., deb. sviluppata e separata; secondaria a canali	comuni vuoti planari mod. accomodati e canali regolari	5 µm	1:3	porfirica a spaziatura da doppia a aperta	marrone chiaro	argilla	maculato e puntinato	maculata
T12	T (T12)	poliedrica subang. deb. sviluppata e separata	comuni vuoti planari mod. accomodati e canali regolari	5 µm	1:3	porfirica a spaziatura da doppia a aperta	marrone chiaro	argilla	maculato	maculata
BR-BR1	Br1	apedale (originariamente poliedrica subang.)	da scarsi a comuni vacui e vescicole	5 µm	3:1	porfirica a spaziatura doppia	marrone grigiastro	micrite e argilla	cristallitico	calcitica cristallitica
BR-BR2	Br2	apedale (originariamente poliedrica subang.), localmente a vacui	scarsi vacui e canali	5 µm	1:3	porfirica a spaziatura doppia	marrone grigiastro	micrite e argilla	cristallitico	calcitica cristallitica
BR190-BR2	Br2	spugnosa, loc. vescicolare	frequenti vescicole; scarsi vacui, mod. interconnessi; molto scarsi vuoti planari deb. accomodati	5 µm	1:3	porfirica a spaziatura doppia	marrone grigiastro	micrite e argilla	cristallitico e puntinato	calcitica cristallitica
BR190-BR2-BR3	Br2	a vacui	vacui, da scarsi a comuni; molto scarsi vuoti planari, non accomodati	5 µm	1:3	porfirica a spaziatura aperta	marrone grigiastro	micrite e argilla	cristallitico	calcitica cristallitica
	Br3	poliedrica subang., deb. sviluppata e mod. separata	scarsi vuoti planari, da mod. accomodati a non accomodati	5 µm	1:3	porfirica a spaziatura da doppia a aperta	marrone grigiastro	argilla e micrite	cristallitico, loc. maculato	calcitica cristallitica
BR-BR4	Br4	poliedrica subang. intrapedale (fort. disturbata dalla preparazione della TS)	comuni vuoti planari intrapedali mod. accomodati	5 µm	1:3	porfirica a spaziatura da doppia a aperta	marrone chiaro	argilla	maculato	maculata, loc. (poro-)striata
BR-1703	Br4	poliedrica subang., da mod. a ben sviluppata	comuni vuoti planari, da mod. a ben accomodati; scarsi canali; molto scarse camere	5 µm	1:2	porfirica a spaziatura da doppia a aperta	marrone rossastra	argilla	maculato e puntinato	maculata, loc. poro-striata
BR-1704	Br4	spugnosa (originariamente poliedrica subang.)	comuni canali; scarse camere; scarsi vuoti planari da deb. a non accomodati	5 µm	1:2	porfirica a spaziatura da doppia a aperta	marrone rossastra	argilla	maculato e puntinato	maculata, loc. striata

<i>TS</i>	<i>Unità</i>	<i>Microstruttura</i>	<i>Porosità</i>	<i>G/F</i>		<i>RIDP</i>	<i>Micromassa</i>		<i>aspetto</i>	<i>b-fabric</i>
				<i>limite</i>	<i>g:f</i>		<i>colore</i>	<i>comp.</i>		
BR-BR5 ALTO	Br5	poliedrica subang., mod. sviluppata e separata	comuni vuoti planari, da mod. a non accomodati; da scarsi a comuni canali; molto scarse camere	5 µm	2:1	porfirica a spaziatura singola	marrone chiaro	argilla	maculato e puntinato	maculata, loc. (poro-) striata e con strie incrociate
BR-BR5	Br5	poliedrica subang., deb. sviluppata e separata; loc. spugnosa (in basso a destra)	comuni vuoti planari mod. accomodati e interconnessi; scarsi canali ondulati	5 µm	1:3	porfirica a spaziatura da doppia a aperta	marrone rossastra	argilla	maculato e puntinato	maculata
BR-BR6	Br6	spugnosa; loc. poliedrica subang. deb. sviluppata e separata	comuni vuoti; scarsi canali; molto scarsi vuoti planari non accomodati e camere	5 µm	1:3	porfirica a spaziatura da doppia a aperta	marrone rossastra	argilla	maculato e puntinato	maculata, loc. poro-striata
BRM1702	Br6	poliedrica subang., mod. sviluppata e separata	comuni vuoti planari mod. accomodati; scarsi canali regolari	5 µm	1:2	porfirica a spaziatura da doppia a aperta	marrone rossastra	argilla	maculato	maculata, loc. (poro-) striata
BRM1705	Br6	poliedrica subang. deb. sviluppata e separata; loc. spugnosa	comuni vuoti planari non accomodati e canali	5 µm	1:2	porfirica a spaziatura da doppia a aperta	marrone rossastra	argilla	maculato	maculata, loc. (poro-) striata
	A1	poliedrica subang., deb. sviluppata e separata	comuni vuoti planari, mod. accomodati (DP parallelo, OP perpendicolare alla superficie); scarsi canali	5 µm	1:2	porfirica a spaziatura da doppia a aperta	marrone rossastra	argilla	maculato e puntinato	maculata, loc. (poro-) striata
BRM1706	A1	poliedrica subang., mod. sviluppata e separata	comuni vuoti planari, mod. accomodati (DP perpendicolare, OP leggermente perpendicolare alla superficie); scarsi canali e camere	5 µm	1:2	porfirica a spaziatura da doppia a aperta	marrone rossastra	argilla	maculato	maculata
BR-ARG1	A1	poliedrica subang., da mod. a ben sviluppata e separata	comuni vuoti planari per lo più rettilinei e interconnessi, da mod. a non accomodati; scarsi canali regolari; molto scarse camere	5 µm	1:2	porfirica a spaziatura da singola a doppia	marrone rossastra	argilla	maculato e puntinato	maculata, loc. poro-striata e con strie incrociate
BRM1701	A1	poliedrica subang., mod. sviluppata e separata	comuni vuoti planari, mod. accomodati; scarsi canali	5 µm	2:1	porfirica a spaziatura da doppia a aperta	marrone rossastra	argilla	maculato	maculata, loc. granostriata

Note: TS: sezione sottile; G/F: frazione grossolana/fine; RIDP: distribuzione relativa g/f; comp.: composizione; deb.: debolmente; loc.: localmente; mod.: moderatamente; (sub-)ang.: angolare; DP/OP: distribuzione/orientamento

Tabella III. F Balzi Rossi Museo: Principali caratteristiche micromorfologiche osservate nei campioni analizzati per le unità Tetto (T), Breccia (Br) e Argilla (A1): (II): componenti grossolani (v. testo per dettagli)

TS	Unità	SIL	CRB	ABC	OTH			
		<i>rocce</i>	<i>minerali</i>	<i>rocce</i>	<i>minerali</i>	<i>biogenici</i>	<i>antropogenici</i>	
T1	T (T1)	molto scarsi fr. subarr. di arenaria glauconitica e di selce (molto scarsi radiolari sparsi)	scarsi quarzi e feldspati (sia alcalini che plagioclasti); molto scarse glauconite e miche	comuni fr. subang. di calcare oolitico e micritico	molto scarsi cristalli di calcite	comuni fr. di ossa subang., con alterazione differenziale; scarsi fr. di carbone, fr. di gusci di gasteropodi; molto scarsi biosferoidi, fecal pellets e fr. di radici	molto scarsi fr. di ossa bruciate, manufatti in selce (schegge micrometriche)	n.r.
T6	T (T6)	molto scarsi fr. subang. di selce e di arenaria	scarsi quarzi e feldspati (sia alcalini che plagioclasti); molto scarse glauconite e miche	comuni fr. subang. di calcare oolitico	scarsi cristalli di calcite	comuni fr. subang. di ossa; scarsi fr. di gusci di gasteropodi; molto scarsi biosferoidi e fr. di radici	scarsi fr. di ossa bruciate, manufatti in selce (schegge micrometriche)	n.r.
T10	T (T10)	molto scarsi fr. subarr. di selce mod. alterata, di quarzite e arenaria	scarsi quarzi e feldspati (sia alcalini che plagioclasti); molto scarse glauconite e miche	comuni fr. da subang. a subarr. di calcare oolitico	scarsi cristalli di calcite	da scarsi a comuni fr. subang. di ossa, fr. di radici e fr. di gusci di gasteropodi; molto scarsi fr. di gusci di uova di uccello, biosferoidi e fecal pellets	molto scarsi manufatti in selce (schegge micrometriche)	n.r.
T12	T (T12)	molto scarsi fr. di arenaria subarr. e fr. subang. di selce	scarsi quarzi e feldspati (sia alcalini che plagioclasti); molto scarse glauconite e miche	comuni fr. subang. di calcare oolitico; molto scarsi fr. di crosta carbonatica laminata	comuni cristalli di calcite	da scarsi a comuni fr. di ossa, fr. di gusci di gasteropodi, molto scarsi fr. di gusci di uova di uccello, biosferoidi e fecal pellets	molto scarsi fr. di ossa bruciate, manufatti in selce (schegge micrometriche)	n.r.
BR-BR1	Br1	n.r.	scarsi quarzi e feldspati (sia alcalini che plagioclasti); molto scarse le miche	dominanti fr. subang. di calcare oolitico e di biosparite con vene sparitiche	scarsi cristalli di calcite, fort. alterati	scarsi fr. di gusci di gasteropodi, mod. alterati	n.r.	n.r.
BR-BR2	Br2	n.r.	scarso quarzo; molto scarsi feldspati (sia alcalini che plagioclasti), glauconite, miche	dominanti fr. subang. di calcare (packstone)	molto scarsi cristalli di calcite, fort. alterati	scarsi fr. di gusci di gasteropodi; molto scarsi fr. subang. di ossa	n.r.	n.r.
BR190-BR2	Br2	molto scarsi fr. subarr. di arenaria e fr. subang. di selce	scarsi quarzi e feldspati (sia alcalini che plagioclasti)	comuni fr. subang. di calcare (carbonate mudstone, pelsparite, - sparry packstone), sia oolitici che micritici (Sf-Sg)	scarsi cristalli di calcite, fort. alterati	da scarsi a comuni fr. di gusci di gasteropodi (S); da scarsi a molto scarsi fr. subang. di ossa	n.r.	n.r.

TS	Unità	SIL	minerali	CRB	minerali	ABC	antropogenici	OTH
		rocce		rocce		biogenici		
BRI90- BR2-BR3	Br2	n.r.	molto scarso quarzo, feldspati (sia alcalini che plagioclas) e miche	comuni frr. subang. di calcare oolitico	scarsi cristalli di calcite, fort. alterati	scarsi frr. di gusci di gasteropodi	n.r.	n.r.
	Br3	molto scarsi frr. subang. di quarzite, frr. subarr. di arenaria, (spicole di spugna sparse)	molto scarso quarzo, feldspati (sia alcalini che plagioclas), miche e glauconite	comuni frr. subang. di calcare oolitico e sparitico, fort. alterati	scarsi cristalli di calcite, fort. alterati	da scarsi a comuni frr. di gusci di gasteropodi	n.r.	n.r.
BR-BR4	Br4	molto scarsi frr. da subang. a subarr. di arenaria, quarzite e selce	comuni feldspati (sia alcalini che plagioclas), quarzo e miche; molto rara glauconite	n.r.	comuni cristalli di calcite fort. alterati	molto scarsi frr. subang. di ossa, frr. di gusci di uova di uccello e frr. di radici	n.r.	n.r.
BR-1703	Br4	molto scarsi frr. da subang. ad arr. di arenaria e frr. subarr. di selce	da scarsi a comuni quarzo e feldspati (sia alcalini che plagioclas); scarse miche; molto scarsa glauconite	scarsi frr. subang. di calcare, fort. alterati	molto scarsi cristalli di calcite fort. alterati	molto scarsi frr. subang. di ossa	n.r.	molto scarse papules di argilla
BR-1704	Br4	molto scarsi frr. subarr. di arenaria e frr. subang. di selce	da scarsi a comuni quarzo e feldspati (più plagioclas che alcalini); molto scarse miche e glauconite	scarsi frr. subang. di calcare oolitico, fort. alterati, e micritico	scarsi cristalli di calcite	scarsi frr. di gusci di gasteropodi; molto scarsi frr. subang. di ossa	n.r.	n.r.
BR-BR5 ALTO	Br5	molto scarsi frr. subang. di selce e frr. subarr. di arenaria	da scarsi a comuni quarzo e feldspati (sia alcalini che plagioclas); scarse miche	n.r.	scarsi cristalli di calcite fort. alterati	molto scarsi frr. subang. di ossa	n.r.	molto scarse papules di argilla
BR-BR5	Br5	molto scarsi frr. subarr. di arenaria	da scarsi a comuni quarzo e feldspati (sia alcalini che plagioclas); scarse miche e glauconite	comuni frr. subang. di calcare oolitico, fort. alterati	da comuni a frequenti cristalli di calcite fort. alterati	molto scarsi frr. subang. di ossa	manufatti in selce (schegge micrometriche)	n.r.
BR-BR6	Br6	molto scarsi frr. subang. di arenaria e quarzite, frr. subang. di selce	da scarsi a comuni quarzo e feldspati (sia alcalini che plagioclas); molto scarse miche e glauconite	scarsi frr. da ang. a subang. e allungati di calcare oolitico e micritico, mod. alterati	comuni cristalli di calcite fort. alterati	molto scarsi frr. subang. di ossa, frr. di gusci di gasteropodi e fecal pellets	n.r.	n.r.
BRM1702	Br6	molto scarsi frr. da subang. a subarr. di	da scarsi a comuni quarzo e feldspati (sia	n.r.	scarsi cristalli di calcite	molto scarsi frr. subang. di ossa fort. alterati	n.r.	n.r.

TS	Unità	SIL rocce	minerali	CRB rocce	minerali	ABC biogenici	antropogenici	OTH
		selce e di arenaria, frr. subarr. di quarzite	alcalini che plagioclasti); molto scarse miche e glauconite					
BRM1705	Br6	molto scarsi frr. subang. di quarzite, fort. alterati,	da scarsi a comuni quarzo e feldspati (sia alcalini che plagioclasti); molto scarse miche e glauconite	molto scarsi frr. da subang. a subarr. di calcare bioclastico (parzialmente silicizzato), fort. alterati	scarsi cristalli di calcite, loc. esagonali	scarsi frr. subang. di ossa; molto scarsi frr. di carbone	n.r.	n.r.
	A1	scarsi frr. subarr. di selce e arenaria	da scarsi a comuni quarzo e feldspati (sia alcalini che plagioclasti); molto scarse miche	n.r.	molto scarsi cristalli di calcite	molto scarsi frr. da subang a subarr. di ossa, frr. di radici	n.r.	molto scarse papules di argilla
BRM1706	A1	molto scarsi frr. subang. di arenaria e selce, fort. alterati	scarsi quarzo e feldspati (sia alcalini che plagioclasti); molto scarse miche e glauconite	n.r.	molto scarsi cristalli di calcite	molto scarsi frr. subang. di ossa	molto scarsi manufatti in selce (schegge micrometriche)	n.r.
BR-ARG1	A1	scarsi frr. subang. di selce, deb. alterati; molto scarsi frr. subarr. di arenaria, mod. alterati, frr. subang. di quarzite	comuni quarzo, e feldspati (sia alcalini che plagioclasti) fort. alterati; molto scarse glauconite e miche	molto scarsi frr. subang. di calcare fort. alterati	molto scarsi cristalli di calcite fort. alterati	molto scarsi frr. subang. di ossa, deb. alterati, frr. di carbone	molto scarsi manufatti in selce (schegge micrometriche)	n.r.
BRM1701	A1	scarsi frr. subarr. di arenaria, fort. alterati	da scarsi a comuni quarzo e feldspati (sia alcalini che plagioclasti); molto scarse miche e glauconite	n.r.	molto scarsi cristalli di calcite	molto scarsi frr. subang. di ossa, mod. alterati	n.r.	n.r.

Note: TS: sezione sottile; Composizione: SIL (silicatica), CRB (carbonatica), ABC (biogenica e/o antropogenica), OTH (altro); (sub-)ang.: angolare; (sub-)arr.: arrotondato; fort.: fortemente; fr(r): frammento(-i); loc.: localmente, mod.: moderatamente; n.r.: non rilevato

Tabella III. G Balzi Rossi Museo: Principali caratteristiche micromorfologiche osservate nei campioni analizzati per le unità Tetto (T), Breccia (Br) e Argilla (A1): (III): pedofigure (v. testo per dettagli)

TS	Unità	Ossidi di Fe-Mn	Comp. fosfatica	CaCO₃	Tessiture	Biogeniche
T1	T (T1)	da scarsi a comuni noduli neri disortici; molto scarsi rivestimenti su frr. di ossa	molto scarsi noduli	molto scarsi noduli micritici	n.r.	scarsi riempimenti sciolti discontinui di escrementi di insetti (<i>fecal pellets</i>) all'interno di canali
T6	T (T6)	scarsi noduli neri disortici tipici, molto scarsi rivestimenti su frr. di rocce e frr. di ossa	scarsi noduli e molto scarsi frr. di ossa fosfatizzate	molto scarsi rivestimenti discontinui di calcite su frr. di calcare	n.r.	scarsi riempimenti sciolti discontinui di escrementi di insetti (<i>fecal pellets</i>) all'interno di canali
T10	T (T10)	scarsi noduli neri disortici tipici; scarsi rivestimenti su frr. di ossa e <i>granuli</i>	molto scarsi noduli	molto scarsi ricoprimenti di calcite laminata su frr. di calcare	n.r.	da scarsi a comuni riempimenti sciolti discontinui di escrementi di insetti (<i>fecal pellets</i>) all'interno di canali
T12	T (T12)	molto scarsi rivestimenti su frr. di ossa (e impregnazione della crosta carbonatica)	molto scarsi rivestimenti fosfatici sulla crosta carbonatica	da scarsi a comuni pendenti di calcite (aciculare) sotto i frr. di calcare; noduli neri micritici	n.r.	scarsi riempimenti sciolti discontinui di aggregati di materiale fine all'interno dei canali
BR-BR1	Br1	molto scarsi noduli neri ortici tipici	da scarsi a comuni rivestimenti e aloni fosfatici (<i>rims</i>) attorno ai frr. di calcare	comuni iporivestimenti micritici giustapposti a rivestimenti micritici sui frr. di calcare, riempimenti sciolti continui di calcite (micrite) all'interno dei vuoti	scarsi rivestimenti di argilla polverosa e ricca in Fe sui frr. di calcare	n.r.
BR-BR2	Br2	molto scarsi noduli neri ortici tipici	da scarsi a comuni rivestimenti e aloni fosfatici (<i>rims</i>) attorno ai frr. di calcare	scarsi quasirivestimenti continui di calcite attorno ai frr. di calcare, riempimenti sciolti continui di calcite (micrite e aciculare) all'interno dei vuoti preesistenti; molto scarsi pendenti	n.r.	n.r.
BR190-BR2	Br2	molto scarsi noduli neri ortici tipici	da scarsi a comuni impregnazioni di sostanze fosfatice nelle aree micritizzate; molto scarsi aloni sui frr. di calcare (<i>rims</i>)	scarsi iporivestimenti micritici giustapposti a rivestimenti micritici sui frr. di calcare, riempimenti sciolti continui di calcite (micrite e aciculare), loc. aciculare, all'interno dei vuoti	molto scarsi rivestimenti di argilla polverosa e ricca in Fe sui frr. di calcare	n.r.
BR190-BR2-BR3	Br2	comuni noduli neri ortici tipici e aggregati	scarsi noduli fosfatici, rivestimenti e aloni (<i>rims</i>) attorno ai frr. di calcare	scarsi iporivestimenti micritici giustapposti a rivestimenti mi-	molto scarsi rivestimenti di argilla polverosa e ricca in Fe sui frr. di calcare	n.r.

TS	Unità	Ossidi di Fe-Mn	Comp. fosfatica	CaCO₃	Tessiturali	Biogeniche
				critici sui fr. di calcare, rivestimenti micritici lungo le pareti dei vuoti, riempimenti sciolti continui di calcite (micrite) all'interno dei vuoti		
	Br3	scarsi noduli neri ortici tipici e aggregati	da scarsi a comuni rivestimenti e aloni (<i>rims</i>) attorno ai fr. di calcare	scarsi rivestimenti micritici lungo le pareti dei vuoti; molto scarsi riempimenti sciolti continui di calcite (micrite) all'interno dei vuoti, iporivestimenti micritici giustapposti a rivestimenti micritici sui fr. di calcare	molto scarsi rivestimenti di argilla polverosa	n.r..
BR-BR4	Br4	scarsi noduli neri ortici tipici e aggregati	n.r.	scarsi noduli di calcite; molto scarsi rivestimenti sparitici sugli aggregati	molto scarsi rivestimenti di argilla bruno aranciati lungo le pareti dei vuoti planari e frammenti di rocce	n.r.
BR-1703	Br4	noduli neri di Fe-Mn: scarsi ortici tipici; molto scarsi rivestimenti e iporivestimenti attorno a <i>granuli</i> e fr. di ossa	n.r.	scarsi noduli di calcite, rivestimenti micritici lungo le pareti dei vuoti	scarsi riempimenti sciolti discontinui di aggregati granulari di materiale fine e di calcite all'interno di vuoti	scarsi riempimenti sciolti discontinui di escrementi di insetti (<i>fecal pellets</i>) all'interno di canali
BR-1704	Br4	comuni noduli neri ortici tipici; molto scarsi rivestimenti e iporivestimenti attorno a <i>granuli</i> e fr. di ossa	molto scarsi noduli	comuni rivestimenti micritici lungo le pareti dei vuoti planari, queras	n.r.	molto scarsi riempimenti sciolti discontinui di escrementi di insetti (<i>fecal pellets</i>) all'interno di canali
BR-BR5 ALTO	Br5	comuni noduli neri ortici tipici e aggregati; molto scarsi noduli neri disortici	scarsi noduli	scarsi rivestimenti micritici lungo le pareti dei vuoti	scarsi rivestimenti di argilla bruno aranciati sulle pareti dei vuoti planari; molte scarse intercalazioni di argilla	molto scarsi riempimenti sciolti discontinui di escrementi di insetti (<i>fecal pellets</i>) all'interno di canali e camere
BR-BR5	Br5	da scarsi a comuni noduli neri ortici tipici e aggregati	molto scarsi noduli	scarsi rivestimenti di calcite sulle pareti di alcuni aggregati	scarsi riempimenti sciolti discontinui di aggregati granulari di materiale fine e di calcite all'interno di vuoti, rivestimenti di argilla sulle pareti dei vuoti	n.r.
BR-BR6	Br6	scarsi noduli neri ortici tipici, rivestimenti su componenti grossolani	molto scarsi noduli fosfatici, rivestimenti e aloni (<i>rims</i>) attorno ai fr. di calcare	scarsi noduli; molto scarsi pendenti, iporivestimenti attorno ai fr. di calcare; scarsi	scarsi riempimenti sciolti discontinui di aggregati granulari	molto scarsi riempimenti sciolti discontinui di escrementi di insetti (<i>fecal pellets</i>) all'interno di canali

TS	Unità	Ossidi di Fe-Mn	Comp. fosfatica	CaCO₃	Tessitureali	Biogeniche
				iporivestimenti micritici lungo le pareti dei vuoti	lari di materiale fine e di calcite all'interno di canali e camere	
BRM1702	Br6	scarsi noduli neri ortici tipici; scarsi iporivestimenti su minerali e ossa	n.r.	scarsi noduli di calcite, queras	molto scarsi rivestimenti di argilla laminata	scarsi riempimenti sciolti discontinui di escrementi di insetti (<i>fecal pellets</i>) all'interno di canali
BRM1705	Br6	comuni noduli neri ortici tipici; molto scarsi iporivestimenti sui fr. di ossa	n.r.	queras	comuni riempimenti sciolti discontinui di aggregati granulari di materiale fine e di calcite all'interno di vuoti planari	scarsi riempimenti sciolti discontinui di escrementi di insetti (<i>fecal pellets</i>) all'interno di canali
	A1	comuni noduli neri ortici tipici; scarsi noduli neri ortici concentrici e disortici tipici; scarsi iporivestimenti sui fr. di ossa	n.r.	queras	scarsi riempimenti sciolti discontinui di aggregati granulari di materiale fine all'interno di vuoti planari	n.r.
BRM1706	A1	scarsi noduli neri ortici tipici; molto scarsi rivestimenti sui fr. di ossa	n.r.	scarsi rivestimenti micritici lungo le pareti dei vuoti	scarsi riempimenti sciolti discontinui di aggregati granulari di materiale fine all'interno di vuoti planari	molto scarsi riempimenti sciolti discontinui di escrementi di insetti (<i>fecal pellets</i>) all'interno di canali
BR-ARG1	A1	comuni noduli neri ortici tipici e aggregati	n.r.	molto scarsi rivestimenti di calcite lungo le pareti dei vuoti planari, con aree di deplezione giustapposte; molto scarsi noduli di calcite ortici e disortici e rivestimenti micritici attorno ai granuli	n.r.	n.r.
BRM1701	A1	da scarsi a comuni noduli neri ortici tipici e disortici tipici; scarsi rivestimenti sui fr. di ossa e sui granuli	n.r.	molto scarsi noduli di calcite, riempimenti secondari sciolti continui di calcite all'interno di vuoti	scarsi riempimenti sciolti discontinui di aggregati granulari di materiale fine all'interno di vuoti planari	n.r.

Note: TS: sezione sottile; Comp.: composizione; fr(r): frammento(-i); loc.: localmente, mod.: moderatamente, n.r.: non rilevato; (sub-)ang.: angolare

DISCUSSIONE

Nel presente capitolo vengono discussi i risultati ottenuti dalle osservazioni effettuate sul campo e dalle analisi micromorfologiche presentati in precedenza. L'osservazione sul terreno ha portato ad una prima definizione delle caratteristiche stratigrafiche del deposito, permettendo di riconoscere tre facies sedimentarie tra loro distinte e a loro volta articolate internamente, oltre ai diversi processi deposizionali che ne hanno determinato l'accumulo. Le successive osservazioni micromorfologiche hanno quindi permesso di analizzare nel dettaglio l'organizzazione spaziale interna alle unità individuate sul terreno (*microfabrics*), assieme alle *pedofigures* (*pedofeatures*) ad esse associate, indicative invece dei processi diagenetici e delle alterazioni postdeposizionali. Nell'esposizione dei dati, il suolo sommitale (Tetto) e la serie delle Breccie stratificate verranno trattati per lo più congiuntamente, in quanto entrambi interessati da processi deposizionali di natura simile. Al contrario, il Paleosuolo verrà in più occasioni discusso separatamente, al fine di poterne isolare i tratti distintivi. Una ricostruzione complessiva della storia formativa del deposito sarà quindi fornita al termine della sezione.

6.1 Organizzazione stratigrafica

All'interno della successione stratigrafica sono state riconosciute tre unità principali con caratteristiche tra loro marcatamente distinte e così disposte dalla base al tetto (v. Figura III. 10): (1) un paleosuolo sepolto impostato direttamente su una spiaggia di età tirreniana; (2) una serie stratificata di breccie a supporto clastico e cementata nella parte superiore; (3) un profilo troncato di suolo di tipo rendzina, sviluppato su sedimento colluviale. Complessivamente, il paleosuolo segue l'andamento sub-orizzontale della superficie di abrasione della spiaggia, mentre per le unità superiori si osserva un incremento della pendenza in accordo con l'orientamento del versante, man mano che si procede verso la parte alta della stratificazione.

Il suolo sommitale e le Breccie stratificate

L'organizzazione stratigrafica del deposito indicato come Tetto segue la pendenza del versante e corrisponde ad un profilo di suolo di tipo rendzina impostato su sedimenti detritici e colluviali, depositatisi in seguito all'attivazione di processi di versante (v. §3.1.1 –*sistemi di versante*). Una superficie di erosione separa il profilo di suolo da una serie stratificata di breccie, la cui deposizione coincide quindi con un netto cambiamento nell'intensità della sedimentazione e, di conseguenza, sarebbe da imputare a variazioni nelle condizioni climatiche in corrispondenza dell'areale considerato. All'interno delle unità denominate

Brecce è riconoscibile una chiara articolazione interna, indicata da variazioni nella granulometria, forma, orientamento e grado di alterazione dei frammenti di calcare conservati. Nella porzione superiore del deposito si osserva una predominanza di clasti angolari e matrice fortemente cementata (Br1 e Br2), mentre in quella inferiore un aumento nella percentuale di frazione fine limo-argillosa e, parallelamente, una diminuzione nel grado di cementazione. Proseguendo verso la parte bassa del deposito, seguono tre livelli a supporto clastico e matrice limo-argillosa (Br3, Br4 e Br6), intervallati da una *stone line* (Br5). Chiude la serie un livello costituito da blocchi di dimensioni superiori (Br7), probabilmente corrispondenti ad un unico evento di crollo.

Il paleosuolo

Con limite graduale, seppur localmente marcato dalla presenza dei grandi blocchi calcarei che chiudono la serie delle Brecce, è riconoscibile il passaggio ad un'unità interamente differente da quelle superiori: il paleosuolo. La matrice si presenta in buona parte accumulabile alla frazione fine conservata nei livelli inferiori delle Brecce (in particolare Br6), a partire dalla composizione (Terra rossa –v. §6.3.2). Lo sviluppo di caratteristiche pedogenetiche diffuse (ad. es. la struttura poliedrica, le tracce di bioturbazione, etc.) osservate risulta indicativo di un periodo di esposizione e stabilità piuttosto prolungato della superficie in questione. Nel paleosuolo, tali evidenze sono osservabili direttamente sul terreno, mentre nelle Brecce risultano visibili esclusivamente al microscopio.

6.2 Apporti sedimentari e dinamiche sedimentarie

La ricostruzione delle dinamiche formative risulta fondamentale anche per l'interpretazione del registro archeologico: la deposizione del materiale detritico e colluviale che costituisce le Brecce, e su cui si è successivamente sviluppato il suolo sommitale, ha infatti permesso anche la conservazione del paleosuolo sottostante e, di conseguenza, quella delle evidenze di frequentazione umana *in situ* attribuite al Paleolitico Medio. Pertanto, essa ha permesso di mettere in evidenza sia le similitudini, sia i tratti distintivi per i depositi conservati, primi fra tutti la provenienza dei suoli/sedimenti e dei materiali archeologici. Al contrario di quanto si osserva per il paleosuolo, risulta infatti chiaro un rimaneggiamento del materiale archeologico nelle unità di Breccia e nell'unità Tetto, all'interno delle quali sarebbe stato trasportato e depositato insieme ai detriti derivanti dai crolli e dai movimenti di versante⁸³.

⁸³Presso le grotte dei Balzi Rossi sono registrati numerosi svuotamenti con conseguente riversamento del materiale scavato direttamente lungo il versante sottostante, ad es. al di sotto del riparo Mochi (Palma di Cesnola 1993). Tuttavia, nel caso di Balzi Rossi Museo il materiale archeologico, seppur in deposizione secondaria, può essere ritenuto *in situ* da un punto di vista stratigrafico (Cremaschi et al. 1991). Non è però possibile un confronto con i sedimenti e i reperti rinvenuti all'interno della Grotta di Florestano a causa della carenza di documentazione relativa alle fasi intervento (v. §2.2).

6.2.1 Apporti gravitativi

Il suolo sommitale e le Breccie stratificate

Il materiale autoctono è principalmente costituito da blocchi e clasti di calcare locale (CRB). Dall'alterazione fisico-chimica dei litotipi calcarei derivano anche i cristalli isolati di calcite inglobati all'interno della matrice. La prolungata esposizione della falesia agli agenti esogeni ha determinato la sua erosione periferica, portando al progressivo distacco e alla caduta di detriti e frammenti di roccia. L'accumulo di clasti e di blocchi calcarei alla base della parete rocciosa e lungo il versante deriva quindi, in primo luogo, dai processi gravitativi a secco che hanno interessato tutte le sue porzioni esposte. I frammenti di calcare distaccatisi dalla parete costituiscono i componenti principali delle Breccie e risultano comuni anche nel suolo sommitale. I clasti presentano dimensioni eterometriche comprese tra 1 cm e 20 cm, fatta eccezione per Br7 (all'interno della quale sul terreno arrivano fino a 1 m). Nelle unità Tetto e Breccie inferiori (Br3-B7), i clasti presentano selezione scarsa, disposizione caotica e forme da sub-angolari a sub-arrotondate, caratteristiche determinate principalmente dall'azione dei processi diagenetici e da quelli di trasporto lungo il versante; fa eccezione Br5, che si configura come una *stone-line* costituita da clasti ben selezionati. La porzione superiore delle Breccie (Br1-Br2) è invece caratterizzata da frammenti che conservano una maggiore selezione e forme più angolari, la cui origine sarebbe quindi da ricondurre direttamente ai processi gravitativi attivatisi in un contesto caratterizzato da condizioni climatiche più fredde. La distribuzione verticale dei clasti all'interno della serie delle Breccie risulta indicativa delle variazioni nei tassi di accumulo dei frammenti rocciosi, i quali sono decisamente più elevati nella porzione superiore della serie. Nell'unità Tetto non sono state invece osservate variazioni che possano essere considerate significative in questo senso: complessivamente, i clasti calcarei appaiono inglobati all'interno di una matrice fine più abbondante. Per quanto riguarda i singoli cristalli sciolti di calcite, questi sono generalmente scarsi all'interno dell'intera successione stratigrafica, anche se localmente si osservano aree caratterizzate da accumuli più abbondanti, generalmente connesse a processi di disgregazione e alterazione fisico-chimica degli stessi frammenti di roccia (v. §6.4).

Il paleosuolo

All'interno del paleosuolo i frammenti di calcare sono pressoché assenti. Nei rari casi in cui siano stati inglobati all'interno del sedimento fine, essi si presentano interessati da alterazione chimica e, comunque, non superano i 2 cm, né in sezione sottile né sul terreno.

6.2.2 Processi di versante e accumulo detritico

Il suolo sommitale e le Breccie stratificate

Come osservato per i componenti CRB, anche quelli raggruppati nella classe SIL appaiono coerenti con le litologie presenti nell'areale circostante ai Balzi Rossi (v. §2.1). Nel contesto specifico del deposito di

Balzi Rossi Museo, il loro accumulo e rimaneggiamento può essere ricondotto a processi di dilavamento superficiale o, in parte, ai movimenti in massa che caratterizzano i contesti di versante. Questi prendono in carico i sedimenti accumulati lungo le superfici e derivanti dai precedenti fenomeni di disgregazione, alterazione e frantumazione della parete (v. sopra), oltre che dalla degradazione del versante come conseguenza dell'azione dei fenomeni erosivi attivati dalle acque meteoriche, dal vento, etc. A questi si aggiunge, con abbondanza contenuta, una frazione costituita dai sedimenti precedentemente inglobati all'interno del sistema carsico e successivamente mobilizzati dalla riattivazione degli stessi processi carsici. L'attivazione di questi processi potrebbe aver determinato il rimaneggiamento di parte dei depositi di grotta, riversandoli lungo il versante, dove sarebbero poi stati presi in carico dai movimenti di versante. Alla somma di queste dinamiche può essere ricondotta la deposizione della maggior parte dei componenti rinvenuti nelle unità Brecce e Tetto (raggruppati e descritti nelle classi SIL e ABC—v. sotto), oltre al parziale rimaneggiamento di CRB.

All'interno della classe SIL sono stati rinvenuti frammenti di arenaria, quarzite e selce, con abbondanza da molto scarsa a scarsa, spesso fortemente alterati e con forme da sub-angolari a sub-arrotondate che suggeriscono l'azione di processi di trasporto. Tra i minerali si contano granuli di quarzo e di feldspati, sia alcalini che plagioclasti, con abbondanza da scarsa a comune e granuli di glauconite molto scarsi. Come già indicato, la loro origine può essere ricercata nella disgregazione delle litologie citate: affioramenti di arenaria glauconitica sono infatti comuni in questa parte della regione (Dallagiovanna et al. 2012a; Dallagiovanna et al. 2012b). La provenienza locale di questi componenti è riconducibile ai depositi accumulatisi nella parte sommitale e lungo il versante che degrada fino alla linea di costa. La maggior parte del materiale sarebbe stato trascinato verso il piede dai processi di dilavamento del versante, mentre un'ulteriore frazione più contenuta sarebbe stata inglobata all'interno del sistema carsico, alimentando i depositi di grotta cui si è fatto riferimento in precedenza. Si ricorda che l'area indagata coincide infatti con la porzione distale del ripido *talus* detritico che raccorda la base della grotta di Florestano (e il Riparo Lorenzi) con la piattaforma di erosione marina di età tirreniana.

Oltre ai componenti fino a qui descritti, sono stati inoltre identificati molto scarsi pedorelitti e *papules* (OTH), distribuiti in maniera caotica e privi di orientamento, la cui presenza risulta indicativa dell'erosione di suoli o sedimenti che si sarebbero formati altrove. Il loro ritrovamento all'interno dei depositi accumulatisi al piede del versante è un ulteriore indice del rimaneggiamento di formazioni pedogenetiche sviluppatesi su superfici precedentemente esposte lungo il versante. I residui di queste coperture possono essere stati mobilizzati dai processi di denudazione che hanno portato alla formazione della falda detritica. Tuttavia, non si può escludere che una parte possa provenire anche dalla sommità del crinale, in posizioni ubicate al di sopra della parete rocciosa attuale, e che il suo trasporto possa essere in parte avvenuto attraverso il sistema carsico o per erosione della cornice della parete a monte del sito.

6.2.3 Apporti ed erosione eolica

Il suolo sommitale e le Breccie stratificate

Sul terreno, in fase di scavo, è stata rilevata la presenza di polveri eoliche esclusivamente in corrispondenza di Br2 e con abbondanza scarsa. La deposizione di questi materiali potrebbe essere ricondotta a fenomeni di deflazione che hanno interessato le ampie piattaforme continentali emerse lungo la costa ligure-provenzale durante la massima regressione marina (Fanucci 1987). L'osservazione microscopica del sedimento sciolto e l'analisi micromorfologica hanno confermato la presenza di miche e di granuli minerali arrotondati molto scarsi, tuttavia non si registrano evidenze sufficienti a supporto dell'ipotesi di una deposizione eolica significativa in nessuna delle unità analizzate. Considerando la posizione e le caratteristiche dell'area in questione, la quale si colloca a ridosso della linea di costa, le azioni erosive e di accumulo del vento non possono non essere almeno prese in considerazione. Le tracce riconducibili ai processi eolici potrebbero quindi essere state rimaneggiate o mascherate da processi sin- e postdeposizionali e le sabbie eoliche inglobate all'interno dei sedimenti depositati nelle fratture aperte nella parete rocciosa, nelle cavità carsiche o, semplicemente, essere stati rimossi dai processi erosivi superficiali.

6.2.4 Apporti biogenici

Il suolo sommitale e le Breccie stratificate

Complessivamente, i componenti di origine biogenica (classe ABC) rinvenuti all'interno del deposito di Balzi Rossi Museo comprendono comuni frammenti di gusci a chimismo carbonatico, scarsi frammenti di ossa e molto scarsi frammenti di denti e di gusci di uova di uccelli.

Sia in corrispondenza del suolo sommitale sia all'interno dei livelli delle Breccie sono stati osservati frammenti di gusci riconducibili a molluschi di origine terrestre e marina⁸⁴ (v. Figura III. 13a-d). I frammenti presentano gradi di alterazione differenziali e distribuzione caotica all'interno delle diverse unità: alcuni appaiono ben conservati in tutte le loro parti, altri risultano invece quasi interamente dissolti come conseguenza dell'attivazione dei processi diagenetici.

Seguono, per abbondanza, i frammenti di ossa, i quali sono stati rinvenuti in tutte le unità ad eccezione di Br1 (e Br3 in TS). Anche per quanto riguarda le ossa si registrano in tutte le unità gradi di alterazione differenziale e disposizione caotica. Si osservano frammenti che presentano tracce di fratturazione fisica e evidenze riconducibili a diversi processi di alterazione chimica, quali digestione, fosfatizzazione e rivestimenti di ossidi di Fe-Mn. L'assenza di una distribuzione preferenziale delle tracce identificate, in accordo con le variazioni stratigrafiche, potrebbe essere indicativa di un rimaneggiamento complessivo di

⁸⁴ Al momento non è possibile indentificare le specie presenti all'interno dei campioni; il confronto tra la morfologia dei frammenti osservati e le specie conosciute per l'area fanno tuttavia supporre si tratti di *Patella* e *Bivalvia* sp.

questi materiali. Molti tra i frammenti di ossa potrebbero essere stati interessati da queste alterazioni anche in momenti precedenti al loro accumulo in corrispondenza del deposito qui indagato. La loro provenienza potrebbe pertanto essere ricercata nei depositi della Grotta di Florestano o, eventualmente, in depositi limitrofi, dove il registro archeologico e paleontologico attestano una frequentazione umana con cronologie compatibili a quelle attribuibili a questi materiali (v. §2.2).

Un discorso simile può essere fatto anche per i frammenti di gusci di uova di uccello⁸⁵, i quali sono stati riconosciuti esclusivamente in sezione sottile e risultano limitati alle unità Tetto (T10 e T12) e Br4. La loro occorrenza è molto scarsa, ma sufficiente ad attestare la presenza di avifauna (v. Figura III. 13e, f). Gli uccelli che vivono nelle aree limitrofe alle grotte e ai ripari sottoroccia sono indicati anche come la principale fonte di accumulo di guano, a sua volta responsabile dell'accumulo e della circolazione di sostanze fosfatiche secondarie (v. Sez. II, §6.2.3). Alle attività di questi animali in prossimità della zona costiera potrebbe essere in parte ricondotta anche la provenienza dei frammenti di gusci di molluschi di cui si è trattato più sopra. Questi componenti, come anche i gusci delle uova di uccello, sono composti esclusivamente da calcite e aragonite (CaCO₃), che nei primi possono essere anche compresenti (Simkiss e Wilbur 1989). Come avviene per altri fossili a composizione carbonatica, l'alterazione chimica di questi minerali è strettamente connessa e dipendente dal pH del terreno. Il discreto grado di conservazione con cui sono stati ritrovati alcuni frammenti all'interno della successione stratigrafica suggerisce quindi un carattere alcalino dei suoli/sedimenti costituenti questa porzione del deposito.

Il Paleosuolo

Un discorso diverso deve essere fatto per quanto riguarda il paleosuolo, dove si registra l'assenza di componenti di natura fosfatica e di gusci di molluschi (v. ad. es. Weiner 2010:46-67), nonché un elevato grado di alterazione dei frammenti carbonatici: evidenze indicative di condizioni del suolo più acide rispetto a quanto descritto in precedenza. Sono stati invece osservati molto scarsi frammenti di ossa e di carboni (segnalati anche sul terreno durante le fasi di scavo), entrambi spesso alterati.

6.2.5 Apporti antropogenici

L'accumulo di una parte ristretta dei componenti raggruppati nella classe ABC e sopra descritti nei loro caratteri generali, può essere ricondotta direttamente all'apporto antropico, ampiamente testimoniato nell'areale dei Balzi Rossi. L'utilizzo di molluschi come fonte di cibo è noto in molti contesti archeologici e in altri siti paleolitici, dove i loro resti vengono ritrovati tra i rifiuti e gli accumuli di materiali di scarto, come nel caso degli *shell middens* (v. ad es. Goldberg e Byrd 1999; Villagran et al. 2011). Lo stesso vale per le conchiglie, per le quali in alcuni casi è attestato l'utilizzo per la produzione di oggetti decorativi

⁸⁵ Allo stato attuale delle conoscenze non sono ancora disponibili parametri distintivi sufficienti per determinarne la specie di provenienza e i processi post-deposizionali subiti da questi componenti (Canti 2017:39-41).

tramite colorazione o forature (v. ad es. Hoffmann et al. 2018; Zilhao et al. 2010). Un discorso analogo può essere fatto per i frammenti di ossa, tra i quali si conta anche un numero molto ristretto di frammenti bruciati provenienti dal deposito sommitale. Di chiara origine antropica sono, invece, i manufatti litici rinvenuti sul terreno in tutte le unità, ad eccezione della sola Br1. Le analisi micromorfologiche hanno inoltre messo in evidenza anche a livello microscopico la presenza di scarse schegge micrometriche in selce nelle unità di Tetto, Br5 e Argilla. Lo studio tipologico dell'industria litica ritrovata ha indicato una diversa cronologia per i reperti rinvenuti (v. §3.1.2), la quale ha permesso di riconoscere una fase di occupazione prolungata, seppur non continuativa, che va dal Paleolitico Medio (Musteriano) al Paleolitico Superiore (Gravettiano) (Cremaschi et al. 1991). Tra i componenti antropogenici sono infine da citare i frammenti di carbone, sempre molto scarsi e rinvenuti in sezione sottile solamente nell'unità Argilla e in Br6⁸⁶. Nel primo caso si tratta chiaramente di resti inglobati all'interno del sedimento fine e provenienti dai focolari riconosciuti in fase di scavo in corrispondenza del paleosuolo. Sulla superficie esposta dell'unità Argilla sono state effettuate analisi spaziali in merito alla distribuzione dei materiali archeologici. I risultati hanno indicato la presenza di: (1) due aree laterali a massima concentrazione di manufatti litici, le quali corrisponderebbero a zone di intensa attività antropica –il *debitàge* è qui ben documentato dall'abbondante numero di schegge e blocchetti non ritoccati; (2) un'area centrale caratterizzata da un relativo adensamento dei nuclei, "come se venissero gettati lateralmente all'area di più intensa frequentazione" (Negrino 1994:57).

6.3 Dinamiche sedimentarie

6.3.1 Il deposito di falda detritica

Come riportato in precedenza, l'evidenza di campo indica che la successione stratigrafica indagata possiede le caratteristiche tipicamente osservate nei depositi di falda detritica, il cui accumulo è la diretta conseguenza dell'attivazione di dinamiche di modellamento dei versanti (v. 3.1.1 –*sistemi di versante*). L'azione congiunta o alternata di questi fenomeni presenta caratteri molto variabili nel tempo, sia per quanto riguarda l'intensità sia per la velocità d'azione. Una prima distinzione può essere fatta tra processi gravitativi, come la caduta di detriti, altri movimenti dei sedimenti in massa (frane, soliflusso, etc.) e processi lenti, sempre mediati da agenti di trasporto, in particolare l'acqua e il vento. Questi processi possono manifestarsi come eventi improvvisi, di breve durata ma energia elevata, che interrompono periodi di apparente quiescenza. I materiali e le rocce alterate e disgregate possono quindi risultare interamente

⁸⁶ Non sono disponibili campioni micromorfologici prelevati direttamente in corrispondenza dei focolari durante le attività di scavo e nessuna evidenza risulta ad oggi conservata, ma la descrizione di campo rimane indicativa di una frequentazione di carattere antropico.

rimosse dal fianco del versante, soprattutto quando questi risultino esposti lungo una superficie sensibilmente inclinata. L'attivazione e l'azione di questi fenomeni determina un abbassamento dei rilievi e il modellamento dei versanti (degradazione o erosione nel senso ampio del termine) e un accumulo (o aggradazione) del materiale preso in carico in posizioni più basse (Panizza 1995). I depositi che ne risultano presentano pertanto una disposizione solitamente caotica, massiva e disorganizzata (Bertran e Texier 1999; Coussot e Meunier 1996).

Per quanto riguarda il deposito di Balzi Rossi Museo (e nello specifico le Brecce), le principali dinamiche sono da ricercarsi nel distacco di clasti dalla parete della falesia in calcare e dalla conseguente caduta di detriti. La costante azione di degradazione meteorica ha causato modificazioni meccaniche (disgregazione, processi termoclastici e gelivazione) e chimiche (alterazione) che ne hanno determinato la frantumazione e il conseguente distacco di clasti secondo i piani di debolezza. In questa porzione della costa, l'indice relativo alle precipitazioni piovane risulta piuttosto contenuto (652,7 mm per Ventimiglia, IM)⁸⁷, tuttavia anche il loro ruolo deve comunque essere tenuto in considerazione. La disponibilità d'acqua derivante dalle precipitazioni piovane e i suoi ripetuti passaggi di stato (disseccamento-umidificazione e congelamento-liquefazione) generalmente rientrano tra i fattori più rilevanti (Castiglioni 1998). Un ruolo potrebbe essere svolto anche da fenomeni di aloclastismo, connessi all'azione dei sali da *spray* costiero. Per effetto della gravità, i frammenti di roccia si sarebbero quindi distaccati dalla parete, cadendo liberamente. Nel caso dei Balzi Rossi, dove le pareti della falesia sono uniformi e i pendii scoscesi, la deposizione dei detriti è avvenuta nella parte distale del versante, determinando in questo modo la formazione della falda detritica –ovvero di una fascia di detrito con superficie inclinata, che in parte coincide con il deposito preso in esame. In contesti di questo genere, i singoli clasti, una volta caduti a terra, possono rotolare lungo il pendio fino ad assestarsi al raggiungimento di un'inclinazione corrispondente all'angolo di riposo. Questo valore (generalmente 30-35°) è determinato anche dalla forma e dalle dimensioni dei clasti, dalle caratteristiche composizionali e strutturali della roccia madre e dall'ambiente sedimentario (Panizza 1995). In corrispondenza di talus scoscesi, questo processo determina spesso l'accumulo dei clasti più grossolani alla base del deposito (qui coincidente con l'unità Br7) e direttamente sopra al materiale fine adagiato sul piano di scivolamento lungo il quale il sedimento si è mosso originariamente. Le stratificazioni prodotte risultano generalmente caratterizzate da scarsa selezione, organizzazione caotica e aspetto massivo. Al loro interno è comune anche la presenza di *stone-lines* con disposizione e orientamento orizzontali, le quali si interpongono agli altri strati. L'organizzazione assunta dai clasti può essere influenzata anche da ulteriori processi, quali la deflazione superficiale, le precipitazioni piovane, la bioturbazione o i movimenti di versante ad energia elevata, etc. (Karkanas e Goldberg 2018:166). Il risultato è la progressiva

⁸⁷ Ventimiglia (Imperia): 14.1 °C, 652,7 mm (<https://www.arpal.gov.it>, scaricato 24 Maggio 2019)

rimozione delle particelle più fini dal sedimento superficiale, a cui si contrappone l'accumulo della sola frazione grossolana (come osservato in Br5 nel caso del deposito indagato –v. Tabella III. D). La presenza di questi allineamenti, interpretabili anche come contatti tra le unità rispettivamente superiori e inferiori, risulta quindi solitamente indicativa di momenti di stasi, caratterizzati da un'interruzione nella deposizione e da un'azione erosiva moderata o assente. A questi si possono aggiungere anche la pedogenesi e le tracce di bioturbazione, come osservato ad esempio nelle unità Br4 e Br6. Quando le rocce più esposte sono state demolite, il detrito si è assestato e l'inclinazione ridotta all'angolo di riposo, la degradazione subisce un netto rallentamento, dal momento che la sola gravità non ha più efficacia sulla denudazione. Questa condizione porta alla formazione di un versante regolarizzato, dotato di una sua evidente stabilità (Panizza 1995), in cui l'apporto di nuovo sedimento, l'erosione e le eventuali pedogenizzazione e crescita della vegetazione tenderanno ad interessare solamente la porzione superficiale, favorendo invece la conservazione dei depositi più profondi (come nel caso dell'unità Tetto). Generalmente, in prossimità della falesia e indipendentemente dal suo spessore, la fascia dovrebbe coprire e proteggere anche la roccia del substrato. Tuttavia, nel caso del deposito indagato, questa non è stata rinvenuta e sui sedimenti accumulatisi sulla piattaforma di erosione marina hanno avuto modo di innescarsi i diversi processi pedogenetici che hanno portato alla formazione del paleosuolo (v. sotto). Tale situazione porta a supporre che la stessa piattaforma potesse quindi essere più ampia e spingersi ulteriormente verso l'interno della costa, evenienza che porterebbe a rivalutare interamente l'estensione e la distribuzione della frequentazione umana, almeno in questa porzione dell'areale dei Balzi Rossi.

6.3.2 Il Paleosuolo

Formazione e accumulo della Terra Rossa

Il termine "Terra Rossa" è stato a lungo utilizzato per indicare tutti i suoli rossi derivanti dalla disgregazione del calcare in climi sub-tropicali (Kubiena 1953) e nella regione Mediterranea. La natura e l'origine del materiale fine, costituenti la Terra Rossa, e i loro rapporti con le rocce carbonatiche sono stati e rimangono tutt'oggi argomento di discussione (v. ad es. Macleod 1980; Yaalon 1997; Durn 2003). In alcune classificazioni nazionali (ad es. in Croazia, Italia e Israele), il termine viene mantenuto per indicare complessivamente i suoli arrossati derivanti dalle rocce calcaree dure (Durn 2003); in altri sistemi che utilizzano come criterio di differenziazione il clima Mediterraneo, esso viene invece fatto corrispondere ad alcune tipologie di suoli ricchi in sesquiossidi⁸⁸ e impostati su rocce calcaree: i suoli 'Rossi Fersiallitici' (Duchaufour 1982:380–82). Complessivamente, si tratta comunque di suoli argillosi o limo-argillosi che ricoprono il calcare o la dolomia in forma di livelli discontinui, con spessori che vanno da pochi centimetri a svariati metri. La Terra Rossa l. s. si può ritrovare anche lungo le fratture e tra le superfici di assestamento

⁸⁸ Ossidi idrati e idrossidi di ferro e alluminio (Duchaufour 1982: 373-377; Allaby 2013:526)

delle medesime litologie o all'interno delle depressioni carsiche in forma di complessi pedo-sedimentari (suoli/sedimenti) (Durn 2003). Tra le molteplici tipologie di suoli a cui il concetto viene associato rientrano (v. ad. es. discussioni in van Andel 1998; Duchaufour 1982; Durn 2003): suoli relitti poligenici, formati durante il Terziario e/o i periodi caldi e umidi del Quaternario (Atalay 1997; Bronger e Bruhn-Lobin 1997; Durn, Ottner, e Slovenec 1999), i vetusuoli⁸⁹(Bronger e Sedov 2003) e , soprattutto, i paleosuoli (Yassoglou, Kosmas, e Moustakas 1997). Tra i complessi pedo-sedimentari, si può invece annoverare la Terra Rossa ridepositata all'interno di bacini carsici chiusi o i letti colluviali arrossati formati dai processi di versante, dalle colate detritiche e dall'azione di correnti intrecciate effimere su conoidi alluvionali (van Andel 1998) (v. anche Sez. I, Cap. 3).

La Terra Rossa può quindi derivare esclusivamente dai residui insolubili del calcare e della dolomia, ma più frequentemente comprende anche una gamma di materiali primari che includono polveri eoliche, materiale vulcanico o clasti di diversa natura, inglobati come conseguenza dell'azione di diversi meccanismi di trasporto (Durn 2003). Essa si può formare come risultato dell'azione di processi di decalcificazione, bisiallizzazione e rubefazione (Fedoroff 1997; Durn 2003). La principale caratteristica diagnostica e osservabile a scala macroscopica sul terreno rimane tuttavia il suo colore rosso acceso. Questo è conseguenza della rubefazione, ovvero della formazione preferenziale di ematite (Fe_2O_3) sulla goethite $Fe^{3+}O(OH)$ (Duchaufour 1982). È importante sottolineare che affinché tale processo possa compiersi, il pedoambiente deve presentare un'associazione tra clima Mediterraneo, elevato drenaggio interno e pH neutro (in condizioni da debolmente alcaline a quasi sature di composti basici -Ca e/o Mg); non rientra invece tra i fattori rilevanti l'origine delle fonti primarie di Fe, che possono essere sia autoctone, sia alloctone (Boero e Schwertmann 1989). Il drenaggio è generalmente consentito dalla natura carsica della roccia carbonatica dura, fortemente permeabile, e da un ben sviluppato grado di aggregazione del materiale fine, conseguente all'elevato contenuto intercambiabile di Ca e Mg (Torrent 1995). Secondo quanto sostiene Fedoroff (1997), in un profilo di suolo, il processo avviene negli orizzonti superiori e il materiale rubefatto viene successivamente traslocato insieme alle argille a profondità maggiori, determinando quindi la distribuzione del colore arrossato. L'esposizione alle varie fluttuazioni climatiche può portare, invece, a processi di eluviazione, ingiallimento o idromorfismo secondario (Durn 2003).

L'orizzonte di suolo conservato

L'unità Argilla, rappresentativa della porzione di paleosuolo conservatasi, è stata descritta in fase di scavo come un orizzonte argilloso⁹⁰ (Cremaschi et al. 1991), tuttavia in sezione sottile esso non presenta

⁸⁹ secondo il concetto proposto da Cremaschi (1987).

⁹⁰ "Orizzonte di accumulo illuviale di argilla, che conferisce in genere all'orizzonte una microstruttura particolare, caratterizzata dalla presenza di *cutans* di argilla orientata, a meno che non vi siano evidenze di *cutans* da stress" (Cremaschi e Rodolfi 1991:233).

le evidenze attese: nello specifico, sono assenti tracce significative di illuviazione di argilla. Si potrebbe pertanto trattare di un orizzonte B, dove si osservano alcune evidenze tipiche dei sistemi Vertisol (v. ad es. Kovda e Mermut 2018), associate però a forte bioturbazione. I processi biogenici solitamente si concentrano vicino alla superficie del suolo, mentre l'illuviazione dell'argilla avviene ad una profondità intermedia all'interno dell'orizzonte B. In questo caso si osservano invece le tipiche strie lasciate dai processi di rigonfiamento e dilatazione (*shrink and swell*) nei suoli. Questi determinano dei tagli da micro- a millimetrici che spingono i singoli granuli di argilla ad orientarsi di conseguenza, portando alla formazione di zone planari caratterizzate dal contatto diretto faccia a faccia dei domini di argilla (Wilding e Tessier 1988). L'abbondanza è contenuta, ma va tenuto in considerazione che la visibilità delle strie si riduce notevolmente in corrispondenza di un'elevata presenza di carbonati, così come di altre sostanze (v. ad es. Mermut et al. 1991). Inoltre, lo sviluppo della *b-fabric* generalmente diminuisce nei suoli maturi o che vanno incontro a cicli umidi e secchi ripetuti. La compresenza di queste evidenze, oltre allo spessore complessivamente contenuto, rende difficile l'inserimento del (paleo-)suolo in questione all'interno di un sistema definito o il tentativo di riconoscere le eventuali diverse fasi pedogenetiche che si sono susseguite (v. Fedoroff e Courty 2002, 2005). Va comunque tenuto in considerazione che nei paleosuoli polifasici le fasi più recenti tendono a cancellare, con estensione più o meno variabile, la memoria delle fasi precedenti (Fedoroff, Courty, e Guo 2018). È comunque lecito ipotizzare un'alternanza di periodi di biostasia e resistasia, e quindi di condizioni climatiche favorevoli allo sviluppo del suolo alternate ad episodi erosivi (Erhart 1956), nonostante per il caso indagato la porzione conservata non permetta di isolare e contare i cicli che si sarebbero succeduti. La resistasia, infatti, è comune dove il suolo risulti scarsamente o affatto protetto da una copertura vegetale ben sviluppata e dove si verificano fenomeni di erosione generalizzati e associati a una frantumazione meccanica delle rocce, come in parte osservato presso i Balzi Rossi. L'attivazione della degradazione del versante e l'accumulo repentino delle brecce avrebbero quindi sigillato l'orizzonte di suolo allora esposto, preservandolo dall'azione dei processi erosivi successivi. Il profilo originariamente sviluppatosi potrebbe quindi essere definito come un suolo rosso fersiallitico mediterraneo con rubefazione completa, che tuttavia presenta anche delle proprietà vertiche⁹¹.

⁹¹ "Caratteristiche pedologiche quali fessure, facce di scivolamento, aggregati a forma di parallelepipedo o di cuneo, che non sono in combinazione tra loro o che non raggiungono un'evidenza sufficiente a qualificare i suoli come vertisuoli" (Rodolfi e Cremaschi 1991:247).

6.4 Processi postdeposizionali

Il suolo sommitale e le Brecce stratificate

I processi postdeposizionali identificati includono: (1) l'alterazione e la diagenesi selettiva di componenti naturali e archeologici, (2) l'accumulo secondario di sostanze solubili che hanno interessato le diverse unità in maniera differenziale e (3) l'intensa azione dei processi bioturbativi. Le evidenze principali sono state riconosciute direttamente sul terreno, mentre le osservazioni micromorfologiche hanno permesso di analizzarne le caratteristiche e le variazioni distribuzionali a livello microstratigrafico.

Le pedofigure osservate con maggiore frequenza sono quelle connesse alla mobilitazione del carbonato di calcio (CaCO_3): si osservano gradi di conservazione differenziale dei clasti carbonatici (CRB) inglobati all'interno del deposito, come diretta conseguenza della loro alterazione fisica e dei processi diagenetici attivi al piede del versante (dissoluzione, sostituzione e ricristallizzazione). Nelle unità Tetto e Brecce, si rileva una parziale alterazione lungo i bordi esterni dei singoli frammenti di roccia calcarea, rappresentata da una maggiore conservazione dei cristalli sparitici (vene sparitiche) a discapito della massa a composizione micritica (Figura III. 18a, b) e dal tipico aspetto *dog-shaped* di alcuni frammenti osservato spesso in sezione sottile (Figura III. 18c, d). Nelle Brecce, la dissoluzione è indicata anche dalla formazione di comuni iporivestimenti e scarsi pendenti sui frammenti di calcare (ad es. Br6). Nei livelli superiori delle Brecce si osserva inoltre la progressiva cementazione dei sedimenti (elevata in Br1, meno intensa in Br2 e Br3). Questa è da ricondursi alla presenza di acqua, la quale comunemente mobilizza e trasporta diverse sostanze disciolte e crea le condizioni necessarie per molte reazioni chimiche e biochimiche. L'acqua, da una parte produce un effetto dilavante (in senso chimico) su alcune rocce, dall'altra determina i fenomeni di cementazione di quelle poco coerenti (come il calcare) attraverso processi di rideposizione delle sostanze carbonatiche. Deve essere inoltre tenuta in considerazione l'abbondanza di materia organica contenuta nel suolo sommitale, la quale ha probabilmente giocato un ruolo chiave nell'ambito di questi processi e attivato la pedogenesi.

Oltre alla cementazione osservata sul terreno, le analisi micromorfologiche hanno messo in evidenza una *b-fabric* calcitica cristallitica nella porzione superiore delle Brecce (Br1, Br2 e Br3), la presenza di rivestimenti micritici continui sviluppati sulle pareti dei pori (Figura III. 18e, f) e di riempimenti sciolti discontinui di calcite in forma di cristalli sciolti e aggregati granulari micritizzati all'interno dei vuoti planari (Br3). Alla migrazione e alla formazione di CaCO_3 secondario sono riconducibili anche i noduli carbonatici a composizione micritica (Figura III. 18g, h), generalmente interpretabili come indicatori di clima semiarido e condizioni di drenaggio limitato del suolo (Selby 1993:186). Localmente si osservano anche pedofigure connesse alla crescita di cristalli di calcite all'interno della massa di fondo o in forma di riempimenti densi discontinui di calcite aciculare.

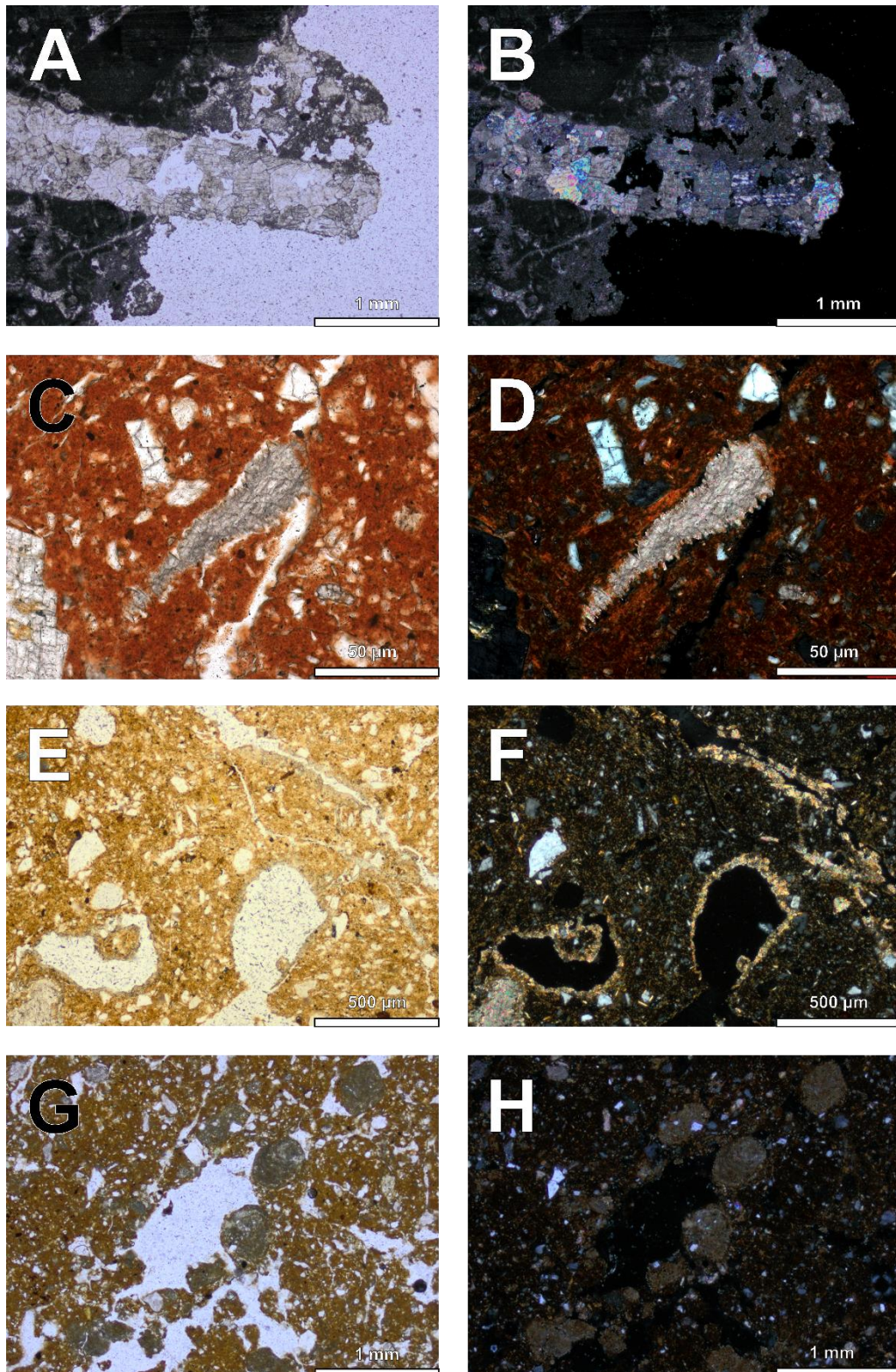


Figura III. 18. Balzi Rossi Museo: microfoto delle pedofigure connesse alla mobilitazione del CaCO_3 nelle unità Breccie: (A) dettaglio di un frammento di roccia carbonatica, da notare la conservazione differenziale della vena sparitica rispetto al cemento, unità Br5, PPL; (B) idem in XPL; (C) frammento di calcare sparitico alterato dal tipico aspetto *dog-shaped*, unità Br6, PPL; (D) idem in XPL; (E) rivestimenti micritici continui lungo le pareti dei vuoti planari e dei canali, unità Br5, PPL; (F) idem in XPL; (G) noduli concentrici a composizione micritica all'interno di un canale, unità Br6, PPL; (H) idem in XPL.

Va infine segnalata la presenza di scarse *queras*, ovvero di pedofigure complesse composte da riempimenti di cristalli di calcite grossolana all'interno di canali (pseudomorfi da tessuti di apparati radicali) circondati da iporivestimenti con deplezione di calcite (Herrero e Porta 1987; Jaillard e Maurin 1991).

L'alterazione e la dissoluzione parziale dei clasti a composizione carbonatica è ulteriormente indicata anche dall'accumulo secondario di fosfati, osservati in sezione sottile in forma di noduli ubiquitari nelle unità Tetto e Breccie. Il dato micromorfologico ha indicato un marcato aumento nella presenza di pedofigure legate all'accumulo e alla formazione di sostanze fosfatice all'interno delle unità di Breccia, dove si osservano anche rivestimenti, quasi-rivestimenti e aloni (*rims*) su parte dei frammenti di calcare (Br1, Br2, Br3 e Br6). Nessuna di queste evidenze è stata invece rilevata in corrispondenza dell'unità Argilla. Una possibile origine delle sostanze fosfatice potrebbe essere ricondotta ad agenti biogenici, quali le attività di animali, piante e micobatteri sui sedimenti. Non è possibile determinare con precisione il momento in cui i processi implicati si siano attivati, anche se una parte consistente dell'accumulo è probabilmente avvenuta già all'interno delle grotte come conseguenza della presenza di guano (v. ad. es. Sez. II, §6.3). I noduli fosfatici, così come i frammenti di calcare alterati rientrerebbero quindi tra i materiali rimaneggiati, presi in carico dai movimenti di versante e depositati alla sua base. Risulta ubiquitario anche l'accumulo di ossidi di Fe-Mn, osservato principalmente in forma di noduli ortici e disortici, tipici e dendritici, distribuiti in maniera caotica all'interno delle unità; a questi si aggiungono rivestimenti continui su frammenti di ossa (Tetto, Br4, Br6) e discontinui su frammenti di rocce e granuli minerali (T10, Br6). L'occorrenza di queste pedofigure è indicativa di condizioni di ossidoriduzione all'interno del sedimento, determinate dalle variazioni climatiche stagionali (in linea con quanto ci si attende in una zona a clima mediterraneo).

Le figure tessiturali risultano complessivamente scarse, soprattutto per quanto concerne i rivestimenti di argilla; leggermente più rappresentati sono, invece, i riempimenti sciolti discontinui costituiti da aggregati granulari di materiale fine e granuli minerali all'interno di vuoti planari, rinvenuti in associazione ad escrementi di insetti (*fecal pellets*) all'interno di canali e camere.

Il Paleosuolo

Nell'unità Argilla, la conservazione dei materiali a composizione carbonatica è molto scarsa e lo stesso si registra anche per le pedofigure connesse alla sua mobilitazione: rivestimenti, riempimenti e noduli di calcite. Come già indicato, sono invece osservati accumuli di ossidi di Fe-Mn, in forma di noduli ortici e disortici, tipici e dendritici, rivestimenti continui su frammenti di ossa e discontinui su frammenti di rocce e granuli minerali. Al contrario di quanto atteso, le figure tessiturali sono scarse anche in corrispondenza del paleosuolo, situazione indicativa di una migrazione dell'argilla che appare quindi piuttosto contenuta. Scarsi risultano anche i riempimenti sciolti discontinui costituiti da aggregati granulari di materiale fine e granuli minerali all'interno di vuoti planari, mobilitati dalla bioturbazione e osservati sempre in associazione ad escrementi di insetti (*fecal pellets*) all'interno di canali e camere.

6.5 Ricostruzione della storia formativa del deposito

Confrontando i dati disponibili in letteratura (Cremaschi et al. 1991) con quelli ottenuti grazie alle analisi micromorfologiche precedentemente discusse, è possibile ipotizzare una ricostruzione della storia formativa del deposito di Balzi Rossi Museo (ex-Birreria) (v. Figura III. 19). A tal proposito è utile anche il confronto con i dati disponibili per il sito dell'ex-Casinò (Vicino 1972) (v. §2.3). La base della successione stratigrafica poggia su una piattaforma di abrasione marina di età tirreniana, formatasi durante l'Ultimo Interglaciale (MIS 5e) (v. Figura III. 19-1), quando il livello del mare raggiungeva i 12 metri presso i Balzi Rossi (Federici e Pappalardo 2006; Rovere et al. 2016) (v. §2.1.3). Su di questa, l'attivazione di processi pedogenetici ha portato alla formazione di un suolo di tipo Terra Rossa (Figura III. 19-2), oggi rappresentato dal paleosuolo sepolto (unità Argilla). Questa paleosuperficie è stata teatro dell'occupazione umana neandertaliana, riconosciuta sul terreno dal ritrovamento di centinaia di manufatti attribuibili al Musteriario antico e di alcuni focolari. Successivamente, un cambiamento climatico abrupto in senso umido e freddo, coincidente con l'inizio della glaciazione würmiana, avrebbe favorito i processi di degradazione della porzione esposta della falesia e dello stesso versante (Figura III. 19-3). Le nuove condizioni di erosione e sedimentazione avrebbero quindi portato ai primi fenomeni di crollo detritico, favoriti da processi connessi all'azione del gelo e rappresentati sul terreno dai blocchi e dai clasti di calcare costituenti le unità Br7 e Br6. La *stone line* (Br5), che li separa dalla porzione superiore della sequenza stratigrafica, sarebbe invece testimone un periodo di stasi antecedente la ripresa dei fenomeni di degradazione (Figura III. 19-4), corrispondenti alla serie Br4-Br1. Se per le unità inferiori, Br4-Br3, i fenomeni principali sembrano essere connessi ai movimenti lenti di versante, come testimoniato dall'incremento della matrice, per Br2-Br1 i crolli gravitativi dalla parete rocciosa tornano ad essere predominanti. In questo momento, le fasi erosive sono state probabilmente ulteriormente supportate dall'azione del vento, testimoniata dalla presenza di scarse polveri eoliche in Br2. Le caratteristiche sedimentarie e il ritrovamento di manufatti musteriani di tecnica *Levallois*, associati a scarsi resti di fauna e interrotti al tetto di Br2 dalla comparsa di resti aurignaziani, suggeriscono un'attribuzione cronologica al Pleniglaciale per questi livelli. La successiva attivazione dei processi pedogenetici, verosimilmente durante l'Interglaciale (Fig. v. Figura III. 19-5), avrebbe quindi favorito la cementazione della porzione superiore delle unità di Breccia (Br2 e Br1). La serie è interrotta da una superficie di erosione, che la separa dai depositi superiori (Tetto), corrispondenti ad una ripresa dei processi di degradazione del versante e di accumulo detritico. L'inclinazione degli strati non è compatibile con superfici occupazionali e, pertanto, è probabile che i resti antropogenici rinvenuti possano derivare da posizioni più elevate sul versante e dagli scarichi provenienti dalla Grotta di Florestano, situata a monte del deposito.

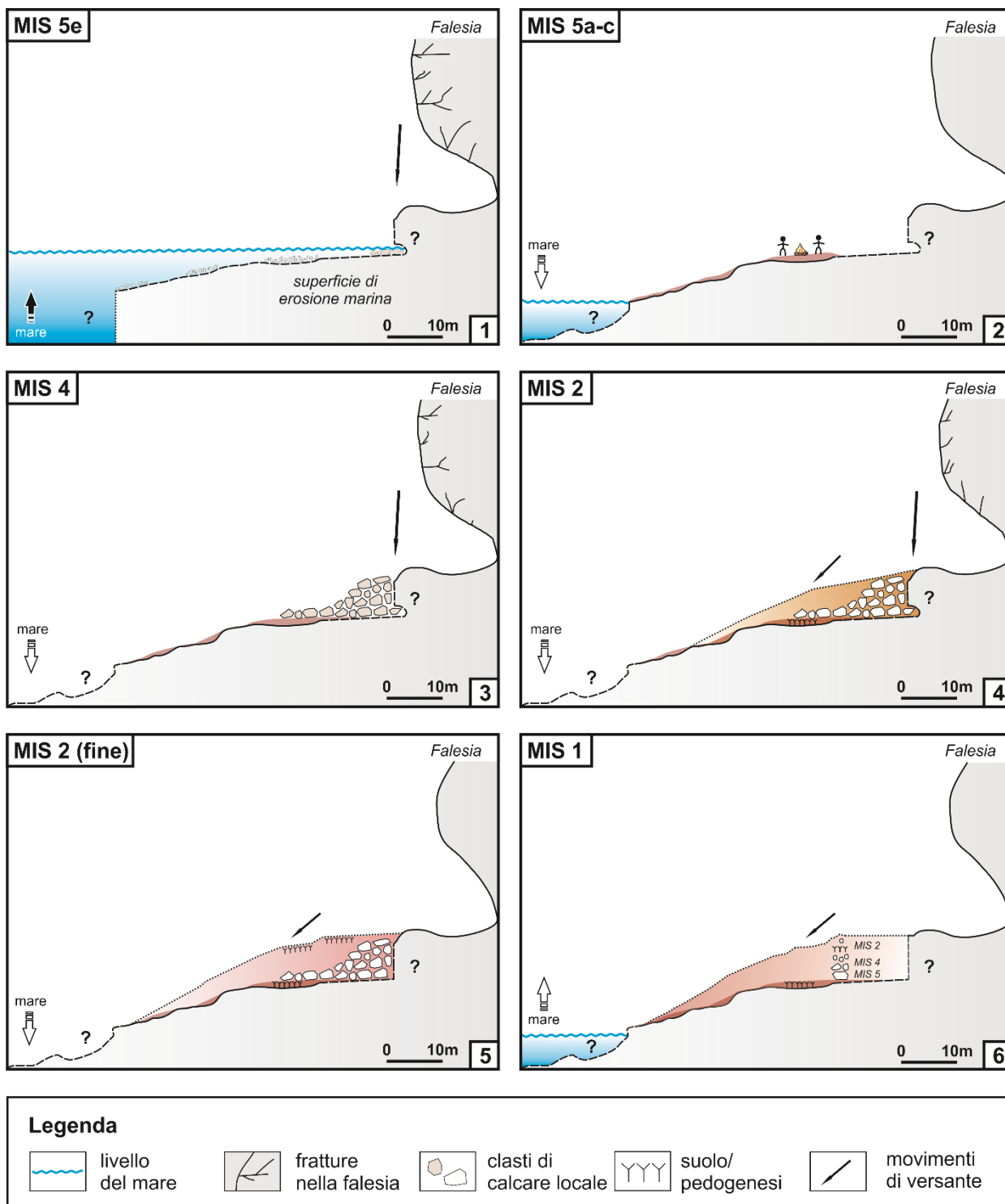


Figura III. 19. Ricostruzione della storia formativa del deposito di Balzi Rossi Museo: in ciascun riquadro sono schematizzati i principali processi attivi per l'arco cronologico indicato: (1) arretramento della falesia (degradazione meteorica e azione del moto ondoso) e conseguente formazione della piattaforma di erosione marina; (2) esposizione della piattaforma di erosione marina (in conseguenza dell'abbassamento del livello del mare) e sviluppo sulla sua superficie di processi di pedogenesi e dell'occupazione umana; (3) ripresa della degradazione della parete (raffreddamento climatico) e attivazione dei processi di versante, dominati prima dalla caduta di detrito (4) e in seguito da movimenti lenti, responsabili sia dell'accumulo sia della rimozione dei sedimenti; (5) occorrenza di fasi di stabilità superficiale e pedogenesi (stabilizzazione climatica); (6) riattivazione dei movimenti di versante, ma con minore energia. Il profilo ricalca quello proposto da Vicino (1972) –la scala si riferisce alla sola distanza tra il piede della falesia e la linea di costa attuale; la linea tratteggiata indica le ricostruzioni ipotetiche (v. testo per dettagli).

SEZIONE IV

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

DISCUSSIONE E CONSIDERAZIONI FINALI

Lo studio geoarcheologico condotto in occasione della presente ricerca ha permesso di ottenere nuovi dati stratigrafici e di ricostruire le dinamiche formative e le modificazioni postdeposizionali che hanno agito in corrispondenza dei depositi indagati. Al contempo, sono state messe in evidenza alcune delle principali limitazioni e lacune connesse alle indagini di contesti scavati durante il secolo scorso, sulla base di metodologie attualmente superate o il cui studio non è stato portato a compimento. Vengono quindi riportate le considerazioni finali sulla base dei risultati ottenuti dalle nuove analisi geoarcheologiche svolte presso i siti della Ciota Ciara e di Balzi Rossi Museo, sottolineando al contempo le problematiche incontrate e il ruolo che queste hanno avuto nello svolgimento stesso del progetto di ricerca. Al termine dei lavori, come spesso accade, sono emerse anche nuove problematiche e domande di ricerca, apertesesi in seguito all'investigazione di aspetti prima inesplorati. Vengono pertanto proposte anche le principali prospettive di ricerca future e trattate alcune delle tematiche ritenute degne di approfondimento, ma che non è stato possibile affrontare nel dettaglio per via dei limiti nelle disponibilità in termini economici e temporali o di strumentazioni e competenze. Come introdotto in occasione della presentazione degli scopi della ricerca, questa ha portato anche a riflettere sul ruolo degli studi pregressi e sull'utilità di una loro riconsiderazione in chiave moderna. A tal proposito, il focus viene chiaramente posto sulla ricerca geoarcheologica e le condizioni in cui si trovi ad operare attualmente. Per affrontare i temi appena elencati si ritiene tuttavia necessario ripercorre prima le principali tappe evolutive del progetto di ricerca, passando in rassegna le variazioni tematiche e le complicazioni a cui è stato soggetto nel corso del suo sviluppo.

1.1 Cronistoria e considerazioni sul progetto di ricerca

Per sua stessa definizione, la geoarcheologia si serve di concetti, tecniche e metodi propri delle Scienze della Terra – e oggi anche dell'appoggio di un numero sempre crescente di discipline scientifiche (v. §1.2 più sotto) – per risolvere problematiche e rispondere a domande di interesse archeologico (Butzer 1982): uno studio di questo tipo implica, quindi, la necessità e le capacità di integrare tutti gli aspetti metodologici che da queste vengono “presi in prestito”. L'approccio geoarcheologico diventa pertanto in parte anche quello del geologo, del sedimentologo, del pedologo, dello stratigrafo, dell'archeologo e così via. Va da sé che tutte queste competenze richiedano anni di esperienza e di specializzazione sia sul campo sia in laboratorio per poterle padroneggiare e sfruttarne le potenzialità. La formazione accademica può fornire il bagaglio culturale di ambito umanistico e/o tecnico-scientifico, ma il geoarcheologo si forma e si perfeziona solamente nel momento in cui esperisce le sue indagini. In quanto disciplina, invece, la geoarcheo-

logia può ormai considerarsi pienamente sviluppata, tanto da vantare un flusso costante di nuove pubblicazioni incentrate sulle tematiche più varie, anche se spesso rimane appannaggio di limitati gruppi di ricerca specializzati, per lo più afferenti ad affermati e ben attrezzati istituti o università. In questo quadro, l'Italia non sembra giocare un ruolo di rilievo e "fare geoarcheologia" è un'attività tutt'altro che scontata. Cimentarsi in questa tipologia di studio di un sito implica innanzitutto investigarne le dinamiche formative, individuare e comprendere le evidenze postdeposizionali che ne hanno determinato l'alterazione nel corso del tempo e, quindi, provvedere alla ricostruzione delle condizioni e delle implicazioni paleoclimatiche e paleoambientali che hanno influenzato l'attivazione di questi processi. Il fine ultimo è, in sostanza, quello di fornire una visione d'insieme del contesto indagato, estrapolando il potenziale informativo custodito dall'archivio sedimentario e, al contempo, dal registro archeologico. La necessità di instaurare una comunicazione e uno scambio di informazioni tra i diversi specialisti coinvolti nell'ambito di uno scavo archeologico e delle istituzioni che ne regolano l'accesso si rivela tuttavia in molti casi processo di complessa risoluzione. Purtroppo, nell'avviluparsi delle comunicazioni, questa collaborazione finisce spesso per non prendere forma reale e i diversi filoni della ricerca tendono a proseguire quasi indipendentemente, con interruzioni e riprese a ritmo sincopato, che finiscono per protrarsi anche per diversi anni. In tal caso, il rischio di non raggiungere il fine citato cresce in maniera esponenziale.

Alla luce di quanto riportato finora, trovano spazio alcune considerazioni personali riguardanti lo svolgimento del presente lavoro di ricerca, il quale ha subito una serie di deviazioni rispetto alla sua formulazione iniziale. Il progetto originario, dopo aver indagato e risolto la problematica relativa all'attendibilità dei dati disponibili, verificando la loro compatibilità con la metodologia di ricerca attuale, avrebbe previsto di spostare il focus sull'analisi del rapporto uomo-ambiente durante il MIS 5. Si sarebbero quindi indagate le scelte effettuate da parte dei gruppi umani in relazione alla tipologia dei siti da occupare e delle conseguenti implicazioni paleoecologiche delle medesime. Per rispondere a queste domande era stata proposta una revisione bibliografica della documentazione nota finora prodotta in relazione al contesto in cui questi siti erano inseriti e, quindi, il loro studio geoarcheologico: la ricerca rimaneva profondamente radicata nelle questioni archeologiche e il focus da porsi sullo studio delle tracce riconducibili alle attività umane.

La presenza di superfici di occupazione all'interno dei siti paleolitici può essere indicata, a livello macroscopico, dal ritrovamento di manufatti, resti derivanti dalle attività di produzione di strumenti in diversi materiali, rifiuti e scarti di cibo, o anche dalla presenza di strutture o aree di attività specifiche. Il loro riconoscimento e le caratteristiche che le definiscono sono tuttavia argomenti ampiamente dibattuti in letteratura e non può essere questa la sede per approfondirne la discussione. Ci si limita pertanto ad indicare che se per il Paleolitico Superiore siano note svariate evidenze di insediamenti non necessariamente rappresentanti "un semplice utilizzo opportunistico di posizioni riparate naturalmente", ma costi-

tuenti piuttosto testimonianze di scelte comportamentali rispondenti a “modelli cognitivi che si adattavano, di volta in volta, alla situazione locale e temporale” (Angelucci 1998) – si fa riferimento ad es. al riparo Dalmeri (Dalmeri e Lanzinger 1989) o alla Grotta di Fumane – per quanto riguarda il Paleolitico Medio questo assunto risulta, invece, molto più complicato (quantomeno per territorio italiano). Il ritrovamento di evidenze in deposizione primaria non è, infatti, avvenimento scontato. In molti casi si può parlare piuttosto di palinsesti (Bailey 2007), rappresentativi di un numero indefinito di fasi occupazionali (chiaramente con alcune eccezioni, già citate nel corso dell’elaborato). In questo quadro, lo scopo delle analisi microstratigrafiche è quello di verificare se, ad una scala di ingrandimento maggiore, siano isolabili fasi distinte e, per l’appunto, non riconoscibili sul terreno. In merito a questi aspetti, le indagini concernenti i due depositi indagati hanno messo in evidenza una sostanziale sterilità; vanno escluse le sole evidenze riscontrate sul terreno in corrispondenza dell’unità Argilla presso Balzi Rossi Museo. Tale constatazione ha drasticamente ridotto la possibilità di formulare ipotesi in merito alle scelte comportamentali umane sulla base dei dati stratigrafici, relegando inevitabilmente questo aspetto ad un ruolo marginale.

A questo va aggiunta una serie di ulteriori fattori esterni non prevedibili, che ha in parte compromesso la proposta iniziale. In primo luogo, le nuove datazioni ESR U/Th disponibili per il sito della Ciota Ciara (gennaio 2017) hanno messo in discussione la sua precedente attribuzione cronologica all’ultimo Interglaciale (MIS 5) – come peraltro già ipotizzato fin dai primi sopralluoghi sul sito sulla base delle caratteristiche della successione stratigrafica – e quindi aperto la strada a una nuova tipologia di domande di carattere deposizionale e paleoambientale. In secondo luogo, le complicazioni burocratiche e quelle legate allo stato di conservazione della stratificazione di Balzi Rossi Museo hanno reso necessario limitare il numero di campioni raccolti (sia di sedimento sciolto, sia di ‘blocchetti indisturbati’) con finalità analitiche (giugno 2017). In entrambi gli studi di caso, le nuove condizioni di lavoro hanno necessariamente indirizzato la ricerca verso un’analisi specialistica basata sullo studio micromorfologico dei depositi presi in esame. A tal proposito, si riporta infine che è stato possibile iniziare lo studio delle sezioni sottili ottenute dai campionamenti degli scavi degli anni ’90 di Balzi Rossi Museo solamente a partire dal novembre 2018, momento in cui le medesime sono state rese disponibili. L’ultimo fattore limitante è, invece, connesso ad una mera questione economica e alla disponibilità di strumentazioni, ragioni per le quali non si è ancora proceduto ad ulteriori datazioni assolute delle unità d’interesse e provvisto ad analisi geochimiche supplementari, ora inserite tra le prospettive future.

Si è ritenuto necessario ripercorrere brevemente questi passaggi al fine di rendere note le motivazioni che hanno indirizzato la ricerca verso la sua strutturazione attuale e, al contempo, di evidenziare come, malgrado le complicazioni, l’approccio adoperato abbia comunque consentito di ottenere dati inediti e funzionali allo studio deposizionale, spaziale e archeologico dei due depositi indagati.

1.2 Metodi recenti e studi progressi

“L'archeologia è una scienza interdisciplinare *par excellence*. Nel suo tentativo di ricostruire il comportamento umano nell'ambiente naturale e culturale del passato, l'archeologia utilizza conoscenze e tecniche di svariate discipline accademiche” (Degryse e Shortland 2013:20352). È noto come a partire dalla corrente processuale, la metodologia seguita risulti fortemente influenzata dalle innovazioni derivanti dagli sviluppi delle altre scienze e dalla sempre più diffusa accessibilità delle tecniche analitiche che queste mettono a disposizione. Tale processo ha portato al consolidamento delle cosiddette “scienze archeologiche”, oggi per lo più afferenti all'archeometria (Artioli 2010; Tite 1991). Si tratta di campi di studio i cui professionisti si servono degli approcci propri della fisica, della chimica, della biologia, delle Scienze della Terra, dell'ingegneria e dell'informatica – ad es. gli studi biomolecolari, genetici, le tecniche di prospezione, di *remote sensing*, di analisi tramite fasci energetici e luminosi, etc. – per risolvere questioni di natura archeologica (Brothwell e Pollard 2005; Creagh e Bradley 2006, 2007; Pollard et al. 2007; Artioli 2010; Edwards e Vandenabeele 2012). In quest'ottica, è stato spesso preso in prestito il concetto di “archeologia olistica” (Renfrew e Bahn 2005:106–8), il quale nasce in origine con l'intento di indicare un approccio inclusivo all'archeologia, in grado di comprendere tutti gli aspetti concernenti le società umane, a partire dall'ecologia e l'economia, passando per l'organizzazione sociale e la politica, fino all'arte e l'ideologia (Degryse e Shortland 2013). In particolare, il termine è stato utilizzato per mettere in relazione il lavoro degli stessi archeologi e degli antropologi con i risultati ottenuti da altri specialisti delle ‘scienze esatte’ (Degryse 2013), chiamati in causa per fornire agli archeologi i metodi per raccogliere, analizzare, sintetizzare e interpretare i dati relativi ai registri organici e inorganici prodotti nel corso della storia umana (Wells 2014). Alcuni approcci sono ormai maturati a tal punto da sviluppare filoni indipendenti, tra cui su tutti le datazioni radiometriche (Aitken 1990; Taylor e Aitken 1997) o gli studi sui resti biologici. Nel panorama attuale, sono quindi sempre più numerosi i ricercatori che si rivolgono a specialisti di altre discipline e, parallelamente, quelli che decidono di specializzarsi nell'indagine di aspetti specifici con lo scopo di dare risposte più approfondite alle nuove domande sollevate dalla ricerca archeologica contemporanea. Ad ogni modo, come mettono in evidenza Brothwell e Pollard (2001), entro un certo limite gli archeologi continueranno comunque a rivolgersi alle scienze “pure”, dal momento che la stessa base scientifica della disciplina risulta talmente ampia da non poter prescindere dai nuovi progressi in tutti i loro campi, allorché esista del potenziale nell'applicare nuove tecniche di investigazione all'indagine archeologica. Risulta quindi chiaro che, ove sussista un dualismo tra la figura dell'archeologo e quella dello specialista l. s., la ricerca avrà esito positivo e proficuo solo nel momento in cui tra loro venga favorito un dialogo costante in ogni sua fase, sia sul campo sia in laboratorio.

Come già introdotto in sede di presentazione degli oggetti e degli scopi del lavoro, il presente progetto si inserisce perfettamente nel contesto delle ricerche appena descritto e, in particolare, nell'ambito dei

recenti tentativi di contestualizzazione cronostratigrafica di siti paleolitici scavati in precedenza, ma latenti di approfondimenti su base stratigrafica, che possono quindi ancora rivestire un ruolo importante nella ricerca archeologica contemporanea. In Europa, si possono già contare diversi esempi di studi simili (v. ad es. Daura *et al.* 2010; Douka *et al.* 2012; Guérin *et al.* 2017), i quali in diversi casi hanno portato a riconsiderare il quadro cronologico precedentemente costruito (v. ad es. Higham *et al.* 2014 in relazione alla cronologia della scomparsa dei Neandertal). A supporto di questa tendenza si osserva anche un aumento nel numero di pubblicazioni scientifiche frutto di un'applicazione sistematica delle tecniche analitiche – geochimiche, geofisiche, biologiche, etc. – il cui focus è per lo più incentrato su aspetti particolari della ricerca archeologica attraverso l'analisi del dato microscopico (v. ad es. Brothwell e Pollard 2005; Wells e Terry 2007; Weiner 2010; Canti e Huisman 2015). In questo panorama, la geoarcheologia ricopre uno spazio importante, in quanto può fungere da collante tra i vari approcci della ricerca, passati e presenti, in virtù della sua natura multiscalare e della capacità di correlare il dato archeologico e sedimentario, ricostruendo il contesto di formazione dei depositi e le modificazioni che essi hanno subito nel corso del tempo. Il presente lavoro di ricerca si è mosso proprio in questa direzione, permettendo di analizzare aspetti inediti del registro stratigrafico dei siti archeologici della Ciota Ciara e di Balzi Rossi Museo, restituendo nuovi dati a supporto delle interpretazioni finora proposte.

Tuttavia, se in ambito internazionale gli interventi di questo tipo sono in continuo aumento, lo stesso non si può dire per la ricerca in Italia, dove le scienze archeologiche faticano maggiormente ad essere incluse all'interno di quel dialogo interdisciplinare cui si auspicava in precedenza, costituendo spesso filoni a sé stanti di una stessa linea di investigazione. Da ciò non è esente nemmeno il geoarcheologo, la cui utilità è ormai recepita e raccomandata dalla teoria, ma che spesso non gode di sufficiente considerazione quando si venga alla pratica. Sono infatti numerosi i depositi di interesse archeologico scavati e ampiamente studiati durante il XX secolo, ma che al contempo lascerebbero ancora spazio a nuovi approfondimenti di carattere stratigrafico. Tra questi si possono citare ad esempio siti classici del calibro di Grotta Guattari o Grotta Romanelli, ma la casistica può essere estesa anche a depositi attualmente interessati da indagini archeologiche sul terreno. Fanno invece eccezione gli eccellenti lavori di revisione cronostratigrafica, con il supporto di collaborazioni straniere, tuttora in corso presso il Riparo Mochi (v. ad es. Douka *et al.* 2012) e il Riparo Bombrini (v. ad es. Holt *et al.* 2018). Se si considera che i siti citati in precedenza, così come molti altri, conservano successioni stratigrafiche sulla base delle quali sono state ricostruite sequenze cronologiche ancora oggi utilizzate come riferimenti per gli studi successivi, risulta evidente la necessità di ulteriori approfondimenti in questa direzione. Il presente lavoro, seppur incentrato su un aspetto particolare di una revisione completa, può essere pertanto considerato come uno tra i primi tentativi di estendere l'approccio proposto anche in contesti nazionali, forse di minore risonanza rispetto a quelli citati ma di indubbia rilevanza nell'ambito delle conoscenze attuali sul Paleolitico in Italia.

1.3 Limiti e problematiche degli studi pregressi

Le maggiori difficoltà riscontrate durante le fasi del lavoro sono risultate principalmente connesse al divario metodologico e programmatico venutosi a creare nel corso del tempo. Occuparsi oggi di depositi scavati durante il secolo scorso in virtù delle rispettive finalità e metodologie porta quindi inevitabilmente con sé una serie di limitazioni che ben presto si presentano a chi si cimenti in questa sfida.

Innanzitutto, va tenuto presente che una ricerca come questa, seppur condotta in accordo con metodi e tecniche allo stato dell'arte, si incentra su "archivi", sia nel senso di depositi (e successioni stratigrafiche) sia di documentazione ad essi inerente, ereditati da indagini precedenti e da cui non si può prescindere. Pertanto, la prima problematica da risolvere è relativa all'attendibilità dei dati disponibili. La nuova fase investigativa pone il ricercatore di fronte a degli interrogativi fondamentali: quali sono i dati che possano realmente essere considerati corretti e compatibili con la metodologia di ricerca attuale? Quali, invece, dovrebbero essere rivisti alla luce delle nuove conoscenze scientifiche e analitiche? Chiaramente le risposte che si ottengono individuano spesso la presenza di lacune, più o meno significative, che di conseguenza influenzano anche l'impostazione, il prosieguo e, con tutta probabilità, il grado di risoluzione raggiungibile.

Strettamente connesso a questo è un altro limite, che può essere riassunto nella mancanza di continuità nei lavori di ricerca svolti. Come più volte rimarcato, un'indagine geoarcheologica completa segue una procedura specifica e necessita della collaborazione dello specialista a partire dalle prime fasi di lavoro e direttamente sul terreno. In casi come questi, non solo non vi sono le condizioni per cui tale collaborazione si possa verificare, ma l'avvio dell'indagine geoarcheologica risulta notevolmente ritardata: si passa da diversi anni dopo l'apertura del cantiere fino alla ripresa degli interventi in momenti successivi alla sua chiusura. Questa mancanza di continuità, parallelamente al cambiamento dei soggetti operanti nell'indagine dei siti, porta con sé ulteriori complicazioni, con ricadute sia nelle fasi di documentazione sia in quelle di interpretazione dei dati. Come noto, le operazioni di scavo consistono in attività distruttive e determinano pertanto una perdita di informazioni contestuali che non sempre possono essere ricostruite a posteriori. L'eventuale passaggio di consegne nello studio del deposito, della documentazione e dell'analisi dei campioni raccolti determina inevitabilmente un'ulteriore sottrazione dall'archivio informativo originario. Nello specifico, si tratta di quel bagaglio di conoscenze riempito con l'esperienza e le osservazioni effettuate sul terreno durante lo svolgimento delle operazioni di scavo, le quali possono giocare un ruolo significativo nella lettura della stratificazione e nella conseguente interpretazione dei processi attivi presso il sito. Infine, non va dimenticato che, in molti casi, durante gli studi pregressi non è stato possibile tenere conto dello spettro delle potenziali analisi future. A tal proposito, uno degli aspetti più frequentemente trascurati in passato è quello di un consistente rilevamento delle informazioni geometrico-spaziali sulla distribuzione dei manufatti, delle strutture sedimentarie e delle variazioni verticali e laterali degli strati riconosciuti *in situ* e del materiale archeologico in essi contenuto.

1.4 Ciota Ciara: considerazioni finali

La Ciota Ciara rientra nel complesso delle cavità carsiche del Monte Fenera, molte ancora attive dal punto di vista idrologico e alcune famose per aver conservato depositi paleontologici e archeologici, testimoni di frequentazioni umane che si sono susseguite a partire dal Paleolitico Medio fino all'età medievale. La grotta è nota per i numerosi ritrovamenti di manufatti musteriani, inattesi per una posizione geografica che non sembra presentare altre testimonianze di frequentazioni neandertaliane. Nonostante la lunga storia delle ricerche che l'hanno interessata, lo studio qui presentato ne costituisce la prima indagine stratigrafica – vedi geoarcheologica – approfondita e sistematica.

L'archivio sedimentario e il registro archeologico sono stati conservati grazie alla conformazione stessa della grotta, la quale ha intrappolato il materiale e, in parte, inibito le incursioni degli agenti esterni e lo sviluppo pedogenetico. Come noto, le grotte sono ambienti chiusi e funzionano come trappole sedimentarie, risultando per questo estremamente adatte per la conservazione del registro archeologico. Quando le cavità si trovino in condizioni geomorfologiche favorevoli, risultano spesso interessate da processi deposizionali che contrappongono un elevato tasso di accumulo ad un'energia contenuta. Tale combinazione determina il rapido seppellimento del materiale archeologico e, quindi, la sua conservazione, senza causarne una marcata dispersione. L'insieme di queste caratteristiche sta alla base della formazione dei cosiddetti contesti ad alta risoluzione, in corrispondenza dei quali aumentano il grado di integrità e la possibilità di imbattersi in paleosuperfici ed evidenze riconducibili all'occupazione umana (v. ad. es. Albert *et al.* 2012; Angelucci *et al.* 2013, 2017; Brenner e Wurz 2019; Carbonell 2012). Tuttavia, nel caso del deposito della Ciota Ciara si osserva una situazione più complessa, caratterizzata da un lato da un discreto grado di conservazione del registro archeologico e dall'altro dall'attivazione di processi deposizionali ad energia medio-alta, i quali hanno giocato un ruolo importante sia nell'accumulo sia nella dispersione dei materiali. Lo studio geoarcheologico (v. Sez. II) ha potuto quindi confermare la rilevanza archeologica del deposito, restituendo nuovi dati concernenti la sua storia formativa e conservativa, ma ha anche inevitabilmente messo in luce molti dei suoi limiti. È necessario segnalare che gli interventi discussi si sono focalizzati esclusivamente sulla zona atriale situata all'entrata SW e attualmente interessata da interventi di scavo stratigrafico, mentre, per le ragioni spiegate nei paragrafi precedenti, non è stato possibile prendere in considerazione altre porzioni della grotta.

La stratificazione si presenta articolata in cinque unità, riconoscibili sul terreno: le unità archeologiche principali (13, 14, e 15) immergono verso l'uscita della grotta e sono separate le une dalle altre da limiti piuttosto irregolari; l'unità 16 segue l'andamento del substrato roccioso sul quale è impostata; l'unità 103 costituisce un'interfaccia negativa che taglia le unità 13 e 14 a ridosso della parete W della grotta. Complessivamente, tutte le unità si presentano scarsamente organizzate, da limo-sabbiose a franco-limose, marroni-rossastre e marroni, massive, e con organizzazione caotica; da un punto di vista sedimentario

l'unità 14 è stata tuttavia suddivisa in cinque sotto-unità, rappresentative di altrettante facies deposizionali. Il materiale grossolano è costituito da clasti di dolomia e calcari locali e, più raramente, da frammenti di arenaria e di rocce ignee e metamorfiche (tra cui anche i cosiddetti 'ciottoletti esotici'; v. §6.2.2). Le unità 13, 14 e 15 hanno restituito abbondanti resti faunistici determinabili e industria litica musteriana.

La disposizione stratigrafica e le caratteristiche sedimentarie suggeriscono un apporto di materiali per lo più provenienti dalle parti interne della grotta e dalla concomitante degradazione della dolomia in cui la stessa si è formata. Le principali dinamiche deposizionali riconosciute risultano connesse allo scorrimento di flussi concentrati di materiale preso in carico dalle acque del reticolo carsico interno e successivamente depositato in concomitanza della zona atriale. Oltre alla deposizione della frazione fine, questi flussi sono quindi responsabili anche del rimaneggiamento di parte dei frammenti di roccia precedentemente accumulatisi in seguito al distacco di clasti dalla volta e dalle pareti della grotta. A questi si aggiunge anche la disgregazione del substrato come conseguenza diretta dello scarico di tensioni e della frantumazione naturale, forse connesse anche ad episodi sismici o movimenti tettonici. Al contempo, i dati tessiturali e micromorfologici sembrano indicare anche un contributo eolico nella formazione di alcuni strati, suggerendo che almeno in parte siano costituiti da loess. Nel complesso, il deposito che ha riempito la zona atriale a SW mostra quindi le caratteristiche tipiche dei sedimenti clastici di grotta di ambiente carsico, caratterizzati da una frazione grossolana inglobata all'interno di materiale fine interstiziale e scarsa selezione tessiturale (v. Bailey e Woodward 1997; Woodward e Goldberg 2001).

Tuttavia, la presenza di strutture sedimentarie derivanti da meccanismi trattivi, rappresentate da laminazioni di sabbia e limo osservate sia sul terreno sia a livello microstratigrafico, ha messo in luce l'alternanza occasionale dei processi descritti con altri a energia inferiore e con meccanismi più selettivi. Questi sono probabilmente riconducibili allo scorrimento di acque superficiali. Al contrario, il sistema carsico del Monte Fenera non sembra presentare tracce indicative di processi alluvionali e fluviali di carattere endocarsico a scala più ampia. Tra le unità riconosciute sul terreno non sono state individuate superfici di discontinuità significative: le diverse fasi di accumulo dei sedimenti sarebbero quindi da ricondursi ad una serie di eventi consecutivi, tra loro in parte distinguibili e avvenuti ad un ritmo regolare. Non si può comunque escludere che i diversi meccanismi sedimentari si siano attivati anche simultaneamente in determinati momenti nel passato, dal momento che deposizioni polimodali sono comuni nei contesti di grotta. Complessivamente, lo studio effettuato indica quindi che a partire dal tardo Pleistocene Medio la zona atriale indagata ha funzionato come una risorgenza carsica correlata al drenaggio delle acque vadose (v. ad es. Ford e Williams 2007), come del resto rilevabile ancora oggi.

L'osservazione di chiare tracce riconducibili all'alterazione postdeposizionale e ad una debole attivazione dei processi diagenetici risulta, invece, indicativa dell'avvento di intervalli di iato sedimentario determinati dall'interruzione del corso delle dinamiche precedentemente descritte. Come spesso osservato

negli ambienti di grotta, le tracce lasciate dai processi postdeposizionali possono rappresentare l'espressione diretta delle fluttuazioni climatiche impresse nei sedimenti. Tra le evidenze riconosciute in corrispondenza del deposito si contano principalmente le tracce di illuviazione dell'argilla, l'accumulo di sostanze secondarie, tra cui ossidi di Fe-Mn e fosfati, e le tracce connesse all'azione del gelo. Di particolare interesse si sono rivelati soprattutto i rivestimenti di Fe-Mn sulle ossa, i quali hanno permesso di individuare uno stretto rapporto tra lo sviluppo dei medesimi, le dimensioni dei frammenti e il loro grado di conservazione, indicando di conseguenza la presenza di almeno due diverse provenienze dei frammenti ritrovati all'interno del deposito (v. Sez. II, §5.4.3). L'interruzione della sedimentazione avrebbe portato anche a brevi fasi di stabilizzazione superficiale, in parte individuabili nelle tracce connesse ai cicli di gelo/disgelo, ma soprattutto nello sviluppo di strutture pedogenetiche. Tali evidenze suggeriscono l'esposizione del deposito a condizioni esterne e subaeree e quindi anche a dinamiche comparabili con i processi pedogenetici. Uno sviluppo effettivo della pedogenesi *stricto sensu* è tuttavia improbabile all'interno della grotta, a causa dell'esposizione limitata agli agenti atmosferici esterni e alla scarsa vegetazione in grado di proliferare al suo interno. Contestualmente, le evidenze registrate indicano inoltre delle variazioni nella temperatura (Angelucci et al. 2018), circostanza contrastante con le condizioni osservate all'interno delle grotte per via della forte attenuazione dell'escursione termica che generalmente si verifica (v. ad es. Liu et al. 2017).

La ricostruzione delle dinamiche formative presenta implicazioni dirette anche sul registro archeologico, dal momento che, come osservato per i frammenti di ossa, parte di questo materiale ha inevitabilmente subito spostamenti, seppur per lo più a breve distanza. Nei contesti di grotta le tracce archeologiche rimaste esposte in superficie presentano spesso una conservazione differenziale, in quanto affette da processi diagenetici che interessano i componenti minerali principali dei materiali di cui sono costituite – i carbonati (tracce di combustione) e i fosfati (resti di ossa, cibo ed escrementi) –, ma anche i vari composti organici. All'interno della Ciota Ciara, particolare rilievo sembra aver rivestito la percolazione di acque sature (endocarsiche), l'azione biologica, rappresentata ad esempio dagli accumuli di materiali organo-fosfatici (escrementi e urina di carnivori, borre e guano di uccelli e/o pipistrelli) e l'azione vegetale e microbale. Queste avrebbero innescato la maggior parte dei processi diagenetici responsabili delle precipitazioni secondarie dei carbonati, dell'accumulo delle sostanze fosfatice secondarie e della scomparsa del materiale biologico (ad es. semi, carboni, etc.). A tal proposito è importante mettere in evidenza come la constatazione della conservazione differenziale dei materiali risulti essa stessa un dato rilevante: l'assenza selettiva di resti organici, carboni e cenere potrebbe quindi essere indicativa della loro rimozione differenziale ad opera di questi processi diagenetici e, di conseguenza, il mancato ritrovamento di focolari o altre tracce antropiche non sintomatico di una reale mancanza originaria degli stessi *in situ* (v. ad es. Wei-

ner 2010:46–67). L'insieme di questi processi può comunemente portare anche alla formazione di palinsesti, in cui le tracce delle singole occupazioni non sono più distinguibili l'una dall'altra, a causa dell'omogeneizzazione che ne consegue. Nel caso della Ciota Ciara, se le evidenze antropiche risultano chiare sulla base dei copiosi ritrovamenti di manufatti litici, rimane invece difficile indicare la presenza di tracce di occupazione *in situ*, anche prendendo in considerazione una loro sovrapposizione spaziale e temporale. La limitata potenza del deposito e la mancanza di correlazioni con la porzione superiore del medesimo, infatti, limitano necessariamente le interpretazioni in questa direzione. A tal proposito deve essere tenuto in considerazione che la cavità presenta le caratteristiche tipicamente osservate nelle grotte definite in letteratura come 'ad orso', ovvero utilizzate come riparo dai plantigradi durante il letargo. L'importante presenza di questo animale si configura come fattore in grado di determinare il rimaneggiamento del registro archeologico e sedimentario. Inoltre, l'industria litica rinvenuta risulta principalmente prodotta secondo il metodo opportunistico, seppur i dati più recenti abbiano messo in evidenza anche una contenuta importazione di materie prime all'interno di un raggio più ampio rispetto a quello delle immediate vicinanze del sito (Daffara et al. 2019).

Complessivamente, i dati raccolti presso il deposito della Ciota Ciara indicano che il registro archeologico è coerente con una frequentazione antropica in epoca pleistocenica in corrispondenza della zona atriale, area caratterizzata da maggiori condizioni di luce e quindi scelta prediletta in epoca preistorica. Al contempo, l'assenza di superfici di occupazione, piani di calpestio e strutture *in situ* non permette, almeno al momento, di dimostrare un'occupazione stabile. Tale considerazione sembra suggerire anche che l'arretramento del versante e della linea di pioggia della grotta siano stati trascurabili e quindi che l'aspetto attuale della zona atriale non differisca significativamente dalla situazione esistente nel tardo Pleistocene Medio. Prendendo in considerazione i processi deposizionali e postdeposizionali osservati e il ritrovamento di scasi manufatti presso il passaggio principale della grotta, non si può comunque escludere completamente che l'occupazione sia avvenuta anche in zone più interne rispetto a quella dove si colloca il deposito attualmente in corso di scavo; forse in una posizione più arretrata rispetto alla zona atriale aperta a SW (al di là del muretto a secco) o in corrispondenza dell'altra entrata, collocata ad una quota superiore.

Lo svolgimento dei lavori ha messo in luce alcune limitazioni nell'analisi e nella comprensione del deposito, che ha sofferto la mancanza di una contestualizzazione approfondita nonché la carenza di informazioni stratigrafiche riferibili alle indagini precedenti. A questo sono da aggiungersi le obliterazioni causate dai sondaggi clandestini, i quali hanno irrimediabilmente determinato una consistente perdita di informazioni. È inoltre importante sottolineare che il lavoro svolto è da considerarsi come il primo del suo genere per questo contesto, se non per l'intero complesso del Monte Fenera. Malgrado quanto appena riportato, le analisi hanno permesso di confermare l'integrità della stratificazione conservata in corrispondenza della zona atriale e di ottenere nuovi dati fondamentali per una comprensione più approfondita

delle dinamiche deposizionali e dei processi postdeposizionali che hanno interessato il deposito. La Ciota Ciara rimane pertanto un sito controverso sotto alcuni aspetti, ma si configura al contempo come un *unicum* in relazione all'arco temporale che precede l'ultima glaciazione per questo settore delle Alpi Meridionali. Il recente ritrovamento durante la campagna di scavo del luglio 2019 di un incisivo inferiore di un adulto di giovane età, ben conservato, e di un osso occipitale intero, attribuibili al genere *Homo* – attualmente soggetti ad analisi interdisciplinari, ma indicati come appartenenti alla specie *neanderthalensis* sulla base di osservazioni preliminari (comm. pers. Marta Arzarello e Julie Arnaud, luglio 2019) – potrebbero pertanto decretare una volta per tutte il ruolo di rilievo di questo sito per il Paleolitico Medio e all'interno dell'intero panorama della ricerca preistorica.

1.4.1 Prospettive future

Per quanto riguarda lo studio del sito della Ciota Ciara, la ricostruzione proposta appare esaustiva nell'ambito della comprensione delle dinamiche formative del deposito conservato presso la zona atriale SW, tuttavia ulteriori dati sulle modalità di utilizzo dell'ambiente ad opera dei gruppi umani che la hanno frequentata e sui processi postdeposizionali attivatisi potrebbero contribuire ad approfondire il grado di comprensione generale dell'intero sito.

La prosecuzione e l'estensione delle attività di scavo anche in corrispondenza di altre porzioni della cavità potrebbe risultare di sostanziale importanza per raggiungere una comprensione più approfondita di alcune dinamiche deposizionali che hanno interessato l'intera grotta. Una nuova indagine da svolgersi direttamente sul campo e su scala più ampia potrebbe aiutare a comprendere la direzione e l'intensità degli accumuli sedimentari che hanno avuto luogo all'interno della cavità (v. ad es. Bertran e Texier 1995). Inoltre, si ricorda che non è stato possibile recuperare la documentazione prodotta dalle campagne di scavo svolte fino agli anni '90 e, pertanto, non si hanno informazioni relative al sedimento precedentemente accumulato al di sopra delle unità correntemente indagate. Preso atto che tali dati rimarranno probabilmente per sempre inaccessibili, l'indagine di nuove aree potrebbe quindi favorire la comprensione dell'articolazione comprensiva dell'intera stratificazione che ha riempito la zona atriale. Tali indagini sono già state avviate alle spalle del muretto a secco che separa il deposito studiato dal passaggio interno della cavità e hanno già permesso di individuare un'unità assimilabile all'attuale unità 13 del settore ATRIO. Inoltre, le analisi qui presentate sono state avviate solamente dopo l'inizio dei lavori di scavo attuale e non hanno potuto tenere in considerazione la reale distribuzione spaziale dei reperti conservati, aspetto che ora potrebbe essere tenuto in maggiore considerazione, al fine di indagare le variazioni laterali e verticali nella distribuzione dei materiali.

Il secondo aspetto da approfondire riguarda lo studio delle tracce lasciate dai processi postdeposizionali. Le osservazioni microscopiche, così come le analisi geochimiche preliminari, hanno messo in evidenza

un accumulo considerevole di sostanze fosfatice secondarie, la cui provenienza viene al momento attribuita all'apporto di urina, escrementi e guano. Nuove analisi geochimiche dedicate potrebbero tuttavia permettere di approfondire il livello di dettaglio relativo a questo aspetto (v. ad es. Holliday e Gartner 2007), consentendo di valutare anche l'eventuale apporto antropico, individuando e isolando i diversi processi responsabili di questi accumuli (v. ad es. Goldberg e Nathan 1975). Al contempo, né sul terreno né a livello micromorfologico sono stati individuati frammenti di carbone (tranne due casi isolati) o elementi chiaramente associabili alla cenere vegetale. L'alterazione della sostanza organica inclusa nelle deiezioni animali potrebbe quindi aver indotto la dissoluzione della cenere derivante dalla combustione di materiale vegetale, i cui prodotti secondari non sono stati riconosciuti nemmeno in sezione sottile. A tal proposito, un'analisi mineralogica dell'intera sequenza tramite la tecnica FT-IR (su sedimento sciolto) potrebbe permettere il riconoscimento della presenza di eventuali fosfati di alta temperatura prodotti dall'autocombustione (quali ad esempio berlinite e idrossillestadite).

Da ultimo, risulta importante ampliare l'investigazione geomorfologica dell'intorno del sito. Gli studi geologici e le numerose prospezioni effettuate sul Monte Fenera nell'ambito delle ricerche incentrate sulla provenienza delle materie prime hanno fornito un ottimo insieme di dati riguardo le litologie affioranti nell'area. Ulteriori dati potrebbero derivare dallo studio della dolomia locale, di cui sono già stati prelevati campioni per analisi petrografiche. L'utilizzo della tecnica della catodoluminescenza consentirebbe inoltre di mettere in evidenza le varie fasi del cemento e di calcolare l'accumulo differenziato dei diversi elementi presenti (Fe-Mn), a loro volta conseguenti dalle variazioni dei diversi fattori fisici (attività sismica) e chimici in gioco all'atto della deposizione (ad es. l'Eh).

1.5 Balzi Rossi Museo: considerazioni finali

L'area archeologica dei Balzi Rossi occupa oggi certamente una posizione di rilievo nel quadro del Paleolitico in Europa. Condizioni geomorfologiche e climatiche eterogenee, ma globalmente favorevoli, hanno consentito la preservazione di numerose tracce riconducibili alla frequentazione umana durante tutto l'arco della preistoria, tanto che il complesso archeologico consta oggi di dodici siti inventariati, articolati tra occupazioni in grotta e all'aperto. Il deposito di Balzi Rossi Museo, oggetto del presente contributo, rientra nella seconda categoria e presenta marcati tratti di affinità con il contiguo sito denominato ex-Casinò (v. Sez. III, §2.3). Tra le principali motivazioni che stanno alla base di questo lavoro, rientrano la ricerca di possibili tracce di continuità tra i due depositi citati e l'approfondimento dello studio relativo alle dinamiche e alla cronologia dell'occupazione umana nel contesto dell'areale dei Balzi Rossi. A tal proposito, le indagini geoarcheologiche qui discusse hanno permesso di approfondire alcuni aspetti non affrontati in occasione degli interventi precedenti, tra cui lo studio delle evidenze microstratigrafiche e delle tracce impresse dai processi postdeposizionali.

I risultati ottenuti dal rinnovato studio stratigrafico indicano per il deposito di Balzi Rossi Museo un'organizzazione articolata in tre unità principali con caratteristiche tra loro distinte e ulteriori suddivisioni interne. Sul terreno, queste appaiono così disposte dalla base al tetto: (1) un paleosuolo sepolto troncato tipo Terra Rossa, (2) una serie stratificata di brecce a supporto clastico, cementata nella parte superiore e (3) un profilo troncato di suolo di tipo rendzina, sviluppatosi su sedimento colluviale.

La successione stratigrafica si imposta su una piattaforma di erosione marina di età tirreniana, rinvenuta anche al di sotto dei livelli di spiaggia dell'ultimo interglaciale individuati presso i vicini siti del complesso (ex-Casinò e Barma Grande). Direttamente su di questa, l'azione dei processi pedogenetici, avviatisi a partire da momenti di poco successivi rispetto alla trasgressione del mare, avrebbe determinato la formazione di un suolo rubefatto. Nella ricostruzione proposta, questo corrisponde all'orizzonte residuo del paleosuolo sepolto. Durante l'ultimo Interglaciale la sua superficie sarebbe stata quindi teatro dell'occupazione umana, come testimoniato dal ritrovamento sul terreno di centinaia di manufatti attribuibili al Musteriano e di alcuni focolari. La disposizione del paleosuolo segue l'andamento della superficie di abrasione della spiaggia, mentre i livelli detritici e colluviali superiori sono interessati da un progressivo aumento della pendenza in rapporto a quella del versante. L'orizzonte di suolo conservato e riconosciuto sul terreno è stato descritto in fase di scavo come argillico (A), tuttavia l'analisi micromorfologica ha indicato la necessità di una discussione più approfondita riguardo la sua definizione. Risulta infatti difficile spiegare la limitata presenza di chiare tracce di illuviazione dell'argilla, evidenza generalmente dominante negli orizzonti argillici ma pressoché assente nel caso analizzato. Si registrano invece la presenza di bioturbazione e, nella *b-fabric*, di domini di argilla orientati, tipicamente riconducibili ai processi di rigonfiamento e dilatazione della stessa (*shrink and swell*). Il quadro d'insieme che ne risulta sembra quindi suggerire l'intervento di alcune azioni vertiche, registrate dal suolo durante il processo di maturazione. Sul terreno, lo spessore complessivamente contenuto dello strato corrispondente all'unità identificata come orizzonte di suolo, così come l'assenza di caratteristiche distintive e sensibili variazioni al suo interno sembrano inoltre escludere la possibilità di ulteriori suddivisioni in molteplici orizzonti. Le evidenze macroscopiche e microscopiche sono comunque complessivamente indicative di un suolo fortemente rubefatto (tipo Terra rossa), dove le caratteristiche del substrato hanno determinato anche la formazione di argilla verticale. L'ipotesi più probabile, basandosi sulla classificazione proposta da Duchaufour (1977), è quindi che si tratti della porzione inferiore dell'orizzonte B di un profilo di suolo di tipo rosso fersiallitico di clima mediterraneo (v. Sez. III, §6.3.2), il quale avrebbe raggiunto un elevato grado di maturità prima di subire un troncamento. Il ritrovamento del paleosuolo sepolto in questa posizione può pertanto essere considerato come indicatore paleoambientale e paleoclimatico: l'arco temporale e le condizioni geomorfologiche necessarie per la formazione e la maturazione di un suolo di questo tipo richiedono infatti periodi di sta-

bilità prolungata; inoltre, la classificazione proposta è indicativa di condizioni climatiche di tipo mediterraneo, perfettamente corrispondenti a quelle ipotizzate per l'unità cronostratigrafica tirreniana in questo areale geografico e confermate anche da diversi studi dedicati alla costa ligure condotti a partire dall'ultimo secolo. Va qui ricordato che la piattaforma di erosione marina è stata indicata come di età tirreniana sulla base del ritrovamento di faune a *Strombus bubonius* (Fanucci 1987; Federici e Pappalardo 2006) (v. Sez. III, §2.1.3) e quindi complessivamente correlabile allo stadio isotopico marino 5 (MIS 5). Non è ancora chiaro, quindi, a quale fase dell'interglaciale sia da ricondursi la formazione del suolo, dal momento che entrambi i picchi 5c e 5e dello stadio marino presentano condizioni climatiche tropicali prolungate (ca. 50 ka) e pertanto nel complesso compatibili con quelle suggerite.

Seppure, a nostro avviso, questa ricostruzione risulti la più attendibile, i dati attualmente disponibili e comprensivi del presente contributo non permettono di provarla in via definitiva. Si segnala pertanto che, previa l'attuazione di alcune delle proposte di approfondimento segnalate nelle prospettive di ricerca future (v. §1.5.1), restano aperte altre possibilità. Una su tutte vede l'unità Argilla corrispondere piuttosto al prodotto dei colluvi delle terre rosse *l. s.* superficiali, formatesi durante il Terziario e successivamente prese in carico dal reticolo carsico. Durante l'Eemiano, gli scarichi provenienti dalle grotte avrebbero determinato la deposizione delle terre rosse rimaneggiate direttamente sulla piattaforma marina, in corrispondenza della quale avrebbero quindi subito processi di pedoplasmazione, responsabili delle diverse evidenze osservate sul terreno e al microscopio (comm. pers. Prof. Andrea Zerboni, gennaio 2020).

La ricostruzione della storia formativa del deposito qui proposta (v. Sez. III, §6.5), e quindi quella del paleosuolo, risultano tuttavia compatibili anche con i ritrovamenti archeologici effettuati (industria musteriana). Tale quadro d'insieme si trova perfettamente in linea con i dati ad oggi disponibili per l'areale dei Balzi Rossi, confermando l'accessibilità e le condizioni favorevoli del territorio per i gruppi umani in questo momento del Pleistocene superiore. L'ipotesi che l'occupazione umana presso il sito di Balzi Rossi Museo sia avvenuta in un momento successivo rispetto alla formazione del suolo analizzato sarebbe inoltre confermata dalle osservazioni micromorfologiche svolte nell'ambito del presente lavoro di ricerca. Nello specifico, queste hanno messo in evidenza l'assenza di ciottoli e grani di sabbia riconducibili ai depositi di spiaggia tirreniana descritti presso gli altri siti vicini, compreso l'ex-Casinò. Per quanto concerne la presenza dei cosiddetti nidi di selce, rinvenuti all'interno dei lobi di dissoluzione del substrato calcareo, questa sarebbe quindi da ricondursi esclusivamente all'azione dei processi postdeposizionali.

I processi erosivi che hanno interessato l'unità stratigrafica identificata con il paleosuolo sono stati interrotti in conseguenza dell'accumulo dei materiali detritici che costituiscono il registro sedimentario delle unità superiori (Brecce stratificate). I cambiamenti climatici in senso freddo, coincidenti con l'inizio dell'ultimo ciclo glaciale würmiano, avrebbero infatti modificato le condizioni climatico-ambientali anche presso l'areale dei Balzi Rossi, portando ad un contesto di instabilità geomorfologica e dando avvio alla

progressiva degradazione della falesia e ai concomitanti processi di versante. A loro volta, questi si caratterizzano quindi come i principali responsabili della deposizione dei clasti di calcare locale e di gran parte della frazione fine limo-argillosa, costituenti i livelli delle Breccie stratificate. Il limite tra il paleosuolo e le Breccie appare netto sul terreno ed è indicato dalla presenza di alcuni grandi blocchi calcarei riconducibili a un primo fenomeno di marcata degradazione del versante, conseguente al cambiamento abrupto delle condizioni climatiche in senso umido e freddo e risultante nell'attivazione dei processi di erosione e sedimentazione. Al contrario, le scarse differenze osservate nelle caratteristiche della matrice, soprattutto a livello microscopico, suggeriscono un limite più graduale, forse riconducibile a variazioni laterali nella disposizione stratigrafica. Inoltre, cadendo a terra, i blocchi calcarei potrebbero aver parzialmente dislocato o disperso il materiale fine che costituiva una porzione superiore del profilo di suolo (orizzonte A o B) in quel momento affiorante. L'estensione limitata del deposito attuale, peraltro musealizzato, non ha permesso di estendere la superficie di scavo, precludendo al momento la possibilità di approfondire queste valutazioni. Si ritiene comunque che le evidenze riconosciute e discusse nel presente elaborato, nel complesso, siano sufficienti per sostenere che le principali dinamiche deposizionali delle unità Breccie possano essere ricondotte ai processi citati, i quali si sarebbero attivati a più riprese in un contesto di generale instabilità geomorfologica durato almeno fino al Tardiglaciale.

All'interno della serie delle Breccie si osserva una chiara articolazione interna in sette livelli, indicata da variazioni nella granulometria, forma, orientamento e grado di alterazione dei frammenti di calcare. Immediatamente al di sopra della fase precedentemente descritta (Br7) si riconoscono: un evento di crollo in massa favorito da processi connessi all'azione del gelo (Br4); un'interruzione indicata da una *stone line* (Br5), probabilmente indicativa di un periodo di stasi; una successiva ripresa delle fasi di accumulo detritico, conseguente alla riattivazione dei fenomeni di crollo durante il Pleniglaciale (Br3-Br1). I clasti carbonatici e la matrice attribuibili alle ultime fasi deposizionali (Br2-Br1) si presentano fortemente cementati, per via dell'azione di processi postdeposizionali connessi alla circolazione di carbonati e fosfati secondari. Con tutta probabilità, questi sarebbero stati a loro volta innescati da processi pedogenetici attivatisi durante il Tardiglaciale, di cui non rimane tuttavia ulteriore testimonianza. Per quanto riguarda il registro archeologico, la serie ha restituito industria litica musteriana, all'interno della quale si osserva un progressivo passaggio dalla tecnica *Levallois* a quella discoidale (Negrino 2002a; Negrino e Tozzi 2008). Non sono state invece riconosciute evidenze riconducibili a strutture *in situ*, ma l'inclinazione degli strati e le loro caratteristiche sedimentarie non risultano comunque compatibili con la presenza di superfici occupazionali. Oltre alle fasi di crollo, il deposito al piede del versante è quindi in parte da considerarsi come conseguente ad accumuli detritici e altri processi di scorrimento superficiale, con successive fasi di rimaneggiamento di parte del materiale precedentemente depositatosi lungo il suo fianco; a questo si sarebbe aggiunto anche l'apporto dei materiali fuoriusciti dalle cavità aperte nella parete rocciosa soprastante,

come risultato dell'attivazione del sistema carsico. Gli stessi reperti potrebbero quindi consistere in materiali di scarto e/o rimaneggiati provenienti da occupazioni originariamente poste a quote più elevate del versante (un esempio potrebbe essere costituito dagli scarichi della vicina Grotta di Florestano).

Sopra la serie delle Breccie stratificate si imposta invece un profilo di suolo di tipo rendzina (unità Tetto). Sul terreno le due unità sono separate da un'interfaccia erosiva che indica un netto cambiamento nelle condizioni climatiche e la concomitante rimozione di parte del materiale accumulatosi sopra le breccie. La disposizione stratigrafica originale e le caratteristiche sedimentarie del deposito sommitale sono riconducibili a quelle tipicamente osservate nei depositi di versante di accumulo detritico, anche se qui il materiale è stato successivamente interessato da processi pedogenetici che hanno portato allo sviluppo del profilo di suolo. Il miglioramento climatico avvenuto nel corso del Tardiglaciale sarebbe quindi coinciso con la graduale diminuzione dei processi di degradazione innescati dalle precedenti condizioni fredde e umide, fino a favorire nuovi momenti di stabilità. All'interno dell'unità non sono state riconosciute variazioni stratigrafiche di rilievo e il materiale risulta complessivamente coerente in tutto il profilo, fatta eccezione per alcune leggere variazioni tessiturali registrate durante le fasi di scavo. L'inclinazione degli strati aumenta ulteriormente rispetto ai livelli inferiori e pertanto le considerazioni riguardanti la frequentazione umana rimangono le medesime. La principale differenza è invece costituita dalla cronologia dell'industria litica rinvenuta, la quale ha restituito reperti gravettiani ed epigravettiani. La loro provenienza è anche in questo caso da ricercarsi nel rimaneggiamento di materiali precedentemente depositatisi altrove, come ad esempio il soprastante Riparo Lorenzi, attribuito a queste cronologie. L'organizzazione stratigrafica e i dati disponibili in merito alle operazioni di scavo sembrano comunque supportare l'ipotesi di un deposito complessivamente intatto, in cui il materiale archeologico si è accumulato simultaneamente al sedimento inglobante e non deriva dagli scarti degli svuotamenti dei depositi superiori o di quelli effettuati in occasione degli sbancamenti durante il conflitto mondiale e la costruzione della linea ferroviaria, come si è invece osservato nel caso di altri siti del complesso dei Balzi Rossi.

Il presente contributo nell'ambito dello studio interdisciplinare del sito di Balzi Rossi Museo ha quindi permesso di comprendere e ricostruire alcuni passaggi fondamentali della storia formativa di una stratigrafia che documenta interamente l'ultimo ciclo glaciale, dalla fine dell'interglaciale Tirreniano (MIS 5) all'inizio dell'Olocene. Malgrado le limitazioni che hanno circoscritto il raggio d'azione di determinati aspetti dello studio in questione, i dati qui riportati hanno permesso una contestualizzazione complessiva del deposito, che ora può contare anche di informazioni microstratigrafiche; a sua volta, questa consente di rivalutare il ruolo di questo deposito all'interno del contesto del complesso dei Balzi Rossi. Conseguenza diretta delle osservazioni effettuate e dei risultati ottenuti è inoltre l'individuazione di ulteriori aspetti specifici non preventivati che, alla luce della ricostruzione qui discussa, potrebbero affinare ulteriormente la comprensione di alcune dinamiche.

1.5.1 Prospettive future

In questo caso lo studio è stato svolto su un deposito musealizzato, in corrispondenza del quale non è più possibile effettuare nuovi interventi di scavo. Lo stesso prelievo di eventuali campioni è da valutarsi previa concessione fornita dalla Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la città metropolitana di Genova e le province di Imperia, La Spezia e Savona e del Polo Museale della Liguria: principale fattore che ha portato a concentrarsi sulle analisi micromorfologiche delle sezioni sottili già disponibili, lasciando per un momento successivo l'approfondimento delle eventuali ulteriori analisi di laboratorio.

Il primo approfondimento necessario riguarda certamente la datazione assoluta del deposito. La sua attribuzione cronologica al Paleolitico Medio è ad oggi definita su base relativa, in rapporto alla datazione della piattaforma marina di erosione tirreniana (Fanucci 1987; Federici e Pappalardo 2006) e dell'industria litica rinvenuta. Si suggerisce quindi di procedere alla datazione del deposito per mezzo della tecnica della termoluminescenza (TL) (v. ad. es. Aitken 1990:141–86) – come peraltro già proposto durante le fasi di scavo che avevano anche previsto la raccolta di campioni destinati a queste analisi (frammenti di selce) – o della luminescenza otticamente stimolata (OSL) sui materiali del paleosuolo (quarzi e feldspati).

Un secondo aspetto che può essere approfondito è quello che concerne la gamma delle analisi geochimiche di laboratorio. Calcolare le quantità di Fe e Mn sarebbe di aiuto per la valutazione del drenaggio del suolo e della sua genesi, considerando in particolar modo che si tratta di un suolo tipo Terra rossa. A tal proposito risulterebbe informativa la caratterizzazione dei minerali argillosi per mezzo dei metodi di diffrazione a raggi X (XRD) e l'utilizzo del Microscopio a Scansione Elettronica (SEM) per approfondire lo studio della *fabric* del suolo e delle figure cristalline. Lo scopo sarebbe quello di conoscere la composizione totale e determinare l'entità dell'alterazione del suolo, al fine di ottenere informazioni anche sulla natura, provenienza e stato di alterazione del *parent material*. Le analisi micromorfologiche precedentemente presentate hanno già restituito un buon insieme di dati sulla composizione e la pedogenesi, ma in sezione sottile risulta difficile eseguire studi quantitativi sui componenti di base dei minerali, dal momento che si trovano fortemente dispersi all'interno della *fabric*. Per muoversi in tale direzione risulta necessario l'isolamento della frazione sabbiosa rispetto alle parti fini, che sarebbero invece da escludersi. In particolare, l'analisi dei minerali pesanti (v. ad. es. Cremaschi e Rodolfi 1991:166–84), ovvero dei minerali accessori delle rocce ignee, può essere utilizzata per calcolare gli indici di alterazione del profilo (orizzonte in questo caso) di disomogeneità del *parent material* (omogeneità dei profili e discontinuità pedologiche) e di provenienza di materiali non locali che compongono il suolo.

1.6 Osservazioni e riflessioni conclusive

Prendendo atto di quanto finora riportato, si può sostenere che la ricerca svolta nell'ambito del presente progetto abbia concretamente favorito una migliore integrazione del dato archeologico con quello

stratigrafico. In particolare, l'analisi micromorfologica ha messo in luce dinamiche deposizionali prima non prese in considerazione o poco chiare, evidenziando in entrambi i casi una storia formativa più complessa di quella precedentemente ipotizzata.

Le considerazioni finali ci portano quindi ad interrogarci su quella che era la questione alla base del progetto originale, ovvero a riflettere sul senso e l'utilità di studiare ancora oggi i siti classici e i depositi che custodiscono. Il lavoro svolto inevitabilmente dimostra come non vi possa essere una risposta diretta e univoca a domande come questa, ma che piuttosto essa risulti subordinata alle caratteristiche specifiche di ciascun contesto preso in esame. Le limitazioni e le complicazioni incontrate testimoniano come spesso queste indagini risultino di difficile gestione, se non addirittura irresolubili. La frammentarietà dei dati disponibili, sia sul terreno sia nella documentazione, condiziona inevitabilmente le scelte da operare. Nella maggior parte dei casi questi fattori esterni finiscono pertanto per obbligare il ricercatore ad incanalare i suoi sforzi verso direzioni alternative rispetto a quelle previste. Talvolta queste si rivelano inconcludenti, talaltra conducono verso esiti positivi. Nel caso di Balzi Rossi Museo, le difficoltà di carattere burocratico e le condizioni in cui versa il deposito hanno impedito di programmare un campionamento accessorio a quello micromorfologico e di approfondire le analisi connesse all'intervento qui discusso. Un discorso diverso può invece essere fatto per la Ciota Ciara, dove l'avvio delle nuove campagne di scavo sistematico e interdisciplinare ha permesso di impostare il lavoro geoarcheologico in accordo a metodologie correnti. In questo caso è la collaborazione tardiva nelle indagini sul terreno ad aver precluso l'ottenimento di una mole considerevole di nuovi dati, legati soprattutto alle variazioni laterali degli strati e alla distribuzione spaziale dei materiali. In compenso, il prosieguo della collaborazione avviata può, in questo caso, rivelarsi proficuo e lo scavo dei nuovi settori aperti all'interno della grotta fondamentale per una reale comprensione della stratigrafia del deposito e della sua storia occupazionale. Appare quindi evidente che i dati prodotti da uno studio geoarcheologico – ma si potrebbe estendere questo discorso all'intero spettro delle indagini archeologiche – acquistino reale valore solamente nel momento in cui vengano integrati con quelli di altri 'specialisti'. Ad esempio, per la Ciota Ciara sono state avviate nuove analisi mirate all'approfondimento degli studi tafonomici sui frammenti di ossa, proprio sulla base di quanto suggerito in seguito alla revisione geoarcheologica e, nello specifico, a partire dalla distribuzione differenziale dei rivestimenti di ossidi di Fe-Mn riscontrata dall'osservazione micromorfologica. A questa verranno associate anche nuove analisi spaziali in corrispondenza della porzione più interna della zona atriale, oggetto di nuove campagne di scavo.

In conclusione, si vuole rimarcare come, malgrado le complicazioni esterne e la diffusa relegazione a metodologia accessoria se non addirittura superflua, la geoarcheologia risulti oggi, al contrario, una delle poche discipline in grado di svolgere la funzione di collante tra i vari aspetti della ricerca archeologica. La possibilità di sfruttarne appieno tale potenzialità è però strettamente dipendente dalle condizioni in cui il lavoro viene svolto. Come nessun'altra tecnica o disciplina che dialoghi con l'archeologia è in grado di

fornire autonomamente risposte esaustive alle complesse problematiche che l'analisi di un deposito solleva, nemmeno il geoarcheologo può e deve operare da solo. In quest'ottica, si ritiene che semplificare e favorire la collaborazione è probabilmente una delle nuove sfide della ricerca contemporanea, dove l'iperspecializzazione rischia talvolta di compromettere la comunicazione e quell'azione corale in grado di esaltare il contributo di tutti.

BIBLIOGRAFIA

- Aitken, M. J. (1990). *Science based dating in archaeology*. Longman.
- Albert, R. M., Berna, F., & Goldberg, P. (2012). Insights on Neanderthal fire use at Kebara Cave (Israel) through high resolution study of prehistoric combustion features: Evidence from phytoliths and thin sections. *Quaternary International*, 247, 278–293.
- Alhaique, F. (2000). Risultati preliminari dell'analisi dei resti faunistici rinvenuti nei livelli del Paleolitico superiore di Riparo Mochi (Balzi Rossi): Scavi 1995 e 1996. *Atti del 2° Convegno Nazionale di Archeozoologia (Asti, 1997)*, 2, 125–130.
- Allaby, M. (A. c. Di). (2013). *A dictionary of geology and earth sciences* (4a ed.). Oxford University Press.
- Allman, M., & Lawrence, D. F. (1972). *Geological Laboratory Techniques*. Blandford Press.
- Almeida, F., Brugal, J.-P., Zilhão, J., & Plisson, H. (2007). An Upper Paleolithic Pompeii: Technology, subsistence and paleoethnography at Lapa do Anecrial. *From the Mediterranean basin to the Portuguese Atlantic shore: Papers in honor of Anthony Marks*, 119–40.
- Angelucci, D. E. (1998). Sistemi insediativi e spazi domestici nel Paleolitico superiore e nel Mesolitico: Alcune osservazioni sul caso dell'Italia nord-orientale. *Archeologia dell'Italia settentrionale*, 7, 11–73.
- Angelucci, D. E. (2002). The Geoarcheological Context. In J. Zilhão & E. Trinkaus (A. c. Di), *Portrait of the artist as a child: The Gravettian human skeleton from the Abrigo do Lagar Velho and its archeological context* (1a ed., pagg. 58–91). Instituto Português de Arqueologia.
- Angelucci, D. E. (2010). The recognition and description of knapped lithic artifacts in thin section. *Geoarchaeology*, 25(2), 220–232.
- Angelucci, D. E. (2018). *Appunti di Geoarcheologia per il corso Processi formativi dei depositi archeologici e micromorfologia del corso di laurea magistrale interateneo (unife, unimore, unitn, univr) QUATERNARIO, PREISTORIA E ARCHEOLOGIA. A.A 2018/2019*.
- Angelucci, D. E., Anesin, D., López Martínez, M., Haber Uriarte, M., Rodríguez Estrella, T., & Walker, M. J. (2013). Rethinking stratigraphy and site formation of the Pleistocene deposit at Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar (Caravaca de la Cruz, Spain). *Quaternary Science Reviews*, 80, 195–199.
- Angelucci, D. E., Anesin, D., Susini, D., Villaverde, V., Zapata, J., & Zilhão, J. (2017). A tale of two gorges: Late Quaternary site formation and surface dynamics in the Mula basin (Murcia, Spain). *Quaternary International*, 485, 4–22
- Angelucci, D. E., Arnaud, J., Arzarello, M., Berruti, G. L. F., Berruto, G., Berté, D., Berto, C., Buccheri, F., Casini, A. I., Daffara, S., Luzi, E., Lopez Garcia, J. M., Peretto, C., & Zambaldi, M. (2015). Borgosesia, Monte Fenera. L'occupazione musteriana della grotta della Ciota Ciara, nuovi dati dalla campagna di scavo 2014. *Quaderni della Soprintendenza Archeologica del Piemonte*, 30, 400–402.
- Angelucci, D. E., Arnaud, J., Arzarello, M., Berruti, G. L. F., Berté, D., Berto, C., Calandra, R., Caracausi, S., Boggio, C., Daffara, S., Luzi, E., Montanari Canini, G., & Zambaldi, M. (2016). Borgosesia, Monte Fenera; nuovi dati sull'occupazione della Grotta della Ciota Ciara. *Quaderni della Soprintendenza Archeologica del Piemonte*, 31, 323–326.
- Angelucci, D. E., Boschian, G., Fontanals, M., Pedrotti, A., & Vergès, J. M. (2009). Shepherds and karst: The use of caves and rock-shelters in the Mediterranean region during the Neolithic. *World Archaeology*, 41(2), 191–214.
- Angelucci, D. E., Zambaldi, M., Tessari, U., Vaccaro, C., Arnaud, J., Berruti, G. L. F., Daffara, S., & Arzarello, M. (2018). New insights on the Monte Fenera Palaeolithic, Italy: Geoarchaeology of the Ciota Ciara cave. *Geoarchaeology*, 34 (4), 413–429.

- Angelucci, D. E., & Zilhão, J. (2009). Stratigraphy and formation processes of the Upper Pleistocene deposit at Gruta da Oliveira, Almonda karstic system, Torres Novas, Portugal. *Geoarchaeology*, 24(3), 277–310.
- Araújo-Gomes, J. (2013). Deformações em sedimentos finos nãoconsolidados interpretadas como simitos. *Finisterra*, XLVIII, 95.
- Arellano Alonso, A. 2004. Etude Paléontologique Des Eléphantidés, Equidés, Grands Bovidés et Cervidés Des Niveaux Du Pléistocène Supérieur Des Grottes de Grimaldi (Vintimille, Italie) (Comparaison Avec d'autres Sites de Ligurie, d'Europe et DuCaucase). Tesi di Dottorato. Université de Perpignan, Perpignan.
- Arnaud, J., Arzarello, M., Berruti, G., Berruto, G., Berté, D., Berto, C., Buccheri, F., Ilina, A., Daffara, S., Luzi, E., Garcia, L., Manuel, J., & Peretto, C. (2014). Borgosesia, Monte Fenera. Grotta della Ciota Ciara. Nuovi dati sull'occupazione musteriana. *Quaderni della Soprintendenza Archeologica del Piemonte*, 148–150.
- Arobba, D. (1984). Analisi pollinica dei sedimenti del Riparo Bombrini (Balzi Rossi, Ventimiglia). *Rivista Ingauna e Intemelina*, 39(3–4), 13–19.
- Arpin, T. L., Mallol, C., & Goldberg, P. (2002). Short contribution: A new method of analyzing and documenting micro-morphological thin sections using flatbed scanners: Applications in geoarchaeological studies. *Geoarchaeology*, 17(3), 305–313.
- Arrizabalaga, A., Rios-Garaizar, J., & Alvarez-Alonso, D. (2015). The past is out there: Open-air Palaeolithic sites and new research strategies in the Cantabrian region (northern Iberia). *Quaternary International*, 364, 181–187.
- Artoli, G. (A c. Di). (2010). *Scientific Methods and Cultural Heritage: An Introduction to the Application of Materials Science to Archaeometry and Conservation Science*. Oxford University Press.
- Arzarello, M., Berruti, G. L. F., di Maio, P., & Viola, S. (2009). *Diario di Scavo. Ciota Ciara & Riparo Belvedere. Campagna d'indagine 2009 (7-30 Agosto 2009)*.
- Arzarello, M., Berruti, G. L. F., & Viola, S. (2010). *Diario di Scavo. Ciota Ciara & Riparo Belvedere. Campagna d'indagine 2010 (15 giugno-17 luglio 2010)*.
- Arzarello, M., Daffara, S., Berruti, G. L. F., Berruto, G., Berté, D., Berto, C., Gambari, F. M., & Peretto, C. (2012). The Mousterian Settlement in the Ciota Ciara Cave: The oldest evidence of Homo Neanderthalensis in Piedmont (Northern Italy). *Journal of Biological Research*, LXXXV(85), 71–75.
- Arzarello, M., Daffara, S., Berruti, G. L. F., Berruto, G., Berté, D., Berto, C., & Peretto, C. (2012). Borgosesia, Monte Fenera. L'occupazione musteriana della Grotta Ciota Ciara. *Quaderni della Soprintendenza Archeologica del Piemonte*, 27, 235–240.
- Arzarello, M., Daffara, S., Berruti, G. L. F., Berruto, G., Berté, D., Berto, C., & Peretto, C. (2013). Borgosesia, Monte Fenera. Grotta della Ciota Ciara. Nuovi dati sull'occupazione musteriana e aspetti divulgativi. *Quaderni della Soprintendenza Archeologica del Piemonte*, 28, 300–302.
- Atalay, I. (1997). Red Mediterranean soils in some karstic regions of taurus mountains, Turkey. *CATENA*, 28(3–4), 247–260.
- Bachechi, L., & Revedin, A. (1996). I livelli musteriani di Grotta dei Fanciulli (Liguria, Italia). *XIII UISPP Congress Proceedings*, 247–251.
- Bailey, G. (2007). Time perspectives, palimpsests and the archaeology of time. *Journal of Anthropological Archaeology*, 26(2), 198–223.
- Bailey, G. N., Carter, P. L., Gamble, C. S., & Higgs, H. P. (1983). Asprochaliko and Kastritsa: Further investigations of Palaeolithic settlement and economy in Epirus (North-West Greece). *Proceedings of the Prehistoric Society*, 49, 15–42.
- Bailey, G. N., & Galanidou, N. (2009). Caves, palimpsests and dwelling spaces: Examples from the Upper Palaeolithic of south-east Europe. *World Archaeology*, 41(2), 215–241.
- Bailey, G. N., & Woodward, J. (1997). 4. The Klithi Deposits: Sedimentology, Stratigraphy and Chronology. In Geoff N. Bailey (A c. Di), *Klithi: Palaeolithic settlement and Quaternary landscapes in northwest Greece*. McDonald Inst. for Archaeological Research.

- Ballantyne, C. K. (2018). *Periglacial geomorphology*. Wiley Blackwell.
- Balme, J., & Paterson, A. (2009). *Archaeology in practice: A student guide to archaeological analyses*. John Wiley & Sons.
- Bargalló, A., Gabucio, M. J., & Rivals, F. (2016). Puzzling out a palimpsest: Testing an interdisciplinary study in level O of Abric Romaní. *Quaternary International*, 417, 51–65.
- Barral, L., & Simone, S. (1976). La grotte du Prince. Le Pléistocène moyen. *Sites paléolithiques de la région de Nice et grottes de Grimaldi*, 113–122.
- Bar-Yosef, O., Goldberg, P., Nash, D. T., & Petraglia, M. D. (1993). Site formation processes from a Levantine viewpoint. In *Formation processes in archaeological context*, 17, 13–32.
- Battaglia, R. (1957). Le ossa lavorate della Caverna Pocala nelle Venezia Giulia e il problema del Musteriano Alpino. *Bullettino di Paleontologia italiana*, 63(VI), 5–15.
- Beltrando, M., Stockli, D. F., Decarlis, A., & Manatschal, G. (2015). A crustal-scale view at rift localization along the fossil Adriatic margin of the Alpine Tethys preserved in NW Italy: Thermal Anomaly drives rift localization. *Tectonics*, 34(9), 1927–1951.
- Benazzi, S., Slon, V., Talamo, S., Negrino, F., Peresani, M., Bailey, S. E., Sawyer, S., Panetta, D., Vicino, G., & Starnini, E. (2015). The makers of the Protoaurignacian and implications for Neandertal extinction. *Science*, 348(6236), 793–796.
- Berna, F., Goldberg, P., Horwitz, L. K., Brink, J., Holt, S., Bamford, M., & Chazan, M. (2012). Microstratigraphic evidence of in situ fire in the Acheulean strata of Wonderwerk Cave, Northern Cape province, South Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(20), E1215–E1220.
- Berra, F., Galli, M. T., Reghellin, F., Torricelli, S., & Fantoni, R. (2009). Stratigraphic evolution of the Triassic-Jurassic succession in the Western Southern Alps (Italy): The record of the two-stage rifting on the distal passive margin of Adria. *Basin Res.*, 21(3), 335–353.
- Berruti, G.L.F. (2016). *Use-wear analysis of discoid-conception lithic industries*. Tesi di Dottorato. International Doctorate in Quaternary and Prehistory (IDQP). Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.
- Berruti, G. L. F., & Arzarello, M. (2012). L'analisi tracceologica per la ricostruzione delle attività nella preistoria: L'esempio della Grotta della Ciota Ciara (Borgosesia, VC). *Annali dell'Università di Ferrara*, 8, 117–124.
- Berruti, G. L. F., García Rojas, M., Motella De Carlo, S., Rubat Borel, F., & Viola, S. (2018). Il sito epigravettiano di via del Maneggio, Castelletto sopra Ticino (NO) / The Epigravettian site from Via del Maneggio, Castelletto sopra Ticino (NO). *Sezione di Museologia Scientifica e Naturalistica*, 18-19.
- Berruti, G. L. F., & Viola, S. (2011). L'insieme litico tardiglaciale di via del Maneggio. Studio preliminare tecnofunzionale. In F. M. Gambari (A c. Di), *L'alba della città* (pagg. 67-77). Novara. Interlinea.
- Berruto, G. (2016). *Approvvigionamento in materie prime litiche e paleo-ambiente: Comportamento economico dei neandertaliani della grotta della Ciota Ciara (Borgosesia, VC)*. Tesi di Laurea. Scuola di specializzazione in Beni Archeologici Preistoria e Protostoria. Università degli Studi di Genova.
- Berruto, Giulia. (2011). *Comportamento economico dei neandertaliani della grotta della Ciota Ciara (Borgosesia, VC): Analisi della provenienza delle materie prime*. Tesi di Laurea. Università di Ferrara.
- Berto, C. (2013). *Distribuzione ed evoluzione delle associazioni a piccoli mammiferi nella penisola italiana durante il Pleistocene superiore*. Tesi di Dottorato. Università di Ferrara.
- Berto, C., Bertè, D., Luzi, E., López-García, J. M., Pereswiet-Soltan, A., & Arzarello, M. (2016). Small and large mammals from the Ciota Ciara cave (Borgosesia, Vercelli, Italy): An Isotope Stage 5 assemblage. *Comptes Rendus Palevol*, 15(6), 669–680.
- Berto, C., Santaniello, F., & Grimaldi, S. (2019). Palaeoenvironment and palaeoclimate in the western Liguria region (northwestern Italy) during the Last Glacial. The small mammal sequence of Riparo Mochi (Balzi Rossi, Ventimiglia). *Comptes Rendus Palevol*, 18(1), 13–23.
- Bertolani, M. (1974). *Guida geologico-petrografica della Valsesia-Valsessera e Valle Strona*. 29, 43–53.

- Bertran, P. (1993). Deformation-induced microstructures in soils affected by mass movements. *Earth Surface Processes and Landforms*, 18(7), 645–660.
- Bertran, P. (1999). Dynamique des dépôts de la grotte Bourgeois-Delaunay (La Chaise-de-Vouthon, Charente): Apport de la micromorphologie/Depositional processes in the Bourgeois-Delaunay Cave (La Chaise-de-Vouthon, Charente, France): micromorphological approach. *Paléo*, 11(1), 9–18.
- Bertran, P., Hétu, B., Texier, J.-P., & Steijn, H. V. (1997). Fabric characteristics of subaerial slope deposits. *Sedimentology*, 44(1), 1–16.
- Bertran, P., & Texier, J.-P. (1995). Fabric Analysis: Application to Paleolithic Sites. *Journal of Archaeological Science*, 22(4), 521–535.
- Bertran, P., & Texier, J.-P. (1999). Facies and microfacies of slope deposits. *Catena*, 35(2–4), 99–121.
- Besse, M., & Viola, S. (2013a). Borgosesia, Monte Fenera, Grotta dell'Eremita. Primi sondaggi in una grotta archeologicamente inedita. *Quaderni della Soprintendenza Archeologica del Piemonte*, 28, 297–299.
- Besse, M., & Viola, S. (2013b). Gli scavi dell'Università di Ginevra alla Grotta dell'Eremita sul Monte Fenera a Borgosesia. *Periodico annuale della Società Valsesiana di Cultura*, 7–20.
- Besse, M., & Viola, S. (2015). Borgosesia, Monte Fenera, Grotta dell'Eremita: Le campagne di scavo 2013 e 2014. *Quaderni della Soprintendenza Archeologica del Piemonte*, 30, 397–400.
- Besse, M., Viola, S., Cattin, F., & Von Tobel, C. (2014). La grotte de l'Eremita au Monte Fenera (Vercelli, Italie): Nouvelles découvertes du Bronze moyen. In J. Bullinger, P. Crotti, & C. L. Huguenin (A c. Di), *De l'âge du Fer à l'usage du verre. Mélanges offerts à Gilbert Kaenel, dit "Auguste", à l'occasion de son 65e anniversaire* (Vol. 151), 291–296.
- Bidini, D. (1991). I suoli in laboratorio. In M. Cremaschi & G. Rodolfi (A c. Di), *Il suolo: Pedologia nelle scienze della terra e nella valutazione del territorio* (pagg. 61–103). La Nuova Italia Scientifica.
- Bietti, A., Del Lucchese, A., & Negrino, F. (2001). Nuovi studi e ricerche al riparo Mochi (Balzi rossi, Ventimiglia, imperia). *Paleo-express*, 7, 4–6.
- Bietti, A., & Negrino, F. (2008). L'Aurignacien et le Gravettien du Riparo Mochi, l'Aurignacien du Riparo Bombrini: Comparaisons et nouvelles perspectives. *Archives de l'Institut de Paléontologie Humaine*, 39, 133–140.
- Binford, L. R. (1981). Behavioral archaeology and the "Pompeii premise". *Journal of anthropological research*, 37(3), 195–208.
- Binford, S. R., & Binford, L. R. (1968). *New perspectives in archeology*. Aldine Pub. Co.
- Bini, A., & Zuccoli, L. (2005). Evoluzione del carsismo nelle Alpi. In R. Fantoni, R. Cerri, & E. Dellarole (A c. Di), *D'acqua e di pietra. Il Monte Fenera e le sue collezioni museali* (pagg. 143–152). Associazione Culturale ZEISCIU Centro Studi.
- Bisson, M. S., & Bolduc, P. (1994). Previously Undescribed Figurines From the Grimaldi Caves. *Current Anthropology*, 35(4), 458–468.
- Blanc, A. C. (1938). Nuovo giacimento paleolitico e mesolitico ai Balzi Rossi di Grimaldi. *Rendiconti dell'Accademia Nazionale dei Lincei*, 28, 107–113.
- Boëda, E. (1993). Le débitage discoïde et le débitage Levallois récurrent centripède. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 90, 392–404.
- Boëda, E. (1994). *Le concept Levallois: Variabilité des méthodes* (Vol. 9). CNRS.
- Boero, V., & Schwertmann, U. (1989). Iron oxide mineralogy of terra rossa and its genetic implications. *Geoderma*, 44(4), 319–327.
- Boggs, S. (2014). *Principles of sedimentology and stratigraphy* (5a ed.). Pearson new international editions.
- Bosch, R. F., & White, W. B. (2004). Lithofacies and transport of clastic sediments in karstic aquifers. In *Studies of cave sediments* (pagg. 1–22). Springer, Boston, MA.

- Boschian, G. (1997). Sedimentology and soil micromorphology of the late Pleistocene and early Holocene deposits of Grotta dell'Edera (Trieste Karst, NE Italy). *Geoarchaeology*, 12(3), 227–249.
- Boussac, J. (1912). Etudes stratigraphiques sur le Nummulitique Alpin: *Mem. Carte Geol. Grance*, 662.
- Braillard, L. (2000). La dynamique de mise en place et l'évolution du remplissage de l'abri sous roche Sur-les-Creux à Tanay (Vouvry VS). *Bulletin de la Murithienne*, 118, 40–58.
- Braillard, L., Guélat, M., & Rentzel, P. (2004). Effects of bears on rockshelter sediments at Tanay Sur-les-Creux, southwestern Switzerland: Effects of Bears on Rockshelter Sediments in Switzerland. *Geoarchaeology*, 19(4), 343–367.
- Brecciaroli Taborelli, L. (1995). Un insediamento temporaneo della Tarda antichità nella Grotta della "Ciota Ciara" (Monfenera, Valsesia). *Quaderni della Soprintendenza Archeologica del Piemonte*, 13, 73–109.
- Brenner, M. J., & Wurz, S. (2019). A high-resolution perspective on MIS 5c-d lithic assemblages from Klasies River main site Cave 1. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 26, 101891.
- Brewer, R. (1976). *Fabric and mineral analysis of soils* (2a ed.). Krieger.
- Bronger, A., & Bruhn-Lobin, N. (1997). Paleopedology of Terrae rossae—Rodoxeralfs from quaternary calcarenites in NW Morocco. *Catena*, 28(3–4), 279–295.
- Bronger, A., & Sedov, S. N. (2003). Vetusols and paleosols: Natural versus man-induced environmental change in the Atlantic coastal region of Morocco. *Quaternary International*, 106–107, 33–60.
- Brothwell, D., & Pollard, A. M. (2005). *Handbook of archaeological sciences*, Wiley.
- Brown, A. G. (1997). *Alluvial geoarchaeology: Floodplain archaeology and environmental change*. Cambridge University Press.
- Buccheri, F. (2014). *Analisi tafonomica dei resti paleontologici dell' US 14 della grotta della Ciota Ciara (Paleolitico Medio) Borgosesia, VC, Italia*. Tesi di Laurea. Università di Ferrara.
- Buccheri, F., Bertè, D. F., Luigi, G., Berruti, F., Cáceres, I., Volpe, L., & Arzarello, M. (2016). Taphonomic Analysis on Fossil Remains From the Ciota Ciara Cave (Piedmont, Italy) and New Evidence of Cave Bear and Wolf Exploitation With Simple Quartz Flakes By Neanderthal. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 122(1223), 41–54.
- Budek, A., Kalicki, T., Kaminská, L., Kozłowski, J. K., & Mester, Z. (2013). Interpleniglacial profiles on open-air sites in Hungary and Slovakia. *Quaternary International*, 294, 82–98.
- Bullock, P., Fedoroff, N., Jongerius, A., Stoops, G., G., & Tursina, T. (A. c. Di). (1985). *Handbook for soil thin section description*. Waine Research Publ.
- Busa, F., Gallo, L. M., & Dellarole, E. (2005). L'attività di ricerca nelle grotte del Monte Fenera. In *D'acqua e di pietra. Il Monte Fenera e le sue collezioni museali* (pagg. 218–223). Associazione Culturale ZEISCIU Centro Studi.
- Butzer, K. W. (1973). Spring sediments from the Acheulian site of Amanzi (Uitenhage District, South Africa). *Quaternaria*, 17, 299–319.
- Butzer, K. W. (1974). Geo-Archeological Interpretation of Acheulean Calc-Pan Sites at Doornlaagte and Rooidam (Kimberley, South Africa). *Journal of Archaeological Science*, 1, 1–25.
- Butzer, K. W. (1976). *Geomorphology from the Earth*, Harper & Row series in geography.
- Butzer, K. W. (1981). Cave sediments, upper pleistocene stratigraphy and mousterian facies in Cantabrian Spain. *Journal of Archaeological Science*, 8(2), 133–183.
- Butzer, K. W. (1982). *Archaeology as human ecology: Method and theory for a contextual approach*. Cambridge University Press.
- Butzer, K. W. (2008). Challenges for a cross-disciplinary geoarchaeology: The intersection between environmental history and geomorphology. *Geomorphology*, 101(1–2), 402–411.
- Cabanes, D., Mallol, C., Expósito, I., & Baena, J. (2010). Phytolith evidence for hearths and beds in the late Mousterian occupations of Esquilieu cave (Cantabria, Spain). *Journal of Archaeological Science*, 37(11), 2947–2957.

- Calandra, R. (2016). *Analisi antropologica della sepoltura Tardo – Antica “T1D” del Riparo della Ciota Ciara (Borgosesia, VC – Italia)*. Tesi di Laurea. Università di Ferrara.
- Calandri, G. (A c. Di). (1986). *Atti del Convegno Internazionale sul Carso di alta montagna (1982)* (Vol. 2). Comune di Imperia e gruppo speleologico imperiese C.A.I.
- Campredon, R. (1977). Les formations paléogènes des Alpes Maritimes franco-italiennes: Société Géologique de France. *Mémoire*, 9, 199.
- Campy, M. (1989). Etude sédimentologique du remplissage in La Baume de Gigny (Jura). *Supplément à Gallia Préhistoire*, 27, 27–48.
- Canti, M. (2001). What is Geoarchaeology? Re-Examining the Relationship Between Archaeology and Earth Science. In U. Albarella (A c. Di), *Environmental Archaeology: Meaning and Purpose* (pagg. 103–112). Springer Netherlands.
- Canti, M. G. (2017). Avian eggshell. In C. Nicosia & G. Stoops (A c. Di), *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology* (pagg. 39–41). Wiley Blackwell.
- Canti, M., & Huisman, D. J. (2015). Scientific advances in geoarchaeology during the last twenty years. *Journal of Archaeological Science*, 56, 96–108.
- Carbone, F., Giammarino, S., Matteucci, R., Schiavinotto, F., & Russo, A. (1980). Ricostruzione paleoambientale dell'affioramento nummulitico di Capo Mortola. *Ann. Univ. Ferrara,(NS)*, sez. 9, 6(suppl.), 231–268.
- Carbonell, E. (A c. Di). (2012). *High resolution archaeology and Neanderthal behavior: Time and space in Level J of Abric Romaní (Capellades, Spain)*. Springer.
- Cardini, L. (1939). Recenti scavi dell'Istituto Italiano di Paleontologia Umana alla Barma Grande di Grimaldi: (nota preventiva presentata alla 332a adunanza della Società italiana di antropologia e etnologia, Firenze, 28 dicembre 1938). Palazzo Nonfinito.
- Cardini, L., & Biddittu, I. (1967). L'attività scientifica dell'Istituto Italiano di Paleontologia Umana dalla sua fondazione. *Quaternaria*, 9(1), 353–83.
- Castiglioni, G. B. (1998). *Geomorfologia*, UTET.
- Cauche, D. (2002). *Les cultures moustériennes en Ligurie italienne: Études des industries lithiques des grottes de la Madonna dell'Arma, d'Arma delle Manie et de Santa Lucia Superiore*. Tesi di Dottorato. Université de la Méditerranée-Aix-Marseille II.
- Cauche, D. (2009). Les stratégies de débitage dans les industries lithiques archaïques des premiers habitants de l'Europe. *L'Anthropologie*, 113(1), 178–190.
- Cauche, D. (2012). Productions lithiques et comportements techno-économiques de groupes humains acheuléens et moustériens en région liguro-provençale. *Comptes Rendus Palevol*, 11(7), 519–527.
- Cavicchi, R. (2017). *Biocronologia, paleoecologia e paleoambiente dalla grotta Ciota Ciara (Borgosesia, Vercelli, Piemonte): Nuovi dati dalla sequenza a grandi mammiferi*. Tesi di Laurea. Università di Ferrara.
- Chakroun, A., Acton, D., Moigne, A. M., & de Lumley, H. (2005). Découverte d'une faune de mammifères du Pléistocène supérieur dans la grotte d'El Geffel (cap Bon, Tunisie). *Comptes Rendus Palevol*, 4(4), 317–325.
- Chazan, M. (2017). Geology/archaeology in action: A personal perspective. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 9(8), 1671–1676.
- Clark, A. E. (2016). Time and space in the middle paleolithic: Spatial structure and occupation dynamics of seven open-air sites: Time and Space in the Middle Paleolithic. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 25(3), 153–163.
- Clarke, D. L. (1968). *Analytical archaeology*. Methuen.
- Clarke, D. L. (1972). Models and paradigms in contemporary archaeology. *Models in archaeology*, 1–60.
- Collcutt, S. N. (1979). The analysis of quaternary cave sediments. *World Archaeology*, 10(3), 290–301.

- Conti, C. (1931). Valsesia Archeologica. Note per una sua storia dalle origini alla caduta dell'Impero Romano. *Bollettino della Societa Storica Sudalpina*, 123, 1–61.
- Conti, C. (1960). Esplorazione della grotta «Ciutarun» del Monfenera (Borgosesia). *Atti e Memorie del Congresso di Varallo Sesia*, 199–205.
- Cortemiglia, G. C. (2004). 26. Coste rocciose: Falesie vive e morte. In *Italia: Atlante dei tipi geografici* (pagg. 186–188). Istituto Geografico Militare.
- Costantini, E. A., Carnicelli, S., Sauer, D., Priori, S., Andreetta, A., Kadereit, A., & Lorenzetti, R. (2018). Loess in Italy: Genesis, characteristics and occurrence. *Catena*, 168, 14–33.
- Courty, M. A., Goldberg, P., & Macphail, R. (1989). *Soils and micromorphology in archaeology*. Cambridge University Press.
- Courty, M. A., & Vallverdu, J. (2001). The microstratigraphic record of abrupt climate changes in cave sediments of the Western Mediterranean. *Geoarchaeology*, 16(5), 467–499.
- Cousot, P., & Meunier, M. (1996). Recognition, classification and mechanical description of debris flows. *Earth-Science Reviews*, 40(3–4), 209–227.
- Creagh, D., C., & Bradley, D. (2006). *Physical techniques in the study of art, archaeology and cultural heritage* (Vol. 1). Elsevier.
- Creagh, D., C., & Bradley, D. (2007). *Physical techniques in the study of art, archaeology and cultural heritage* (Vol. 2). Elsevier.
- Cremaschi, M., Ferraris, M. R., Scola, V., & Sartorelli, A. (1986). Note preliminari sul deposito pleistocenico del Riparo di Fumane (Verona). *Sedimenti e tipologia litica*.
- Cremaschi, M. (1987). *Paleosols and Vetusols in the Central Po Plain (Northern Italy). A study in Quaternary Geology and Soil development*. Unicopli.
- Cremaschi, M. (A c. Di). (1990a). *The loess in Northern and Central Italy: A loess basin between the Alps and the Mediterranean Region: Quaderni di Geodinamica Alpina e Quaternaria*. Centro di Studio per la Stratigrafia e la Petrografia delle Alpi Centrali, Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- Cremaschi, M. (1990b). Depositional and post-depositional processes in rock shelters of Northern Italy during the Late Pleistocene. Their paleoclimatic and paleoenvironmental significance. *Quaternaire*, 1(1), 51–64.
- Cremaschi, M. (1990c). *Relazione preliminare circa lo scavo archeologico effettuato ai Balzi Rossi di Ventimiglia (Imperia) nel Giugno 1990* (Soprintendenza Archeologica della Liguria).
- Cremaschi, M. (A c. Di). (2000). *Manuale di geoarcheologia*. Laterza.
- Cremaschi, M., Del Lucchese, A., Negrino, F., Ottomano, C., & Wilkens, B. (1991). Ventimiglia (Imperia). Località Balzi Rossi. Nuovi dati sulla successione stratigrafica del ciclo interglaciale-glaciale-postglaciale. Scavi 1990. *Bollettino di Archeologia del Ministero per i Beni Culturali ed Ambientali*, 8, 47–50.
- Cremaschi, M., Fedoroff, N., Guerreschi, A., Huxtable, J., Colombi, N., Castelletti, L., & Maspero, A. (1990). Sedimentary and pedological processes in the Upper Pleistocene loess of northern Italy. The Bagaggera sequence. *Quaternary International*, 5, 23–38.
- Cremaschi, M., Rodolfi, G. (A c. Di). (1991). *Il Suolo. Pedologia nelle scienze della terra e nella valutazione del territorio*. La Nuova Italia Scientifica.
- Daffara, S. (2011). *Contributo allo studio delle strategie produttive di Homo neanderthalensis: I livelli musteriani*. Tesi di Laurea. Università di Ferrara.
- Daffara, S. (2018). *Non-Flint Raw Materials In The European Middle Palaeolithic: Variability Of Levallois And Discoid Knapping Methods And Study Of The Supply Areas*. Tesi di Dottorato. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.
- Daffara, S., Arzarello, M., Berruti, G. L. F., Berruto, G., Bertè, D., Berto, C., & Casini, A. I. (2014). *The Mousterian lithic assemblage of the Ciota Ciara cave (Piedmont, Northern Italy): Exploitation and conditioning of raw materials*. 1(2), 1–16.

- Daffara, S., Berruti, G. L. F., Berruto, G., Eftekhari, N., Vaccaro, C., & Arzarello, M. (2019). Raw materials procurement strategies at the Ciota Ciara cave: New insight on land mobility in north-western Italy during Middle Palaeolithic. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 26, 1–20.
- Dal Piaz, G. V. (1992). *Guide Geologiche Regionali. Le Alpi dal Monte Bianco al Lago Maggiore*. Società Geologica Italiana.
- Dallagiovanna, G., Fanucci, F., Pellegrini, L., Seno, S., Bonini, L., Decarlis, A., Maino, M., Morelli, D., & Toscani, G. (2012a). *Note Illustrative della Carta Geologica. Foglio 257 «Dolceacqua» e Foglio 270" Ventimiglia" alla scala 1: 50000*.
- Dallagiovanna, G., Fanucci, F., Pellegrini, L., Seno, S., Bonini, L., Decarlis, A., Maino, M., Morelli, D., & Toscani, G. (2012b). *Note Illustrative della Carta Geologica. Foglio 259 «Imperia» alla scala 1: 50000*.
- Dallagiovanna, G., Gaggero, L., Maino, M., Seno, S., & Tiepolo, M. (2009). U–Pb zircon ages for post-Variscan volcanism in the Ligurian Alps (Northern Italy). *Journal of the Geological Society*, 166(1), 101–114.
- Dalmeri, G., & Lanzinger, M. (1989). Ricerche paleontologiche e paleoambientali al Riparo Dalmeri (Trento). *Preistoria alpina*, 25, 223–229.
- Daniel, G. E. (1976). *A hundred and fifty years of archaeology*. Harvard University Press.
- Daura, J., Sanz, M., Pike, A. W. G., Subirà, M. E., Fornós, J. J., Fullola, J. M., Julià, R., & Zilhão, J. (2010). Stratigraphic context and direct dating of the Neandertal mandible from Cova del Gegant (Sitges, Barcelona). *Journal of Human Evolution*, 59(1), 109–122.
- de Lumley, H. (1969). *Le Paléolithique inférieur et moyen du Midi méditerranéen dans son cadre géologique*. Editions du CNRS.
- de Lumley, H. (A c. Di). (2016). *La grotte du Cavillon sous la falaise de Baoussé Rousse. Grimaldi, Vintimille, Italie*. Editions du CNRS.
- de Lumley, H., & Barral, L. (A c. Di). (1976). *Sites paléolithiques de la région de Nice et grottes de Grimaldi*. U.I.S.P.P.
- de Lumley, H. de, Fournier, A., Krzepakowska, J., & Echassoux, A. (1988). L'industrie du Pléistocène inférieur de la grotte du Vallonnet, Roquebrune-Cap-Martin, Alpes-Maritimes. *L'Anthropologie*, 92(2), 501–613.
- de Lumley, M. A. (1972). L'Os iliaque anténéandertalien de la Grotte du Prince (Grimaldi, Ligurie italienne). *Bulletin du Musée d'Anthropologie Préhistorique du Monaco*, 18, 89–112.
- de Lumley, M. A., & Giacobini, G. (2013a). Les néandertaliens de la Caverna delle Fate (Finale Ligure, Italie). I - Chronostratigraphie, restes squelettiques. *L'Anthropologie*, 117(3), 273–304.
- de Lumley, M. A., & Giacobini, G. (2013b). Les néandertaliens de la Caverna delle Fate (Finale Ligure, Italie). II – Les dents. *L'Anthropologie*, 117(3), 305–344.
- de Villeneuve, L. (1906). *Les grottes de Grimaldi (Baoussé-Roussé). Tome I. Fasc. I. Historique et description*. Imprimerie de Monaco.
- de Villeneuve, L., Boule, M., Verneau, R., & Cartailhac, E. (1906). *Les Grottes de Grimaldi (Baoussé-Roussé) (Vol. 1–6)*. Imprimerie de Monaco.
- Deák, J., Preusser, F., Cattin, M.-I., Castel, J.-C., & Chauvière, F.-X. (2019). New data from the Middle Palaeolithic Co-toucher cave (Swiss Jura): Site formation, environment, and chronology. *E&G Quaternary Science Journal*, 67(2), 41–72.
- Dean, W. E. Jr. (1974). Determination of Carbonate and Organic Matter in Calcareous Sediments and Sedimentary Rocks by Loss on Ignition: Comparison With Other Methods. *Journal of Sedimentary Petrology*, 44(4), 242–248.
- Decarlis, A., & Lualdi, A. (2008). Stratigraphy and deposition of Lower Cretaceous condensed deposits in the Maritime Alps (Nice arc, SE France). *Bollettino della Società geologica italiana*, 127(1), 13–24.
- Decarlis, A., Maino, M., Dallagiovanna, G., Lualdi, A., Masini, E., Seno, S., & Toscani, G. (2014). Salt tectonics in the SW Alps (Italy–France): From rifting to the inversion of the European continental margin in a context of oblique convergence. *Tectonophysics*, 636, 293–314.

- Degryse, P., & Shortland, A. J. (2013). Nourishing archaeology and science. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(51), 20352–20353
- Degryse, P. (2013). Holistic archaeology and archaeological science at Sagalassos: Contributions to a discipline. In J. Poblome (A c. Di), *Exempli Gratia: Sagalassos, Marc Waelkens and Interdisciplinary Archaeology* (pagg. 59–69). Leuven University Press.
- Del Lucchese, A. (1996). *Museo Preistorico dei Balzi Rossi – Ventimiglia*. Itinerari dei Musei, Gallerie, Scavi e Monumenti d'Italia (Vol. 39). Ministero per i Beni Culturali e Ambientali. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.
- Del Lucchese, A., Formicola, V., Holt, B., Negrino, F., & Vicino, G. (2004). Riparo Bombrini, Balzi Rossi (Ventimiglia, Imperia). Notizie preliminari degli scavi 2002-2004. *Ligures*, 2, 287–289.
- Del Lucchese, A., Giacobini, G., & Vicino, G. (A c. Di). (1985). *L'uomo di Neandertal in Liguria*. Tormena.
- Del Lucchese, A., & Negrino, F. (2008). Arturo Issel e le controversie circa l'età dei depositi dei Balzi Rossi (Ventimiglia, Imperia). *La nascita della paleontologia in Liguria: personaggi, scoperte e collezioni tra XIX e XX secolo. Atti del Convegno, Bordighera*, 77-181.
- D'Errico, F., & Gambari, F. M. (1983). Nuovi contributi per la conoscenza del Paleolitico piemontese. *Quaderni della Soprintendenza Archeologica del Piemonte*, 2, 1–20.
- Donahue, J., & Adovasio, J. M. (1990). Evolution of sandstone rockshelters in eastern North America; A geoarchaeological perspective. In N. P. Lasca & J. Donahue (A c. Di), *Archaeological Geology of North America* (pagg. 231–251). Geological Society of America.
- Douka, K., Grimaldi, S., Boschian, G., del Lucchese, A., & Higham, T. F. (2012). A new chronostratigraphic framework for the Upper Palaeolithic of Riparo Mochi (Italy). *Journal of Human Evolution*, 62(2), 286–299.
- Dreimanis, A. (1962). Quantitative gasometric determination of calcite and dolomite by using Chittick apparatus. *Journal of Sedimentary Research*, 32(3), 520–529.
- Duchaufour, P. (1977). *Précis de pédologie. Pédogénèse et classification*. Masson, Paris.
- Duchaufour, P. (1982). *Pedology: Pedogenesis and classification* (Traduzione di T. R. Paton). Allen and Unwin.
- Duchaufour, P. (1982). Sesquioxide-rich soils. In P. Duchaufour (A c. Di), *Pedology: Pedogenesis and classification* (pagg. 373–425). Allen and Unwin.
- Dunham, J. (1962). Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Textures. In W. E. Ham (A c. Di), *Classification of carbonate rocks* (Vol. 38, pagg. 108–121).
- Durand, N., Monger, H. C., Canti, M. G., & Verrecchia, E. P. (2018). Calcium Carbonate Features. In *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths* (pagg. 205–258). Elsevier.
- Durn, G. (2003). Terra rossa in the Mediterranean region: Parent materials, composition and origin. *Geologia Croatica*, 56(1), 83–100.
- Durn, G., Ottner, F., & Slovenec, D. (1999). Mineralogical and geochemical indicators of the polygenetic nature of terra rossa in Istria, Croatia. *Geoderma*, 91(1–2), 125–150.
- Edwards, H. M., & Vandenabeele, P. (A c. Di). (2012). *Analytical archaeometry: Selected topics*. RSC Publishing.
- Ellwood, B. B., Petruso, K. M., Harrold, F. B., & Schuldenrein, J. (1997). High-Resolution Paleoclimatic Trends for the Holocene Identified Using Magnetic Susceptibility Data from Archaeological Excavations in Caves. *Journal of Archaeological Science*, 24(6), 569–573.
- Elter, G., Elter, P., Sturani, C., & Weidmann, M. (1966). Sur la prolongation du domaine ligure de l'Apennin dans le Monferrat et les Alpes et sur l'origine de la Nappe de la Simme et des Préalpes romandes et chablaisiennes. *Bull. Lab. Geol. Min. Geophys. et Musée géologique de l'université de Lausanne*, 76, 279–377.
- Enloe, J. G. (2006). Geological processes and site structure: Assessing integrity at a Late Paleolithic open-air site in northern France. *Geoarchaeology*, 21(6), 523–540.

- Erhart, H. (1956). *La genèse des sols en tant que phénomène géologique: Esquisse d'une théorie géologique et géochimique, biostasie et rhexistasie*. Masson.
- Fantoni, E. (1991). *Rilevamento Geologico del Monte Fenera e della Valstrona di Valduggia (Bassa Valsesia)*. Tesi di Laurea. Università degli Studi di Milano.
- Fantoni, R., Cerri, R., & Dellarole, E. (A c. Di). (2005). *D'acqua e di pietra. Il Monte Fenera e le sue collezioni museali*. Associazione Culturale ZEISCIU Centro Studi.
- Fantoni, R., Decarlis, A., & Fantoni, E. (2003). L'estensione mesozoica al margine occidentale delle Alpi Meridionali (Piemonte Settentrionale, Italia). *Atti Ticinensi di Scienze della Terra*, 44, 97–110.
- Fantoni, R., Decarlis, A., & Fantoni, E. (2005). Geologia del Monte Fenera. In R. Fantoni, R. Cerri, & E. Dellarole (A c. Di), *D'acqua e di pietra. Il Monte Fenera e le sue collezioni museali* (pagg. 86–91). Associazione Culturale ZEISCIU Centro Studi.
- Fantoni, R., & Fantoni, E. (1991). Geologia del monte Fenera: Ipotesi sulla genesi del sistema carsico. *Val. Sicida*, 11(1), 11–22.
- Fanucci, F. (1987). Lignes de rivage quaternaires sur la côte et le plateau continental ligure. *Zeitschrift Für Geomorphologie Neue Folge*, 31(4), 463–472.
- Farrand, W. R. (1999). Depositional History of Franchthi Cave, Fascicle 12: Sediments, Stratigraphy and Chronology. *Indiana University, Bloomington*.
- Farrand, W. R. (2001). Sediments and stratigraphy in rockshelters and caves: A personal perspective on principles and pragmatics. *Geoarchaeology*, 16(5), 537–557.
- Fedele, F. (1964). La stazione paleolitica del Monfenera in Valsesia. *Rivista di Studi Liguri*, XXXII(1–3), 5–105.
- Fedele, F. (1966). La stazione paleolitica del Monfenera in Valsesia. *Rivista di Studi Liguri*, XXXII(1–2), 37–105.
- Fedele, F. (1966). Ricerche sui giacimenti quaternari del Monfenera. Nuovo scavo nella grotta «Ciota Ciara» del monfenera. *Rivista di Antropologia*, 53, 101–111.
- Fedele, F. (1972). Aperçu des recherches dans les gisements du Monfenera (Valsesia, Alpes Pennines). *Bulletin d'études préhistoriques alpines*, IV, 5–39.
- Fedele, F. (1974). Scoperte paleontologiche a Trino Vercellese. Gruppo di studio del quaternario padano. *Studi Trentini di Scienze Naturali*, 51(2A), 113–228.
- Fedele, F. (1990). Boira Fusca e Rupe di Salto, 1977-80. *Ad Quintum*, 8, 1–77.
- Fedele, F. (2017). Grimaldi Caves. In A. S. Gilbert (A c. Di), *Encyclopedia of Geoarchaeology* (pagg. 366–367). Springer Netherlands.
- Federici, P. R., & Pappalardo, M. (2006). Evidence of Marine Isotope Stage 5.5 highstand in Liguria (Italy) and its tectonic significance. *Quaternary International*, 145, 68–77.
- Fedoroff, N. (1997). Clay illuviation in Red Mediterranean soils. *CATENA*, 28(3–4), 171–189.
- Fedoroff, N., & Courty, M. A. (2002). Paléosols et sols reliques. In J. C. Miskovsky (A c. Di), *Géologie de la préhistoire: Méthodes, techniques, applications* (pagg. 277–316). GéoPré, Presses Universitaires de Perpignan.
- Fedoroff, N., & Courty, M. A. (2005). Les paléosols et sols archéologiques: Mémoire des climats et des Hommes. In M. C. Girard, C. Walter, J. C. Remy, & J. L. Morel (A c. Di), *Sols et Environnement* (pagg. 151–186). Dunod.
- Fedoroff, N., Courty, M.A., & Guo, Z. (2018). Palaeosoils and Relict Soils: A Conceptual Approach. In G. Stoops, V. Marcelino, & F. Mees (A c. Di), *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths* (pagg. 821–862). Elsevier.
- Feibel, C. S. (2001). Archaeological sediments in lake margin environments. In J. K. Stein & W. R. Farrand (A c. Di), *Sediments in Archaeological Contexts* (pagg. 127–148). University of Utah Press.
- Ferring, C. R. (1986). Rates of fluvial sedimentation: Implications for archaeological variability. *Geoarchaeology*, 1(3), 259–274.

- Ferring, C. Reid. (1994). The role of geoarchaeology in Paleoindian research. *Method and Theory for Investigating the Peopling of the Americas*, 57–72.
- FitzPatrick, E. A. (1984). *Micromorphology of soils*. Chapman and Hall.
- Folk, R. L. (1959). Practical petrographic classification of limestones. *AAPG Bulletin*, 43(1), 1–38.
- Folk, R. L. (1962). Spectral subdivision of limestone types. In W. E. Ham (A c. Di), *Classification of carbonate rocks* (pagg. 62–84).
- Folk, R. L., & Ward, W. C. (1957). Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27(1), 3–26.
- Fontana F.; Cilli C.; Cremona M.G.; Giacobini G.; Gurioli F.; Liagre J.; Malerba G.; Rocci Ris A.; Veronese C.; Guerreschi A. (2009). Recent data on the Late Epigravettian occupation at Riparo Tagliente, Monti Lessini (Grezzana, Verona): a multidisciplinary perspective. *Preistoria Alpina*, 44, 1–6.
- Ford, D., & Williams, P. W. (2007). *Karst hydrogeology and geomorphology*. John Wiley & Sons.
- Forel, F. (1864). Notice sur les instruments en silex et les ossements trouvés en 1858 dans les grottes de Menton. In: Vulliemin L., Gaudin C., Forel F. (Eds.), *Menton son climat, sa géologie et ses grottes*. Menton, Édition P. Amarante Librairie. In L. Vulliemin, C. Gaudin, & F. Forel (A c. Di), *Menton son climat, sa géologie et ses grottes*. Pascal Amarante Librairie.
- Forestier, H. (1993). Le Clactonien: Mise en application d'une nouvelle méthode de débitage s'inscrivant dans la variabilité des systèmes de production lithique du Paléolithique ancien. *Paléo, Revue d'Archéologie Préhistorique*, 5(1), 53–82.
- Formicola, V. (1984). Un Incisivo Umano dal Deposito Aurignaziano del Riparo Bombrini ai Balzi Rossi. *Rivista Ingauna e Intemelia*, 39, 11–12.
- Formicola, V. (1989). Early Aurignatian Deciduous Incisor from Riparo Bombrini at Balzi Rossi (Grimaldi, Italy). *Rivista di Antropologia*, 67, 287–292.
- Forno, M. G., & Mottura, A. (1993). L'evoluzione Pleistocenica Medio Superiore di un settore astigiano Piemonte dati geologici e archeologici. *Il Quaternario*, 6(2), 249–264.
- Fournet, J. B. (1862). *Du mineur, son rôle et son influence sur les progrès de la civilisation, d'après les données actuelles de l'archéologie*. Imprimerie de Rey et Sezanne.
- Francou, B., & Texier, J. (1995). Stratified slope deposits: The stone-banked sheets and lobes model. *Steepland Geomorphology*. John Wiley, Chichester, 147–169.
- Fravega, P., & Vannucci, G. (1979). Facies di retroscogliera nei calcari giurassico cretacei di Punta Garavano (Balzi Rossi-Ventimiglia). *Atti della Società toscana di scienze naturali: Memorie*, 177–187.
- Freschi, A. (1976). *Scavo 1976 nella «finestra» della Ciota Ciara (Monfenera), Relazione datti- loscritta conservata nell' Archivio della Soprintendenza Archeologica del Piemonte*.
- Frumkin, A., Langford, B., Marder, O., & Ullman, M. (2016). Paleolithic caves and hillslope processes in south-western Samaria, Israel: Environmental and archaeological implications. *Quaternary International*, 398, 246–258.
- Fuchs, M., Kandel, A. W., Conard, N. J., Walker, S. J., & Felix-Henningsen, P. (2008). Geoarchaeological and chronostratigraphical investigations of open-air sites in the Geelbek Dunes, South Africa. *Geoarchaeology*, 23(4), 425–449.
- Gambari, F. M. (1994). Borgosesia. Scavi nella grotta Ciota Ciara (campagne 1992-93). *Quaderni della Soprintendenza Archeologica del Piemonte*, 12, 345.
- Gambari, F. M. (1996). *Museo Civico Paleontologico e Archeologico di Borgosesia (VC)*. Guide Archeologiche, N. 8, XIII Congresso Internazionale di Scienze Preistoriche e Protostoriche, Forlì, 74–85
- Gambari, F. M. (2005). Archeologia al Monte Fenera. In R. Fantoni, R. Cerri, & E. Dellarole (A c. Di), *D'acqua e di pietra. Il Monte Fenera e le sue collezioni museali* (pagg. 230–233). Zeiscu.
- Garrison, E. (2016). *Techniques in archaeological geology*. Springer Berlin Heidelberg.

- Gasche, H., & Tunca, Ö. (1983). Guide to archaeostratigraphic classification and terminology: Definitions and principles. *Journal of Field Archaeology*, 10(3), 325–335.
- Gee, G., & Bauder, J. (1986). Particle size analysis. In A. Klute (A c. Di), *Methods of soil analysis, Part 1. Physical and mineralogical methods: Agronomy Monograph* (2a ed., pagg. 383–411). Soil Science Society of America.
- Géze, B., Lanteaume, M., Peyre, Y., & Nesteroff, W. (1968). *Carte Géologique de la France à 1/50.000. Menton-Nice*. Service Géologique National.
- Giacobini, G. (1992). New discoveries of Palaeolithic humans remains in Italy. *Five Million Years, the Human Adventure*, 56, 199–205.
- Giacobini, G., de Lumley, M.-A., Yokoyama, Y., & Nguyen, H.-V. (1984). Neanderthal child and adult remains from a Mousterian deposit in Northern Italy (Caverna delle fate, finale ligure). *Journal of Human Evolution*, 13(8), 687–707.
- Gillieson, D. (2004). Sediments: Allochthonous clastic. In J. Gunn (A c. Di), *Encyclopedia of Caves and Karst Science* (pagg. 1350–1353). Fitzroy Dearborn.
- Giraudi, C., & Gambari, M. V. (1983). Conzano, loc. Cascina Mongianone. Rinvenimento di reperti litici isolati. *Quaderni della Soprintendenza Archeologica del Piemonte*, 2, 143–144.
- Gladfelter, B. G. (1981). Developments and directions in geoarchaeology. In *Advances in archaeological method and theory* (pagg. 343–364). Elsevier.
- Gladfelter, B. G., Stein, J. K., & Farrand, W. R. (2001). Archaeological sediments in humid alluvial environments. In *Sediments in Archaeological Context* (pagg. 93–125).
- Goldberg, P. (1979). Micromorphology of sediments from Hayonim Cave, Israel. *CATENA*, 6(2), 167–181.
- Goldberg, P. (1992). Micromorphology, soils, and archaeological sites. *Soils in archaeology: landscape evolution and human occupation*, 145–168.
- Goldberg, P. (2000). Micromorphology and site formation at Die Kelders Cave I, South Africa. *Journal of Human Evolution*, 38(1), 43–90.
- Goldberg, P. (2001). Some micromorphological aspects of prehistoric cave deposits. *Cahiers d'Archéologie du CELAT*, 10, 161–75.
- Goldberg, P., & Arpin, T. L. (1999). Micromorphological analysis of sediments from Meadowcroft Rockshelter, Pennsylvania: Implications for radiocarbon dating. *Journal of Field Archaeology*, 26(3), 325–342.
- Goldberg, P., & Bar-Yosef, O. (1998). Site Formation Processes in Kebara and Hayonim Caves and Their Significance in Levantine Prehistoric Caves. In T. Akazawa, K. Aoki, & O. Bar-Yosef (A c. Di), *Neandertals and Modern Humans in Western Asia* (pagg. 107–125). Plenum Press.
- Goldberg, P., & Byrd, B. F. (1999). *The Interpretive Potential of Micromorphological Analysis at Prehistoric Shell Midden Sites on Camp Pendleton*. 24.
- Goldberg, P., Holliday, V. T., & Mandel, R. D. (2017). Stratigraphy. In A. S. Gilbert (A c. Di), *Encyclopedia of Geoarchaeology* (pagg. 913–916). Springer Netherlands.
- Goldberg, P., Laville, H., Meignen, L., & Bar-Yosef, O. (2007). Stratigraphy and geoarchaeological history of Kebara cave, Mount Carmel. In O. Bar-Yosef & L. Meignen (A c. Di), *Kebara cave, Mount Carmel, Israel—The Middle and Upper Paleolithic Archaeology* (pagg. 49–89). Peabody Museum Press, Harvard University.
- Goldberg, P., & Macphail, R. I. (2000). Micromorphology of sediments from Gibraltar Caves: Some preliminary results from Gorham's Cave and Vanguard Cave. In J. C. Finlayson, G. Finlayson, & Fa. D.A. (A c. Di), *Gibraltar during the Quaternary: The southernmost part of Europe in the last two million years* (pagg. 93–108). Gibraltar Government Heritage Publications.
- Goldberg, P., & Macphail, R. I. (2003). Short contribution: Strategies and techniques in collecting micromorphology samples. *Geoarchaeology*, 18(5), 571–578.
- Goldberg, P., & Macphail, R. I. (2006). *Practical and Theoretical Geoarchaeology*. Blackwell Publishing Ltd.

- Goldberg, P., & MacPhail, R. I. (2008). Formation processes. In D. M. Pearsall (A c. Di), *Encyclopedia of Archaeology* (Vol. 3, pagg. 2013–2017). Academic Press.
- Goldberg, P., Miller, C. E., Schiegl, S., Ligouis, B., Berna, F., Conard, N. J., & Wadley, L. (2009). Bedding, hearths, and site maintenance in the Middle Stone Age of Sibudu Cave, KwaZulu-Natal, South Africa. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 1(2), 95–122.
- Goldberg, P., Nash, D. T., & Petraglia, M. D. (1993). *Formation processes in archaeological context*. Prehistory Press.
- Goldberg, P., & Nathan, Y. (1975). The phosphate mineralogy of et-Tabun cave, Mount Carmel, Israel. *Mineralogical Magazine*, 40(311), 253–258.
- Goldberg, P., & Sherwood, S. C. (2006). Deciphering human prehistory through the geoarcheological study of cave sediments. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 15(1), 20–36.
- Goudie, A. S., & Middleton, N. J. (2001). Saharan dust storms: Nature and consequences. *Earth-science reviews*, 56(1–4), 179–204.
- Govi, M. (1975). *Carta geologica del distretto vulcanico ad oriente della bassa Val Sesia*. Consiglio nazionale delle ricerche.
- Gribble, C. D., & Hall, A. J. (1985). *A Practical Introduction to Optical Mineralogy*. Springer Netherlands.
- Grimaldi, S., Porraz, G., & Santaniello, F. (2014). Raw material procurement and land use in the northern Mediterranean Arc: Insight from the first Proto-Aurignacian of Riparo Mochi (Balzi Rossi, Italy). *Quartär*, 61, 113–127.
- Guérin, G., Antoine, P., Schmidt, E., Goval, E., Hérisson, D., Jamet, G., Reyss, J.-L., Shao, Q., Philippe, A., Vibet, M.-A., & Bahain, J.-J. (2017). Chronology of the Upper Pleistocene loess sequence of Havrincourt (France) and associated Palaeolithic occupations: A Bayesian approach from pedostratigraphy, OSL, radiocarbon, TL and ESR/U-series data. *Quaternary Geochronology*, 42, 15–30.
- Guerreschi, A., & Giacobini, G. (1998). Il Paleolitico e il Mesolitico nel Piemonte. In L. Mercado & M. Venturino Gambari (A c. Di), *Archeologia in Piemonte: La Preistoria* (pagg. 87–100). Umberto Allemandi & C.o.
- Gusick, A. E., & Faught, M. K. (2011). Prehistoric archaeology underwater: A nascent subdiscipline critical to understanding early coastal occupations and migration routes. In *Trekking the Shore* (pagg. 27–50). Springer.
- Gutiérrez-Rodríguez, M., Toscano, M., & Goldberg, P. (2018). High-resolution dynamic illustrations in soil micromorphology: A proposal for presenting and sharing primary research data in publication. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 20, 565–575.
- Haaland, M. M., Czechowski, M., Carpentier, F., Lejay, M., & Vandermeulen, B. (2019). Documenting archaeological thin sections in high-resolution: A comparison of methods and discussion of applications. *Geoarchaeology*, 34(1), 100–114.
- Hanson, N. (1958). *Patterns of discovery: An inquiry into the conceptual foundations of science*. Cambridge University Press.
- Hardy, B. L., & Moncel, M.-H. (2011). Neanderthal Use of Fish, Mammals, Birds, Starchy Plants and Wood 125-250,000 Years Ago. *PLOS ONE*, 6(8), e23768.
- Harris, E. C. (1989). *Principles of archaeological stratigraphy* (2a ed.). Academic Press.
- Harris, E. C., Brown, M. R., & Brown, G. J. (A c. Di). (1993). *Practices of archaeological stratigraphy*. Academic Press.
- Hedberg, H. D. (A c. Di). (1976). *International stratigraphic guide: A guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure*. Wiley.
- Heinrich W.D., 1988. Origin and consequences of cyclic ice rafting in the northeast Atlantic Ocean during the past 130 000 years. *Quaternary Research*, 29, 143–152.
- Heiri, O., Lotter, A. F., & Lemcke, G. (2001). Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: Reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, 25, 101–110.
- Henderson, J. (2000). *The Science and Archaeology of Materials: An Investigation of Inorganic Materials*. Routledge.

- Henry, D. (2012). The palimpsest problem, hearth pattern analysis, and Middle Paleolithic site structure. *Quaternary International*, 247, 246–266.
- Henry-Gambier, D., Courty, M., Crubézy, É., & Kervazo, B. (2001). La sépulture des enfants de Grimaldi (Baoussé-Roussé, Italie). In *Anthropologie et paléontologie funéraire des populations de la fin du Paléolithique supérieur*. CTHS.
- Herrero, J., & Porta, J. (1987). Gypsiferous soils in the North-East of Spain. In *Micromorphologie des Sols* (Fedoroff, N., Bresson, L.M., Courty, M.A. (eds.), pagg. 187–192). AFES.
- Higham, T., Douka, K., Wood, R., Ramsey, C. B., Brock, F., Basell, L., Camps, M., Arrizabalaga, A., Baena, J., Barroso-Ruiz, C., Bergman, C., Boitard, C., Boscato, P., Caparrós, M., Conard, N. J., Draily, C., Froment, A., Galván, B., Gambassini, P., ... Jacobi, R. (2014). The timing and spatiotemporal patterning of Neanderthal disappearance. *Nature*, 512(7514), 306–309.
- Hill, C. A., Forti, P., & Shaw, T. R. (1997). *Cave minerals of the world* (Vol. 238). National speleological society Huntsville.
- Hill, C. L. (2005). Geoarchaeology. In H. D. G. Maschner & C. Chippindale (A c. Di), *Handbook of Archaeological Methods* (Vol. 2, pagg. 1002–1033). Altamira Press.
- Hill, C. L. (2017). Geoarchaeology, History. In S. G. Allan (A c. Di), *Encyclopedia of Geoarchaeology* (pagg. 292–303). Springer.
- Hill, C. L., & Rapp, G. (Rip). (2014). Geoarchaeology. In C. Smith (A c. Di), *Encyclopedia of Global Archaeology* (pagg. 3008–3017). Springer.
- Hoffmann, D. L., Angelucci, D. E., Villaverde, V., Zapata, J., & Zilhão, J. (2018). Symbolic use of marine shells and mineral pigments by Iberian Neandertals 115,000 years ago. *Science Advances*, 4(2), eaar5255.
- Holliday, V. T., & Gartner, W. G. (2007). Methods of soil P analysis in archaeology. *Journal of Archaeological Science*, 34(2), 301–333.
- Holt, B., Negrino, F., Formicola, V., Riel-Salvatore, J., Churchill, S. E., Vicino, G., & Del Lucchese, A. (2006). The Mousterian–Aurignacian Transition at the Riparo Bombrini (Liguria, Italy) Rockshelter. *Paleoanthropology*, 2006, A92.
- Holt, B., Negrino, F., Riel-Salvatore, J., Formicola, V., Arellano, A., Arobba, D., Boschian, G., Churchill, S. E., Cristiani, E., Di Canzio, E., & Vicino, G. (2019). The Middle-Upper Paleolithic transition in Northwest Italy: New evidence from Riparo Bombrini (Balzi Rossi, Liguria, Italy). *Quaternary International*, 508, 142–152.
- Huggett, R. J. (2011). *Fundamentals of geomorphology* (3° ed). Routledge.
- Hunt, C. O., & Fiacconi, M. (2017). Pollen taphonomy of cave sediments: What does the pollen record in caves tell us about external environments and how do we assess its reliability? *Quaternary International*, 485, 68–75.
- laworsky, G. (1962). *L'Industrie du foyer D de la grotte du Prince Grimaldi. Sa place dans la stratigraphie du quaternaire*. Imprimerie Nationale.
- Inglis, R. H., French, C., Farr, L., Hunt, C. O., Jones, S. C., Reynolds, T., & Barker, G. (2018). Sediment micromorphology and site formation processes during the Middle to Later Stone Ages at the Haua Fteah Cave, Cyrenaica, Libya. *Geoarchaeology*, 33(3), 328–348.
- Inizan, M. L., Reduron-Ballinger, M., Roche, H., & Tixier, J. (1999). Technology and terminology of knapped stone. *Crep, Nanterre*, 189.
- Isetti, G., & Chiarelli, B. (1965). Nota preliminare su un deposito mustերiano nella Grotta «Ciota Ciara» vicino a Borgosesia. *Natura*, 56, 132–142.
- Isetti, G., Lumley, H. de, & Miskovsky, J. C. (1962). Il giacimento mustերiano della grotta della Madonna dell'Arma presso Bussana (Sanremo). *Rivista di studi liguri*, 28, 5–116.
- Jaillard, B. A. G., & Maurin, A. F. (1991). Structure and composition of calcified roots, and their identification in calcareous soils. *Geoderma*, 50, 197–210.
- Janssen, K. (2004). X-ray based methods of analysis. In *Non-destructive micro analysis of cultural heritage materials* (Vol. 42). Elsevier.

- Jaubert, J., Verheyden, S., Genty, D., Soulier, M., Cheng, H., Blamart, D., Burlet, C., Camus, H., Delaby, S., Deldicque, D., Edwards, R. L., Ferrier, C., Lacrampe-Cuyaubère, F., Lévêque, F., Maksud, F., Mora, P., Muth, X., Régner, É., Rouzaud, J.-N., & Santos, F. (2016). Early Neanderthal constructions deep in Bruniquel Cave in southwestern France. *Nature*, 534(7605), 111–114.
- Jelinek, A. J., Farrand, W. R., Haas, G., Horowitz, A., & Goldberg, P. (1973). New excavations at the Tabun Cave, Mount Carmel, Israel, 1967-1972: a preliminary report. *Paléorient*, 151-183.
- Jenkins, R., Gould, R. W., & Gedcke, D. (1981). *Quantitative X-Ray Spectrometry*. Marcel Dekker.
- Karkanas, P. (2001). Site formation processes in Theopetra Cave: A record of climatic change during the Late Pleistocene and Early Holocene in Thessaly, Greece. *Geoarchaeology*, 16(4), 373–399.
- Karkanas, P. (2006). Late Neolithic household activities in marginal areas: The micromorphological evidence from the Kouveleiki caves, Peloponnese, Greece. *Journal of Archaeological Science*, 33(11), 1628–1641.
- Karkanas, P., Bar-Yosef, O., Goldberg, P., & Weiner, S. (2000). Diagenesis in Prehistoric Caves: The Use of Minerals that Form In Situ to Assess the Completeness of the Archaeological Record. *Journal of Archaeological Science*, 27(10), 915–929.
- Karkanas, P., Koumouzelis, M., Kozłowski, J. K., Sitlivy, V., Sobczyk, K., Berna, F., & Weiner, S. (2004). The earliest evidence for clay hearths: Aurignacian features in Klisoura Cave 1, southern Greece. *Antiquity*, 78(301), 513–525.
- Karkanas, P., Kyparissi-Apostolika, N., Bar-Yosef, O., & Weiner, S. (1999). Mineral Assemblages in Theopetra, Greece: A Framework for Understanding Diagenesis in a Prehistoric Cave. *Journal of Archaeological Science*, 26(9), 1171–1180.
- Karkanas, P., & Goldberg, P. (2010a). Phosphatic Features. In *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths* (pagg. 521–541). Elsevier.
- Karkanas, P., & Goldberg, P. (2010b). Site formation processes at Pinnacle point Cave 13B (Mossel Bay, Western Cape Province, South Africa): Resolving stratigraphic and depositional complexities with micromorphology. *Journal of Human Evolution*, 59(3), 256–273.
- Karkanas, P., & Goldberg, P. (2017). Cave settings. In S. G. Allan (A c. Di), *Encyclopedia of Geoarchaeology* (pagg. 108–118). Springer.
- Karkanas, P., & Goldberg, P. (2018). *Reconstructing Archaeological Sites: Understanding the Geoarchaeological Matrix*. John Wiley & Sons.
- Kourampas, N., Simpson, I. A., Perera, N., Deraniyagala, S. U., & Wijeyapala, W. H. (2009). Rockshelter sedimentation in a dynamic tropical landscape: Late Pleistocene–Early Holocene archaeological deposits in Kitulgala Beli-lena, southwestern Sri Lanka. *Geoarchaeology: An International Journal*, 24(6), 677–714.
- Kovda, I., & Mermut, A. R. (2018). Vertic features. In G. Stoops, V. Marcellino, & F. Mees (A c. Di), *Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths* (pagg. 605–632). Elsevier.
- Krajcarz, M., & Krajcarz, M. T. (2019). Post-depositional bone destruction in cave sediments: A micromorphological study of the MIS 5a-d cave bear strata of Biśnik Cave, Poland: Post-depositional bone destruction in cave sediments. *Journal of Quaternary Science*, 34(2), 138–152.
- Krajcarz, M. T., Cyrek, K., Krajcarz, M., Mroczek, P., Sudół, M., Szymanek, M., Tomek, T., & Madeyska, T. (2016). Loess in a cave: Lithostratigraphic and correlative value of loess and loess-like layers in caves from the Kraków-Częstochowa Upland (Poland). *Quaternary International*, 399, 13–30.
- Kramar, U. (2000). X-ray fluorescence spectrometers. In J. C. Lindon, G. E. Tranter, & J. L. Holmes (A c. Di), *Encyclopedia of spectroscopy and spectrometry* (Vol. 3, pagg. 2467–2477). Academic Press.
- Krumbein, W. C., & Sloss, L. L. (1963). *Stratigraphy and sedimentation* (2a ed.). W.H. Freeman & Co.
- Kubiena, W. L. (1938). *Micropedology*. Collegiate Press, Inc. Ames.
- Kubiena, W. L. (1953). *The soils of Europe*, Murby & Co.

- Kuhn, S. L., Stiner, M. C., Güleç, E., Özer, I., Yılmaz, H., Baykara, I., Açıkkol, A., Goldberg, P., Molina, K. M., Ünay, E., & Suata-Alpaslan, F. (2009). The early Upper Paleolithic occupations at Üçağızlı Cave (Hatay, Turkey). *Journal of Human Evolution*, 56(2), 87–113.
- Lanteaume, M. (1968). *Contribution à l'étude géologique des Alpes Maritimes franco-italiennes*.
- Laplace, G. (1977). Il riparo Mochi ai Balzi Rossi di Grimaldi (fouilles 1938-1949). Les industries leptolithiques. *Rivista di Scienze Preistoriche*, 32, 3–131.
- Laville, H., Rigaud, J. P., & Sackett, J. (1980). *Rock shelters of the Perigord: Geological stratigraphy and archaeological succession*. Academic Press.
- Leach, E. K. (1992). On the definition of Geoarchaeology. *Geoarchaeology*, 7(5), 405–417.
- Lemoine, M., Bas, T., Arnaud-Vanneau, A., Arnaud, H., Dumont, T., Gidon, M., Bourbon, M., de Graciansky, P.-C., Rudkiewicz, J.-L., & Megard-Galli, J. (1986). The continental margin of the Mesozoic Tethys in the Western Alps. *Marine and petroleum geology*, 3(3), 179–199.
- Lenoble, A., Bertran, P., & Lacrampe, F. (2008). Solifluction-induced modifications of archaeological levels: Simulation based on experimental data from a modern periglacial slope and application to French Palaeolithic sites. *Journal of Archaeological Science*, 35(1), 99–110.
- Leonardi, P. (1935). *I molluschi pleistocenici della Barma Grande*. Istituto Italiano di Paleontologia Umana.
- Leroi-Gourhan, A. (1984). *Pincevent: Campement magdalénien de chasseurs de Rennes*. FeniXX.
- Lindbo, D. L., Stolt, M. H., & Vepraskas, M. J. (2010). Redoximorphic Features. In *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths* (pagg. 129–147). Elsevier.
- Lindholm, R. C. (1987). *A Practical Approach to Sedimentology*. Springer Netherlands.
- Liu, W., Zhou, C., Liu, Z., Yang, C., & Brancelj, A. (2017). The temperature variation in an epikarstic cave and its impact factors: A case from Velika Pasica Cave, Central Slovenia. *Arabian Journal of Geosciences*, 10(1).
- Lo Porto, G. F. (1957). Tracce del «Musteriano Alpino» in una grotta del Monfenera, presso Borgosesia. *Rivista di Studi Liguri, Anno XXIII*, 286–293.
- López-González, F., Grandal-d'Anglade, A., & Vidal-Romaní, J. R. (2006). Deciphering bone depositional sequences in caves through the study of manganese coatings. *Journal of Archaeological Science*, 33(5), 707–717.
- Lyman, R. L., & O'Brien, M. J. (1999). Americanist stratigraphic excavation and the measurement of culture change. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 6(1), 55–108.
- Macleod, D. A. (1980). The origin of the red Mediterranean soils in Epirus, Greece. *Journal of Soil Science*, 31(1), 125–136.
- Macphail, R. I., Courty, M. A., Hather, J., Wattez, J., Ryder, M., Cameron, N., & Branch, N. P. (1997). The soil micromorphological evidence of domestic occupation and stabling activities. *Arene Candide: a functional and environmental assessment of the Holocene sequence (Excavations Bernabò Brea-Cardini 1940–50)*. *Memorie dell'Istituto Italiano di Paleontologia Umana, Roma*, 53–88.
- Macphail, R. I., & Goldberg, P. (2003). Gough's cave, Cheddar, Somerset: Microstratigraphy of the Late Pleistocene/earliest Holocene sediments. *Bulletin of the Natural History Museum: Geology Series*, 58(S1), 51–58.
- Macphail, R. I., & Goldberg, P. (2017). *Applied Soils and Micromorphology in Archaeology*. Cambridge University Press.
- Mallol, C., Cabanes, D., & Baena, J. (2010). Microstratigraphy and diagenesis at the upper Pleistocene site of Esquilieu Cave (Cantabria, Spain). *Quaternary International*, 214(1–2), 70–81.
- Mallol, C., & Goldberg, P. (2017). Cave and Rock Shelter Sediments. In Cristiano Nicosia & G. Stoops (A c. Di), *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology* (pagg. 359–381). John Wiley & Sons, Ltd.
- Mandel, R. D., Goldberg, P., & Holliday, V. T. (2017). Site formation processes. In A. S. Gilbert (A c. Di), *Encyclopedia of geoarchaeology* (pagg. 797–817). Springer Netherlands.

- Mandel, R. D., & Simmons, A. H. (1997). Geoarchaeology of the Akrotiri Aetokremnos rockshelter, Southern Cyprus. *Geoarchaeology*, 12(6), 567–605.
- Manini Calderini, O. (1978). Incisioni sui massi in Valsesia (Monte Fenera e Valduggia). *Bulletin d'Etudes Préhistoriques Alpines Aosta*, 10, 85–94.
- Mantler, M., & Schreiner, M. (2000). X-ray fluorescence spectrometry in art and archaeology. *X-Ray Spectrometry: An International Journal*, 29(1), 3–17.
- Marks, A. E., Brugal, J.-P., Chabai, V. P., Monigal, K., Goldberg, P., Hockett, B., Peman, E., Elorza, M., & Mallol, C. (2002). Le gisement pléistocène moyen de Galeria Pesada (Estrémadure, Portugal): Premiers résultats. *PALEO. Revue d'archéologie préhistorique*, 14, 77–100.
- Martínez-Moreno, J., Mora Torcal, R., Roy Sunyer, M., & Benito-Calvo, A. (2016). From site formation processes to human behaviour: Towards a constructive approach to depict palimpsests in Roca dels Bous. *Quaternary International*, 417, 82–93.
- Martins, A. A., Cunha, P. P., Rosina, P., Osterbeek, L., Cura, S., Grimaldi, S., Gomes, J., Buylaert, J.-P., Murray, A. S., & Matos, J. (2010). Geoarchaeology of Pleistocene open-air sites in the Vila Nova da Barquinha-Santa Cita area (Lower Tejo River basin, central Portugal). *Proceedings of the Geologists' Association*, 121(2), 128–140.
- McAnany, P., & Hodder, I. (2009). Thinking about archaeological excavation in reflexive terms. *Archaeological Dialogues*, 16(1), 41–49.
- McManus, J. (1988). Grain size determination and interpretation. In M. E. Tucker (A c. Di), *Techniques, in sedimentology* (Blackwell Scientific Publications, pagg. 63–85).
- Mills, B. J., & Vega-Centeno, R. (2005). Sequence and stratigraphy. In H. D. G. Maschner & C. Chippindale (A c. Di), *Handbook of archaeological methods* (Vol. 1, pagg. 176–215). AltaMira Press.
- Mottura, A. (1990). Paleolitico dei terrazzi pleistocenici astigiani: Le industrie litiche. *Il Quaternario*, 3, 95–118.
- Mottura, A. (1992). *Notizia preliminare su ritrovamenti del paleolitico antico nella valle del Tanaro (CN). Un approccio al problema dei valichi alpini. Biogeographia—The Journal of Integrative Biogeography*, 16(1).
- Mücher, H. J. (1974). Micromorphology of slope deposits: The necessity of a classification. *Soil Microscopy Proceedings of the International Working Meeting on Soil Micromorphology*.
- Mussi, M. (1991). L'utilisation de la stéatite dans les grottes des Balzi Rossi (ou grottes de Grimaldi). *Gallia préhistoire*, 33(1), 1–16.
- Mussi, M., Cinq-Mars, J., & Bolduc, P. (2008). I Balzi Rossi alla Belle Epoque tra scoperte, polemiche, interessi e veleni. *La nascita della Paleontologia in Liguria: personaggi, scoperte e collezioni tra XIX e XX secolo, Atti del Convegno (Finale Ligure Borgo, 22-23 settembre 2006)*, 183–196.
- NACSN (A c. Di). (2005). North American stratigraphic code. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 89(11), 1547–1591.
- Nash, D. T., & Petraglia, M. D. (1987). *Natural formation processes and the archaeological record: Present problems and future requisites*, BAR.
- Negrino, F. (1994). *L'industria litica del Paleolitico Medio-Superiore dell'Area dell'Ex-Birreria—Balzi Rossi di Grimaldi, Ventimiglia (IM)*. Tesi di Laurea. Università di Pisa.
- Negrino, F. (2002a). *Modificazioni tecno-tipologiche ed utilizzo delle materie nell'Appennino tosco-emiliano e nell'arco ligure tra Paleolitico medio recente e Paleolitico superiore antico*. Tesi di Dottorato. Dottorato di Ricerca in Archeologia Preistorica. XIII Ciclo. Università di Roma "La Sapienza".
- Negrino, F. (2002b). Ritrovamenti paleo-mesolitici in Valle Lagorara e nell'alta Val di Vara. *Archeologia in valle lagorara, Origines, IIPP, Firenze*, 357–364.
- Negrino, F. (2005). Riparo Bombrini, Balzi Rossi (Ventimiglia, IM): La campagna 2005. *Ligures*, 3, 194–196.
- Negrino, F., Martini, S., Ottomano, C., & Del Lucchese, A. (2005). Palaeolithic evidence for quarrying activity at "I Ciotti" (Mortola Superiore, Ventimiglia, Imperia, Italy). *Stone Age - Mining Age*, 19, 185–191.

- Negrino, F., & Riel-Salvatore, J. (2018). From Neanderthals to Anatomically Modern Humans in Liguria (Italy): The current state of knowledge. In *Palaeolithic Italy: Advanced studies on early human adaptations in the Apennine peninsula* (pagg. 161–181). Sidestone Press.
- Negrino, F., & Tozzi, C. (2008). Il paleolitico in Liguria. *Bulletin du Musée d'anthropologie préhistorique de Monaco, suppl. 1*, 21–28.
- Nesse, W. D. (2013). *Introduction to optical mineralogy* (4a ed.). Oxford University Press.
- Nichols, G. (2009). *Sedimentology and stratigraphy* (2a ed.). Wiley-Blackwell.
- Nicosia, C. (2018). Geoarchaeology. In *The Encyclopedia of Archaeological Sciences* (pagg. 1–5). American Cancer Society.
- Nicosia, C., & Stoops, G. (A c. Di). (2017). *Archaeological soil and sediment micromorphology*. Wiley Blackwell.
- Nicosia, C., Trombino, L., & Stoops, G. (2010). Traduzione italiana della terminologia presente in «Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections» (Stoops, 2003). *Il Quaternario. Italian Journal of Quaternary Sciences*, 23(1), 15–19.
- Ntinou, M., & Tsartsidou, G. (2017). Domestic and ritual use of plants and fuels in the neolithic cave of Alepotrypa, southern Peloponnese, Greece: The wood charcoal and phytolith evidence. *Quaternary International*, 457, 211–227.
- Obradovic, M. (2011). *Integrated Geophysical Survey at the archaeological site of Ciota Ciara, (Borgosesia, Italy)*. Tesi di Laurea. Università di Ferrara.
- Octobon, F. C. E. (1952). Contribution a l'étude des couches superieures de la Barma-grande. *Cahiers de Préhistoire et d'Archéologie*, 1, 3–28.
- Paddayya, K. (2014). New Archaeology, Development of. In Claire Smith (A c. Di), *Encyclopedia of Global Archaeology* (pagg. 5256–5269). Springer New York.
- Palma di Cesnola, A. (1993). *Il Paleolitico superiore in Italia: Introduzione allo studio*. Garlatti & Razzai.
- Palma di Cesnola, A. & Mallegni, F (2001). *Il Paleolitico inferiore e medio in Italia*. Museo fiorentino di preistoria «Paolo Graziosi».
- Panizza, M. (1995). *Geomorfologia*. Pitagora Editrice.
- Pansu, M., & Gautheyrou, J. (2006). *Handbook of soil analysis: Mineralogical, organic and inorganic methods*. Springer.
- Parés, J. M., Álvarez, C., Sier, M., Moreno, D., Duval, M., Woodhead, J. D., Ortega, A. I., Campaña, I., Rosell, J., Bermúdez de Castro, J. M., & Carbonell, E. (2018). Chronology of the cave interior sediments at Gran Dolina archaeological site, Atapuerca (Spain). *Quaternary Science Reviews*, 186, 1–16.
- Parona, C. F. (1886). *Valsesia e Lago d'Orta: descrizione geologica*. Atti della Società Italiana di Scienze Naturali (Vol. 29), 141–297, Bologna, Forni, 1973.
- Pasquini, C., Lualdi, A., & Vercesi, P. L. (2001). Analisi di un sistema deposizionale costiero eocenico nei dintorni di Ventimiglia (Alpi Marittime italo-francesi). *Atti ticinesi di Scienze della Terra*, 42, 23–36.
- Pearsons, M. L. (1997). X-ray methods. In G. W. Ewing (A c. Di), *Analytical instrumentation handbook*. Marcel Dekker.
- Pedraza, J. (1996). *Geomorfología: Principios, métodos y aplicaciones*.
- Perry, C., & Taylor, K. (A c. Di). (2007). *Environmental sedimentology*. Blackwell Pub.
- Petraglia, M. D., & Nash, D. T. (1987). The impact of fluvial processes on experimental sites. In D. T. Nash & M. D. Petraglia (A c. Di), *Natural formation processes and the archaeological record* (pagg. 108–130). BAR.
- Pettijohn, F. J. (1954). Classification of sandstones. *The Journal of Geology*, 62(4), 360–365.
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E., & Siever, R. (2012). *Sand and sandstone*. Springer Science & Business Media.

- Pickering, R., Hancox, P. J., Lee-Thorp, J. A., Grün, R., Mortimer, G. E., McCulloch, M., & Berger, L. R. (2007). Stratigraphy, U-Th chronology, and paleoenvironments at Gladysvale Cave: Insights into the climatic control of South African hominin-bearing cave deposits. *Journal of Human Evolution*, 53(5), 602–619.
- Pollard, A. M., Batt, C. M., Stern, B., & Young, S. M. M. (2007). *Analytical Chemistry in Archaeology*. Cambridge University Press.
- Quick, J. E., Sinigoi, S., Snoke, A. W., Kalakay, T. J., Mayer, A., & Peressini, G. (2003). *Geologic map of the southern Ivrea-Verbano zone, northwestern Italy (1–2776; Geologic Investigations Series)*.
- Rapp, G. R., & Hill, C. L. (1998). *Geoarchaeology: The Earth Science Approach to Archaeological Interpretation*. Yale University Press.
- Rapp, G. R., & Hill, C. L. (2006). *Geoarchaeology: The earth-science approach to archaeological interpretation*. Yale University Press.
- Reading, H. G. (2009). *Sedimentary environments: Processes, facies and stratigraphy*. John Wiley & Sons.
- Reid, J. J., Schiffer, M. B., & Rathje, W. L. (1975). Behavioral Archaeology: Four Strategies. *American Anthropologist*, 77(4), 864–869.
- Reineck, H.-E., & Singh, I. B. (1986). *Depositional sedimentary environments: With reference to terrigenous clastics (2a ed.)*. Springer.
- Renfrew, C. (1976). Archaeology and the earth sciences. In D. A. Davidson & M. L. Shackley (A c. Di), *Geoarchaeology: Earth science and the past* (pagg. 1–5). Duckworth.
- Renfrew, C., & Bahn, P. G. (2016). *Archaeology: Theories, methods and practice (7a ed.)*. Thames & Hudson.
- Renfrew, C., & Bahn, P. G. (2005). *Archaeology: The Key Concepts*. Routledge.
- Ricci Lucchi, F. (1980a). *Sedimentologia. Parte I. Materiali e Tessiture dei Sedimenti* (Vol. 1). CLUEB.
- Ricci Lucchi, F. (1980b). *Sedimentologia: Parte III. Ambienti sedimentarie e facies* (Vol. 3). CLUEB.
- Rick, J. W. (1976). Downslope movement and archaeological intrasite spatial analysis. *American Antiquity*, 41(2), 133–144.
- Rick, T. C., Erlandson, J. M., & Vellanoweth, R. L. (2006). Taphonomy and site formation on California's Channel Islands. *Geoarchaeology: An International Journal*, 21(6), 567–589.
- Riel-Salvatore, J. (2010). A niche construction perspective on the middle–upper paleolithic transition in Italy. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 17(4), 323–355.
- Riel-Salvatore, J., & Barton, C. M. (2007). New quantitative perspectives on the Middle-Upper Paleolithic transition: The view from the northern Mediterranean. In J. Riel-Salvatore & G. A. Clark (A c. Di), *Transitions great and small: New approaches to the study of early upper Paleolithic «Transitional» Industries in western Eurasia* (pagg. 61–74). Archaeopress.
- Riel-Salvatore, J., Ludeke, I. C., Negrino, F., & Holt, B. M. (2013). A spatial analysis of the late mousterian levels of Riparo Bombrini (Balzi Rossi, Italy). *Canadian Journal of Archaeology*, 37(1), 70–92.
- Riel-Salvatore, J., & Negrino, F. (2018). Proto-Aurignacian Lithic Technology, Mobility, and Human Niche Construction: A Case Study from Riparo Bombrini, Italy. In E. Robinson & F. Sellet (A c. Di), *Lithic Technological Organization and Paleoenvironmental Change* (Vol. 9, pagg. 163–187). Springer International Publishing.
- Rodolfi, G., & Cremaschi, M. (1991). *Il Suolo. Pedologia delle scienze della terra e nella valutazione del territorio*. La Nuova Italia Scientifica.
- Rodríguez-Vidal, J., Cáceres, L. M., Finlayson, J. C., Gracia, F. J., & Martínez-Aguirre, A. (2004). Neotectonics and shore-line history of the Rock of Gibraltar, southern Iberia. *Quaternary Science Reviews*, 23(18), 2017–2029.
- Rolland, N. (2004). Was the emergence of home bases and domestic fire a punctuated event? A review of the Middle Pleistocene record in Eurasia. *Asian perspectives*, 248–280.

- Rossoni-Notter, E., Notter, O., & Simon, P. (2017). Mousterian in Balzi Rossi (Ventimiglia, Liguria, Italy): New insights and old collections. *Quaternary International*, 435, 21–57.
- Rossoni-Notter, E., Notter, O., Simone, S., & Simon, P. (2016). Acheulean technical behaviors in Aldène cave (Cesseras, Hérault, France). *Quaternary International*, 409, 149–173.
- Rossoni-Notter, E., & Simon, P. (2016). Pétroarchéologie et techno-économie: Pour une valorisation des collections moustériennes des Balzi Rossi (Grimaldi, Vintimille, Ligurie, Italie). *Actes de la journée de la Société Préhistorique Française de Nice, 28-29 mars 2013*, 5, 145–175.
- Rovere, A., Raymo, M. E., Vacchi, M., Lorscheid, T., Stocchi, P., Gómez-Pujol, L., Harris, D. L., Casella, E., O'Leary, M. J., & Hearty, P. J. (2016). The analysis of Last Interglacial (MIS 5e) relative sea-level indicators: Reconstructing sea-level in a warmer world. *Earth-Science Reviews*, 159, 404–427.
- Rubat Borel, F., Arzarello, M., Buonsanto, C., & Daffara, S. (2013). San Carlo Canavese-San Francesco al Campo, località Vauda. Reperti litici del Paleolitico medio. *Quaderni della Soprintendenza Archeologica del Piemonte*, 28, 265–268.
- Rubat Borel, F., Berruti, G. L. F., Arnaud, J., Arzarello, M., Belo, J., Berruto, G., Berte, D., Caracausi, S., Daffara, S., & Ferreira, C. (2016). Nuovi dati sul Paleolitico medio piemontese. Prospezioni geoarcheologiche nelle Baragge biellesi. *Quaderni della Soprintendenza Archeologica del Piemonte*, 31, 219–222.
- Sacco, F. (1930). *Il Glacialismo nelle Valli Sesia, Strona, Anza e nell'Ossola* (Vol. IV). Ministero dei Lavori Pubblici - Servizio Idrografico.
- Santisteban, J. I., Mediavilla, R., López-Pamo, E., Dabrio, C. J., Blanca Ruiz Zapata, M., José Gil García, M., Castaño, S., & Martínez-Alfaro, P. E. (2004). Loss on ignition: A qualitative or quantitative method for organic matter and carbonate mineral content in sediments? *Journal of Paleolimnology*, 32(3), 287–299.
- Saric, J. (2011). Lower paleolithic site Kremenac near the village Rujnik (Serbia). *Starinar*, 61, 7–31.
- Sarkar, D., & Haldar, A. (2005). *Physical and chemical methods in soil analysis: Fundamental concepts of analytical chemistry and instrumental techniques*. New Age International.
- Sasowsky, I. D. (2004). Sediments: Autochthonous clastic. In J. Gunn (A c. Di), *Encyclopedia of Caves and Karst Science* (pagg. 1353–1356). Fitzroy Dearborn.
- Sasowsky, I. D., & Mylroie, J. (A c. Di). (2007). *Studies of cave sediments: Physical and chemical records of paleoclimate*. Springer.
- Schaetzl, R. J., & Anderson, S. (2005). *Soils: Genesis and Geomorphology*. Cambridge University Press.
- Schiegl, S., Goldberg, P., Bar-Yosef, O., & Weiner, S. (1996). Ash Deposits in Hayonim and Kebara Caves, Israel: Macroscopic, Microscopic and Mineralogical Observations, and their Archaeological Implications. *Journal of Archaeological Science*, 23(5), 763–781.
- Schiffer, M. B. (1972). Archaeological Context and Systemic Context. *American Antiquity*, 37(02), 156–165.
- Schiffer, M. B. (1976). *Behavioral archeology*. Academic Press.
- Schiffer, M. B. (1987). *Formation processes of the archaeological record*. University of Utah Press.
- Schiffer, M. B. (1995). *Behavioral archaeology: First principles*. University of Utah Press.
- Schoch, R. M. (1989). *Stratigraphy: Principles and methods*. Van Nostrand Reinhold.
- Schuldenrein, J. (2001). Stratigraphy, sedimentology, and site formation at Konispol Cave, Southwest Albania. *Geoarchaeology*, 16(5), 559–602.
- Schwarcz, H. P., & Rink, W. J. (2001). Dating methods for sediments of caves and rockshelters with examples from the Mediterranean Region. *Geoarchaeology*, 16(4), 355–371.
- Sciunnach, D. (2007). Radiolariti del Selcifero Lombardo. In *Carta Geologica d'Italia 1:50.000—Catalogo delle Formazioni, Unità tradizionali* (Vol. 7, Fasc. VII, pagg. 147–157). Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.
- Selby, M. J. (1993). *Hillslope materials and processes*. Oxford University Press.

- Shahack-Gross, R. (2017). Archaeological formation theory and geoarchaeology: State-of-the-art in 2016. *Journal of Archaeological Science*, 79, 36–43.
- Shahack-Gross, R., Berna, F., Karkanas, P., Lemorini, C., Gopher, A., & Barkai, R. (2014). Evidence for the repeated use of a central hearth at Middle Pleistocene (300 ky ago) Qesem Cave, Israel. *Journal of Archaeological Science*, 44, 12–21.
- Shepard, F. P. (1954). Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentary Research*, 24(3), 151–158.
- Sherwood, S. C. (2001). *The geoarchaeology of Dust Cave: A late Paleoindian through middle Archaic site in the western middle Tennessee River valley* [PhD Thesis]. University of Tennessee, Knoxville.
- Sherwood, S. C., Driskell, B. N., Randall, A. R., & Meeks, S. C. (2004). Chronology and stratigraphy at dust cave, Alabama. *American Antiquity*, 69(3), 533–554.
- Shroder, J. F. (A c. Di). (2013). *Treatise on Geomorphology* (Vol. 1–14). Academic Press.
- Simkiss, K., & Wilbur, K. M. (1989). *Biomineralization. Cell Biology and Mineral Deposition*. Academic Press.
- Simon, P. (2008). Les Grottes des Balzi Rossi: Historique des découvertes. *La nascita della paleontologia in Liguria: personaggi, scoperte e collezioni tra XIX e XX secolo. Atti del Convegno, Bordighera*, 171.
- Simone, S. (1997). L'attività scientifica del Musée d'Anthropologie préhistorique de Monaco aux Rochers-Rouges (grotte du Prince). In *Balzi Rossi, 1846-1996, 150 anni di preistoria tra collezionismo e indagine scientifica*. Istituto Internazionale di Studi Liguri, Comune di Ventimiglia, Museo archeologico Girolamo Rossi, 24.
- Sinclair, H. D. (1997). Tectonostratigraphic model for underfilled peripheral foreland basins: An Alpine perspective. *Geological Society of America Bulletin*, 109(3), 324–346.
- Società Italiana Scienza del Suolo (A c. Di). (1985). *Metodi normalizzati di analisi del suolo*. Edagricole.
- Springer, G. S. (2012). Clastic sediments in caves. In D. C. Culver & W. B. White (A c. Di), *Encyclopedia of Caves* (pagg. 134–140). Academic Press.
- Stein, J. K. (1987). Deposits for Archaeologists. *Advances in Archaeological Method and Theory*, 11, 337–395.
- Stein, J. K. (2000). Stratigraphy and archaeological dating. In *It's About Time: A History of Archaeological Dating in North America* (pagg. 14–40). University of Utah Press.
- Stein, J. K. (2001). A review of site formation processes and their relevance to geoarchaeology. In *Earth sciences and archaeology* (pagg. 37–51). Kluwer Academic / Plenum Publishers.
- Stein, J. K. (2001). Archaeological sediments in cultural environments. In J. K. Stein & W. R. Farrand (A c. Di), *Sediments in archaeological context* (pagg. 1–28). Utah Press.
- Stein, J. K., & Farrand, W. R. (2001). *Sediments in archaeological context*. Utah Press.
- Stein, J. K., & Holliday, V. T. (2017). Archaeological Stratigraphy. In A. S. Gilbert (A c. Di), *Encyclopedia of Geoarchaeology* (pagg. 33–39). Springer Netherlands.
- Stein, J. K., & Linse, A. R. (A c. Di). (1993). *Effects of Scale on Archaeological and Geoscientific Perspectives*. Geological Society of America.
- Stephens, M., Rose, J., & Gilbertson, D. D. (2017). Post-depositional alteration of humid tropical cave sediments: Micro-morphological research in the Great Cave of Niah, Sarawak, Borneo. *Journal of Archaeological Science*, 77, 109–124.
- Stiner, M. C., Arsebük, G., & Howell, F. C. (1996). Cave bears and paleolithic artifacts in Yarimburgaz Cave, Turkey: Dissecting a palimpsest. *Geoarchaeology*, 11(4), 279–327.
- Stiner, M. C., Kuhn, S. L., Surovell, T. A., Goldberg, P., Meignen, L., Weiner, S., & Bar-Yosef, O. (2001). Bone Preservation in Hayonim Cave (Israel): A Macroscopic and Mineralogical Study. *Journal of Archaeological Science*, 28(6), 643–659.

- Stiner, M. C., Munro, N. D., & Starkovich, B. M. (2012). Material input rates and dietary breadth during the Upper Paleolithic through Mesolithic at Franchthi and Klissoura 1 Caves (Peloponnese, Greece). *Quaternary International*, 275, 30–42.
- Stoops, G. (2003). *Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections*. Soil Science of America Inc.
- Stoops, G., & Jongerius, A. (1975). Proposal for a micromorphological classification of soil materials. I. A classification of the related distributions of fine and coarse particles. *Geoderma*, 13(3), 189–199.
- Stoops, G., Marcelino, V., & Mees, F. (2018). *Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths* (2a ed.). Elsevier.
- Straus, L. G. (1979). Caves: A palaeoanthropological resource. *World Archaeology*, 10(3), 331–339.
- Straus, L. G. (1997). Convenient cavities: Some human uses of caves and rockshelters. In C. Bonsall & C. Tolan-Smith (A c. Di), *The Human Use Of Caves* (Vol. 667, pagg. 1–8). Archaeopress.
- Stringer, C. (2002). Modern human origins: Progress and prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 357(1420), 563–579.
- Strobino, F. (1981). *Preistoria in Valsesia. Studi sul Monte Fenera*, Editrice Z.
- Strobino, F. (1992). Nota sulla cronistoria delle ricerche sul Monte Fenera dalle origini agli anni sessanta, prospettive per le future indagini. *Periodico Annuale Società Valsesiana di Cultura*, III, 7–14.
- Sturani, C. (1975). *Explanatory notes on the Western Alps (from the Sestri-Voltaggio Line to the Val d'Ossola). Structural model of Italy; maps and explanatory notes* (Vol. 90).
- Syvitski, J. P. (1991). *Principles, methods, and application of particle size analysis*. Cambridge University Press.
- Tagliacozzo, A., Zeppieri, F., Fiore, I., Spinapolice, E., & Del Lucchese, A. (2012). Archaeozoological evidence of subsistence strategies during the Gravettian at Riparo Mochi (Balzi Rossi, Ventimiglia, Imperia-Italy). *Quaternary international*, 252, 142–154.
- Tankersley, K. B. (1997). Sheriden: A Clovis cave site in eastern North America. *Geoarchaeology*, 12(6), 713–724.
- Testa, P. (2005). Il fenomeno carsico sul Monte Fenera. In R. Fantoni, R. Cerri, & E. Dellarole (A c. Di), *D'acqua e di pietra. Il Monte Fenera e le sue collezioni museali* (pagg. 152–163). Associazione Culturale ZEISCIU Centro Studi.
- Tite, M. S. (1991). Archaeological science – past achievements and future prospects. *Archaeometry*, 33(2), 139–151.
- Tixier, J., & Turq, A. (1999). Kombewa et alii. *Paléo, Revue d'Archéologie Préhistorique*, 11(1), 135–143.
- Tolan-Smith, C., & Bonsall, C. (A c. Di). (1997). *The human use of caves*. Archaeopress.
- Tomasso, A. (2014). *Territoires, systemes de mobilité et systemes de production: La fin du Paléolithique supérieur dans l'arc liguro-provençal*. *Archéologie et Préhistoire*. Tesi di Dottorato. Université Nice Sophia Antipolis.
- Torrent, J. (1995). *Genesis and properties of the soils of the Mediterranean regions*. Dipartimento di Scienze Chimico-Agrarie, Università degli Studi di Napoli Federico II.
- Trigger, B. G. (1989). *A history of archaeological thought*. Cambridge University Press.
- Tucker, M. E. (2009). *Sedimentary Petrology. An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks* (3a ed.). Blackwell Publishing Ltd.
- Uthmeier, T., & Chabai, V. (2018). Formation processes at sites with high-resolution sequences in the Crimean Middle Paleolithic: The Kabazi V rock shelter and the open-air site of Kabazi II compared. *Quaternary International*, 485, 44–67.
- Vagge, I. (1999). La diffusione del bioclima mediterraneo in Liguria (Italia Nord Occidentale). *Fitosociologia*, 36(1), 95–109.
- Valensi, P., Michel, V., El Guennouni, K., & Liouville, M. (2013). New data on human behavior from a 160,000 year old Acheulean occupation level at Lazaret cave, south-east France: An archaeozoological approach. *Quaternary International*, 316, 123–139.

- Valensi, P., & Psathi, E. (2004). Faunal Exploitation during the Middle Palaeolithic in south-eastern France and north-western Italy. *International Journal of Osteoarchaeology*, 14(34), 256–272.
- Van Andel, T. H. (1998). Paleosols, red sediments, and the Old Stone Age in Greece. *Geoarchaeology*, 13(4), 361–390.
- Van Steijn, H., Bertran, P., Francou, B., Texier, J.-P., & Hétu, B. (1995). Models for the genetic and environmental interpretation of stratified slope deposits: Review. *Permafrost and Periglacial Processes*, 6(2), 125–146.
- Van Steijn, H., van Brederode, L. E., & Goedheer, G. J. (1984). Stratified Slope Deposits of the grèze-litée Type in the Ardèche Region in the South of France. *Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography*, 66(4), 295.
- Van Vliet-Lanoë, B. (1982). Structures et microstructures associées à la formation de glace de ségrégation: Leurs conséquences. *Proceedings, Fourth Canadian Permafrost Conference, Roger Brown Memorial Volume*, 116–122.
- Van Vliet-Lanoë, B. (1985). Frost effects in soils. In J. Boardman (A c. Di), *Soils and Quaternary Landscape Evolution* (pagg. 117–158). Wiley.
- Van Vliet-Lanoë, B. (1998). Frost and soils: Implications for paleosols, paleoclimates and stratigraphy. *Catena*, 34(1–2), 157–183.
- Van Vliet-Lanoë, B. (2010). Frost Action. In Georges Stoops, V. Marcelino, & F. Mees (A c. Di), *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths* (pag. 81-108). Elsevier.
- Vanossi, M., Cortesogno, L., Galbiati, B., Messiga, B., Piccardo, G., & Vannucci, R. (1984). Geologia delle Alpi liguri: Dati, problemi, ipotesi. *Memorie della Società Geologica d'Italia*, 28, 5–75.
- Veres, D., Cosac, M., Schmidt, C., Murătoareanu, G., Hambach, U., Hubay, K., Wulf, S., & Karátson, D. (2018). New chronological constraints for Middle Palaeolithic (MIS 6/5-3) cave sequences in Eastern Transylvania, Romania. *Quaternary International*, 485, 103–114.
- Verneau, R. (1892). Nouvelle découverte de squelettes préhistoriques aux Baoussé-Roussé, près de Menton. *l'Anthropologie*, 3(1), 513.
- Verneau, R. (1894). Découverte d'un nouveau squelette humain dans une grotte des Baoussé-Roussé. *L'Anthropologie*, 5, 123–124.
- Vicino, G. (1972). Gli scavi preistorici nell'area dell'Ex-Casinò dei Balzi Rossi (nota preliminare). *Rivista Ingauna e Intemelia*, 27(1–4), 77–97.
- Vicino, G. (1974). La spiaggia tirreniana dei Balzi Rossi nei recenti scavi nella zona dell'ex-Casinò. *Atti XVI Riunione Scientifica Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria*, 75–84.
- Vicino, G. (1984). Lo scavo paleolitico al Riparo Bombrini (Balzi Rossi di Grimaldi, Ventimiglia). *Rivista Ingauna e Intemelia*, 39, 1–10.
- Vicino, G., & Mussi, M. (2011). Arte parietale ai Balzi Rossi: La Grotticella Blanc-Cardini (Ventimiglia, Imperia). *Origini*, 33, 21–38.
- Vietti, A. (2016). *Combined Electron Spin Resonance and U-series dating (ESR/U-series) of fossil tooth enamel: Application to dental remains from different Palaeolithic Italian sites*. Tesi di Laurea. Università degli Studi di Torino.
- Villa, G., & Giacobini, G. (1993). Borgosesia, Monte Fenera. Denti neandertaliani dalla Grotta Ciota Ciara. *Quad. della Soprintend. Archeol. del Piemonte*, 11, 300–302.
- Villa, G., & Giacobini, G. (2005). I resti umani neandertaliani del Monte Fenera. In R. Fantoni, R. Cerri, & E. Dellarole (A c. Di), *D'acqua e di pietra. Il Monte Fenera e le sue collezioni museali* (pagg. 234–328). Zeisciu.
- Villagran, X. S., Balbo, A. L., Madella, M., Vila, A., & Estevez, J. (2011). Experimental micromorphology in Tierra del Fuego (Argentina): Building a reference collection for the study of shell middens in cold climates. *Journal of Archaeological Science*, 38(3), 588–604.
- Villotte, S., & Henry-Gambier, D. (2010). The rediscovery of two Upper Palaeolithic skeletons from Baoussé da Torre cave (Liguria-Italy). *American Journal of Physical Anthropology*, 141, 3–6.

- Wadley, L., Sievers, C., Bamford, M., Goldberg, P., Berna, F., & Miller, C. (2011). Middle Stone Age bedding construction and settlement patterns at Sibudu, South Africa. *Science*, 334(6061), 1388–1391.
- Walker, W. H., & Schiffer, M. B. (2014). Behavioral Archaeology. In Claire Smith (A c. Di), *Encyclopedia of Global Archaeology* (pagg. 837–845). Springer New York.
- Warburton, D. (2003). *Archaeological Stratigraphy: A Near Eastern Approach*. Recherches et Publications.
- Waters, M. R. (1992). *Principles of geoarchaeology: A North American perspective*. University of Arizona Press.
- Watson, P. J., LeBlanc, S. A., & Redman, C. L. (1971). *Explanation in archaeology: An explicitly scientific approach*. Columbia University Press.
- Watson, P. J., LeBlanc, S. A., & Redman, C. L. (1984). *Archeological Explanation: The Scientific Method in Archeology*. Columbia University Press.
- Weiner, S. (2010). *Microarchaeology: Beyond the visible archaeological record*. Cambridge
- Weiner, S., Goldberg, P., & Bar-Yosef, O. (1993). Bone Preservation in Kebara Cave, Israel using On-Site Fourier Transform Infrared Spectrometry. *Journal of Archaeological Science*, 20(6).
- Weiner, S., Goldberg, P., & Bar-Yosef, O. (2002). Three-dimensional Distribution of Minerals in the Sediments of Hayonim Cave, Israel: Diagenetic Processes and Archaeological Implications. *Journal of Archaeological Science*, 29(11), 1289–1308.
- Wells, L. E. (2001). Archaeological sediments in coastal environments. In J. K. Stein & W. R. Farrand (A c. Di), *Archaeological Sediments in Context* (pagg. 149–982).
- Wentworth, C. K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of Geology*, 30(5), 377–392.
- Willey, G. R., & Sabloff, J. A. (1993). *A history of American Archaeology* (2a ed.). Thames & Hudson.
- Williams, H., Turner, F. J., & Gilbert, C. M. (1982). *Petrography: An introduction to the study of rocks in thin section* (2a ed.). W. H. Freeman and Company.
- Woodward, J. C., & Goldberg, P. (2001). *The Sedimentary Records in Mediterranean Rockshelters and Caves: Archives of Environmental Change*. 16(4), 327–354.
- Yaalon, D. H. (1997). Soils in the Mediterranean region: What makes them different? *CATENA*, 28(3–4), 157–169.
- Yassoglou, N., Kosmas, C., & Moustakas, N. (1997). The red soils, their origin, properties, use and management in Greece. *CATENA*, 28(3–4), 261–278.
- Yokoyama, Y. (1989). Direct gamma-ray spectrometric dating of Anteneandertalian and Neandertalian human remains. *Proceedings of the Second International Congress of Human Palaeontology, Turin (1987)*, 387–390.
- Zaidner, Y., Frumkin, A., Friesem, D., Tsatskin, A., & Shahack-Gross, R. (2016). Landscapes, depositional environments and human occupation at Middle Paleolithic open-air sites in the southern Levant, with new insights from Neshar Ramla, Israel. *Quaternary Science Reviews*, 138, 76–86.
- Zambaldi, M. (2015). *La Grotta della Ciota Ciara (Borgosesia, VC): Primi contributi per uno studio geoarcheologico*. Tesi di Laurea. Università di Ferrara.
- Zilhão, J. (2006). Neandertals and moderns mixed, and it matters. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 15(5), 183–195.
- Zilhão, J., Angelucci, D. E., Badal-Garcia, E., d’Errico, F., Daniel, F., Dayet, L., Douka, K., Higham, T. F. G., Martínez-Sánchez, M. J., Montes-Bernardez, R., Murcia-Mascaros, S., Pérez-Sirvent, C., Roldán-García, C., Vanhaeren, M., Villaverde, V., Wood, R., & Zapata, J. (2010). Symbolic use of marine shells and mineral pigments by Iberian Neandertals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(3), 1023–1028.

RINGRAZIAMENTI

Il presente lavoro di ricerca è stato svolto nell'ambito del Corso di Dottorato di Ricerca in "Culture d'Europa. Ambiente, spazi, storie, arti, idee" con sede amministrativa presso il Dipartimento di Lettere e Filosofia dell'Università degli Studi di Trento. Si ringraziano pertanto l'Università e il Dipartimento per aver reso disponibili i fondi e la strumentazione per le analisi effettuate. Per quanto concerne la discussione degli aspetti scientifici e la revisione del lavoro, lo scrivente è riconoscente al Prof. Diego E. Angelucci, alla Prof.ssa Marta Arzarello, al Prof. Mauro Cremaschi, al Prof. Fabio Negrino e al Prof. Andrea Zerboni. Si vogliono inoltre ringraziare: il dott. Umberto Tessari e il Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Ferrara per la realizzazione delle analisi sedimentologiche; il Prof. Josep Vallverdú Poch e l'unità di Ricerca in Geoarcheologia dell'Institut de Paleoecologia Humana i Evolució Social (IPHES, Tarragona, Spagna) per il supporto fornito nella preparazione delle sezioni sottili; il Prof. Christopher Miller e l'Istituto per le Scienze Archeologiche (INA) dell'Università di Tubinga (Germania) per l'accoglienza durante il periodo di ricerca all'estero e per aver consentito l'accesso alla loro dotazioni; il laboratorio "Servizi per la Geologia" di Massimo Sbrana (Piombino) per la preparazione della maggior parte delle sezioni sottili analizzate. Un ringraziamento sentito va inoltre a tutti coloro che qui non ho citato, ma che hanno contribuito alla riuscita della ricerca e mi hanno supportato durante questo percorso: sarò verso di voi sempre infinitamente grato

APPENDICI

APPENDICE I

RISULTATI DATAZIONI ESR/U

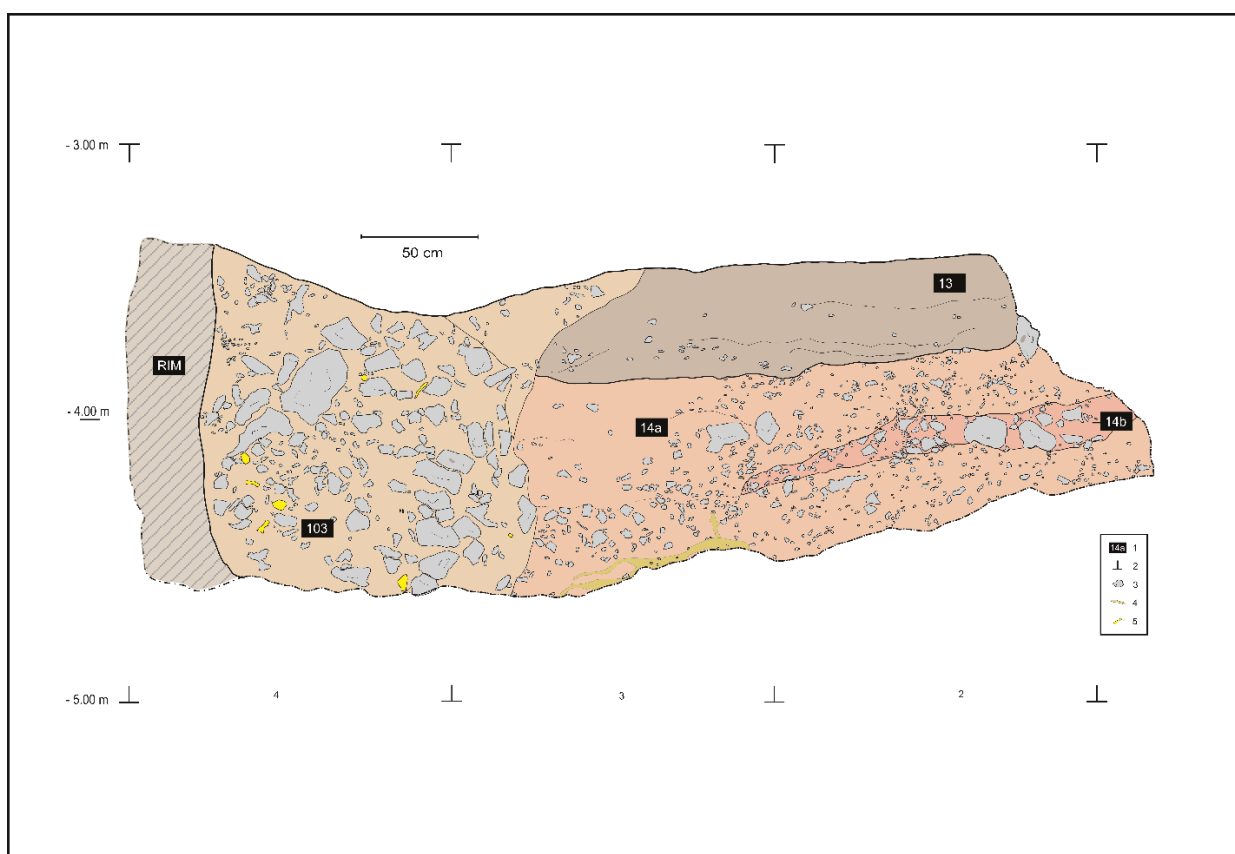
Risultati e datazioni ottenuti dalle analisi delle serie ESR/U dei tre campioni analizzati (da Vietti 2016:59–67, a cui si rimanda per ulteriori dettagli).

<i>Campione</i>		<i>U</i> (ppm)	<i>De</i> (Gy)	<i>Da</i> (μGy/a)	<i>U-uptake</i> <i>mo.</i> <i>parametri</i>	<i>Datazione</i> (ka)
CC073	d	50.25 ± 1.62	710 ± 38	2289 ± 253	AU	310 ± 30
	s	0.48 ± 0.04			US	
CC100	d	38.53 ± 1.38	466 ± 29	1586 ± 198	AU	294 ± 32
	s	0.13 ± 0.01			US	
CC203	d	55.33 ± 1.75	655 ± 38	2333 ± 401	US	281 ± 45
	s	0.73 ± 0.06				

Note: CC: Ciota Ciara; d: dentina, s: smalto; De: dose equivalente; Da: dose annua; U-uptake: assorbimento dell'uranio (U), mo.: modello in accelerazione (AU) e standard (SU)

<i>Campione</i>	<i>Unità</i>	²³⁸ U (ppm)	²³² Th (ppm)	⁴⁰ K (%)	<i>W</i> (%)
CC073 sed	US14	7.94 ± 0.09	8.35 ± 0.11	1.58 ± 0.01	14
CC100 sed	US14	4.79 ± 0.07	5.51 ± 0.09	1.14 ± 0.01	13
CC203 sed	US14	8.00 ± 0.18	7.60 ± 0.21	1.62 ± 0.03	16

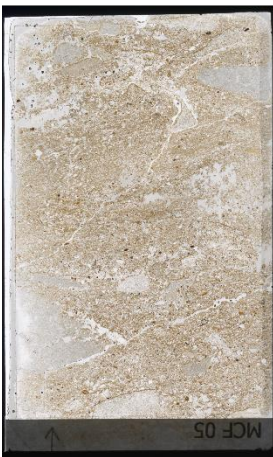
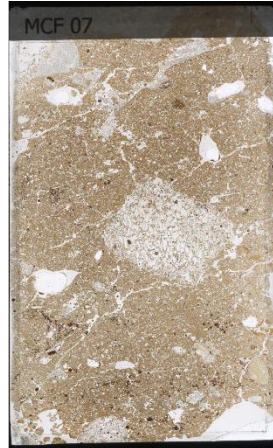
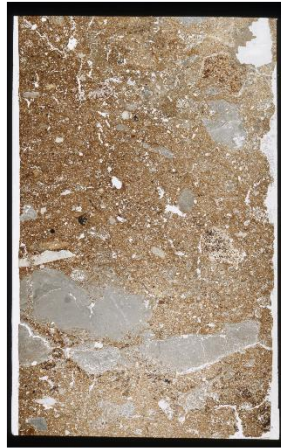
CIOTA CIARA. SEZIONE STRATIGRAFICA W



Ciota Ciara. Sezione stratigrafica lungo i QQ G4-G2, alla fine della campagna di scavo del 2014 (v. Zambaldi, 2015).
 Legenda: 1: unità; 2: limiti della griglia di scavo; 3: frammenti di roccia calcarea; 4: strutture sedimentarie (laminazioni); 5: frammenti di ossa. La quota si riferisce al sistema locale del sito. Il disegno non è stato aggiornato a causa della completa asportazione di questa parte del deposito.

APPENDICE III

CIOTA CIARA. SCANSIONI DELLE SEZIONI SOTTILI



APPENDICE IV

RISULTATI ANALISI XRF

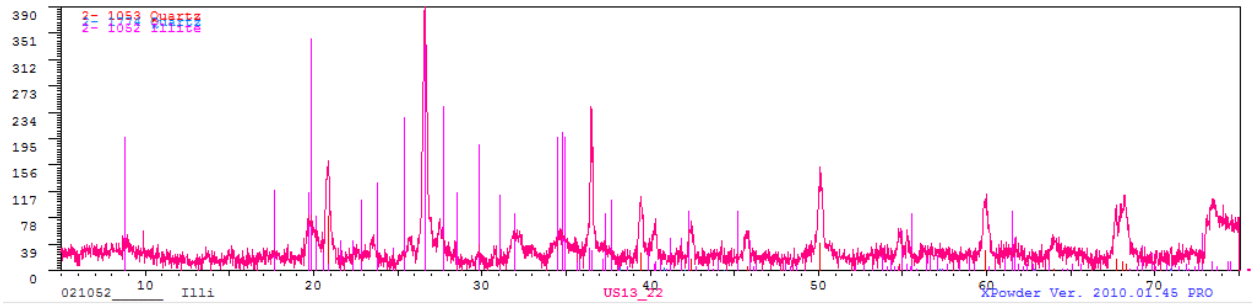
	C33	C30	C32	C23	C22	C28	C25	C26	C21
SiO2	74,15	60,00	71,62	67,16	61,08	61,82	46,05	49,41	61,19
TiO2	0,31	0,44	0,28	0,41	0,54	0,50	0,37	0,30	0,36
Al2O3	8,99	10,68	8,97	13,06	14,33	12,65	9,41	8,28	10,20
Fe2O3	4,28	5,37	4,06	5,16	6,75	5,74	3,24	2,66	4,03
MnO	0,05	0,26	0,05	0,10	0,15	0,21	0,15	0,12	0,13
MgO	3,35	7,65	4,91	5,30	6,29	6,76	21,95	18,91	10,92
CaO	6,10	13,74	8,16	5,04	7,17	8,90	21,78	18,20	11,01
Na2O	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K2O	2,19	2,71	2,25	3,04	2,97	2,99	1,78	2,12	2,71
P2O5	3,70	8,66	4,63	2,20	4,58	5,72	5,72	3,35	3,52
LOI	3,01	4,69	38,88	5,21	3,34	4,72	16,70	18,23	9,29
Totale	105,92	113,90	143,51	106,44	106,98	109,79	126,76	121,25	113,06
SiO2%	69,89	52,36	41,84	62,89	56,97	56,06	34,86	39,22	53,49
TiO2%	0,29	0,38	0,16	0,38	0,51	0,45	0,28	0,24	0,31
Al2O3%	8,47	9,32	5,24	12,23	13,36	11,47	7,12	6,57	8,92
Fe2O3%	4,04	4,68	2,37	4,84	6,29	5,20	2,45	2,12	3,52
MnO%	0,05	0,23	0,03	0,09	0,14	0,19	0,11	0,10	0,12
MgO%	3,16	6,68	2,87	4,96	5,87	6,13	16,61	15,01	9,54
CaO%	5,75	11,99	4,77	4,72	6,68	8,07	16,48	14,45	9,63
Na2O%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K2O%	2,06	2,37	1,32	2,85	2,77	2,71	1,35	1,68	2,37
P2O5%	3,49	7,56	2,71	2,06	4,28	5,19	4,33	2,66	3,07
LOI	3,01	4,69	38,88	5,21	3,34	4,72	16,70	18,23	9,29
Totale	100,21	100,26	100,19	100,23	100,21	100,19	100,29	100,28	100,26
Ba	168	189	156	247	243	235	152	170	210
Ce	0	0	0	18	0	0	0	0	0
Co	12	6	10	13	13	10	10	12	12
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cu	46	59	55	58	89	69	59	54	49
Ga	15	30	15	18	29	29	21	13	18
Hf	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nb	6	12	5	8	10	14	9	7	8
Nd	93	178	139	75	117	140	97	63	92
Ni	50	89	55	52	75	72	58	40	66
Pb	11	16	13	21	23	18	20	14	16
Rb	54	89	52	106	124	128	58	59	78
Sc	2	0	0	7	0	0	0	5	3
Sr	39	47	36	39	51	54	64	53	46
Th	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V	16	0	11	39	20	6	22	28	29
Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn	61	269	89	248	413	383	225	222	215
Zr	111	71	61	91	103	105	55	53	82

	C34	C20	C27	C35	C29	C24	C31	C36	C37
SiO2	69,06	60,98	58,26	47,03	53,79	48,89	23,76	61,99	73,05
TiO2	0,42	0,53	0,37	0,31	0,31	0,31	0,18	0,32	0,36
Al2O3	13,67	14,40	9,43	8,02	8,39	7,91	5,34	9,39	11,94
Fe2O3	5,34	6,70	3,74	2,57	2,93	2,77	1,26	3,60	4,85
MnO	0,06	0,15	0,10	0,09	0,10	0,08	0,06	0,04	0,03
MgO	3,36	6,33	13,43	22,50	18,10	21,88	31,51	10,74	2,81
CaO	2,52	7,14	14,84	20,05	17,61	19,63	31,48	10,12	1,99
Na2O	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K2O	3,33	2,97	2,60	2,16	2,26	2,20	1,00	2,30	3,15
P2O5	1,15	4,57	6,03	4,36	5,08	5,39	2,81	2,50	0,74
LOI	3,26	3,19	8,87	17,75	16,15	15,57	29,40	9,87	3,65
	102,0	106,7	117,4	124,6	124,3	124,3	126,3	110,5	102,3
Totale	3	2	6	1	7	7	5	5	1
SiO2%	67,64	57,02	48,90	36,20	41,68	37,93	17,30	55,49	71,34
TiO2%	0,41	0,50	0,31	0,24	0,24	0,24	0,13	0,29	0,35
Al2O3	13,39	13,47	7,91	6,17	6,50	6,14	3,89	8,41	11,66
%									
Fe2O3	5,23	6,26	3,14	1,98	2,27	2,15	0,91	3,23	4,73
%									
MnO%	0,05	0,14	0,09	0,07	0,08	0,06	0,04	0,04	0,03
MgO%	3,29	5,92	11,27	17,32	14,02	16,98	22,95	9,62	2,74
CaO%	2,47	6,67	12,45	15,44	13,64	15,23	22,92	9,06	1,94
Na2O	0	0	0	0	0	0	0	0	0
%									
K2O%	3,26	2,78	2,18	1,66	1,75	1,71	0,73	2,06	3,08
P2O5%	1,13	4,27	5,06	3,35	3,94	4,18	2,05	2,24	0,72
LOI	3,26	3,19	8,87	17,75	16,15	15,57	29,40	9,87	3,65
	100,1	100,2	100,1	100,1	100,2	100,1	100,3	100,3	100,2
Totale	3	2	8	8	7	9	2	1	4
Ba	269	240	191	168	169	169	78	190	233
Ce	32	0	0	0	0	0	0	8	34
Co	15	12	8	10	10	8	11	11	16
Cr	19	0	0	0	0	0	0	0	22
Cu	42	87	50	40	49	49	26	40	38
Ga	15	28	18	15	17	15	6	14	14
Hf	4	0	0	0	0	0	0	0	3
La	16	0	0	0	0	0	0	0	26
Nb	7	11	6	8	10	7	2	8	7
Nd	66	120	118	69	81	100	32	70	52
Ni	46	76	55	41	54	42	34	36	46
Pb	17	20	11	12	15	12	4	13	19
Rb	82	123	61	55	73	48	18	70	99
Sc	11	0	0	2	0	0	5	7	11
Sr	34	50	55	65	61	56	40	72	40
Th	1	0	0	0	0	0	0	0	3
V	47	19	11	24	18	18	31	30	44
Y	4	0	0	0	0	0	0	0	10
Zn	141	412	204	205	212	228	79	131	90
Zr	104	98	64	55	64	44	13	70	93

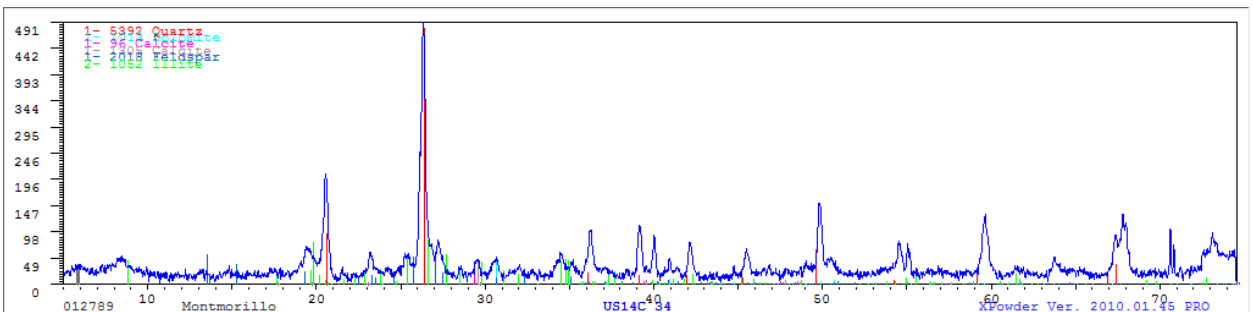
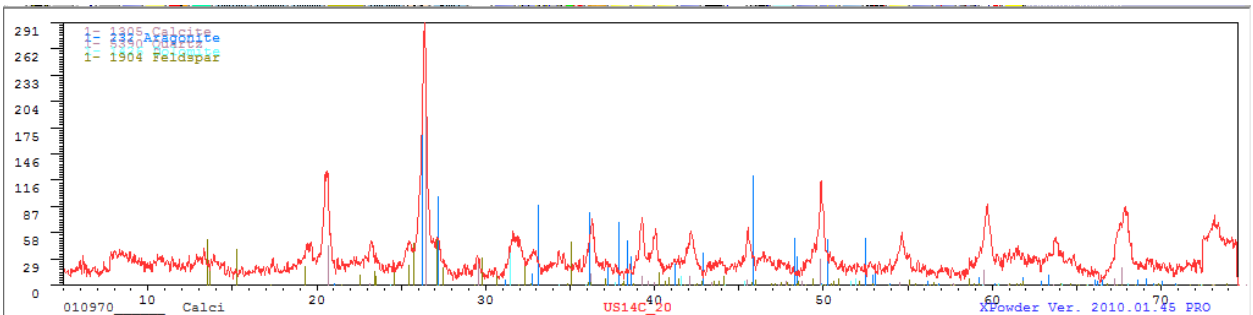
APPENDICE V

RISULTATI ANALISI XRD: DIFFRATTOGRAMMI

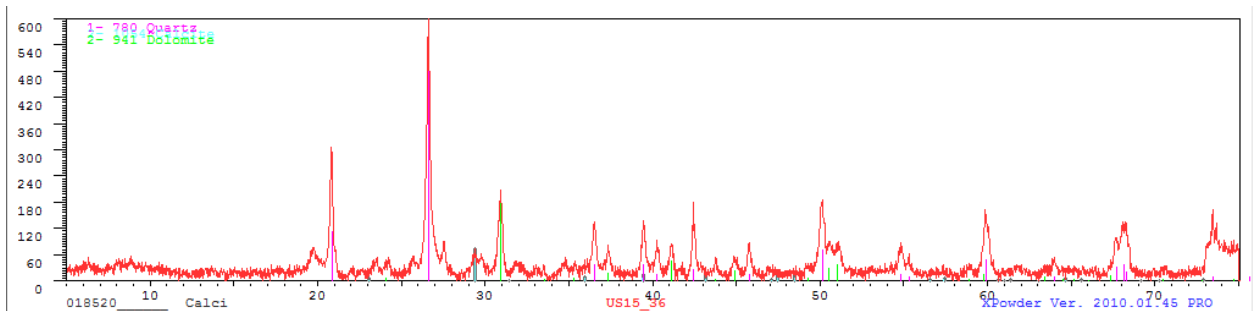
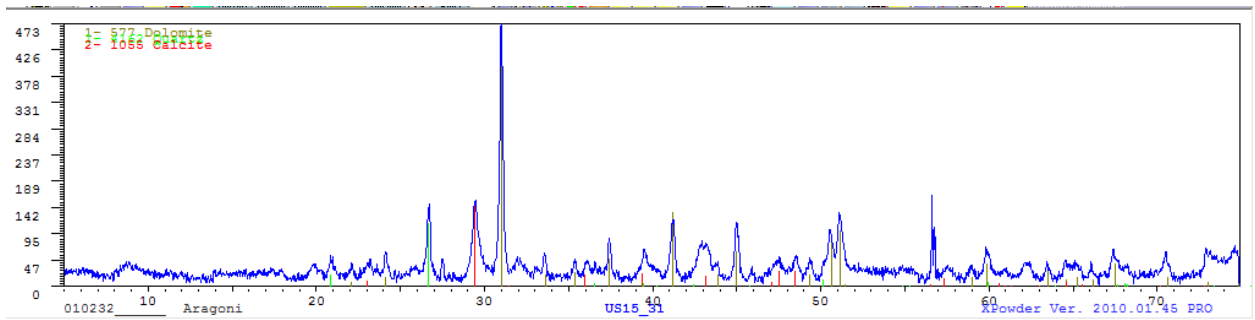
US 13



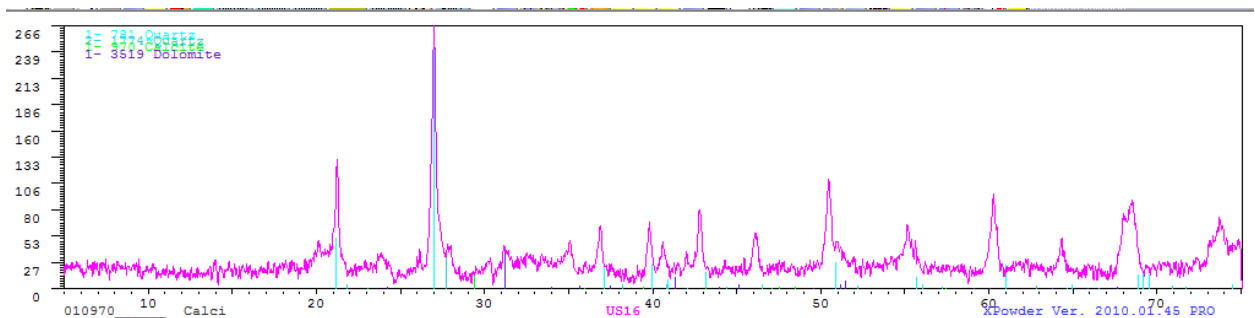
US 14



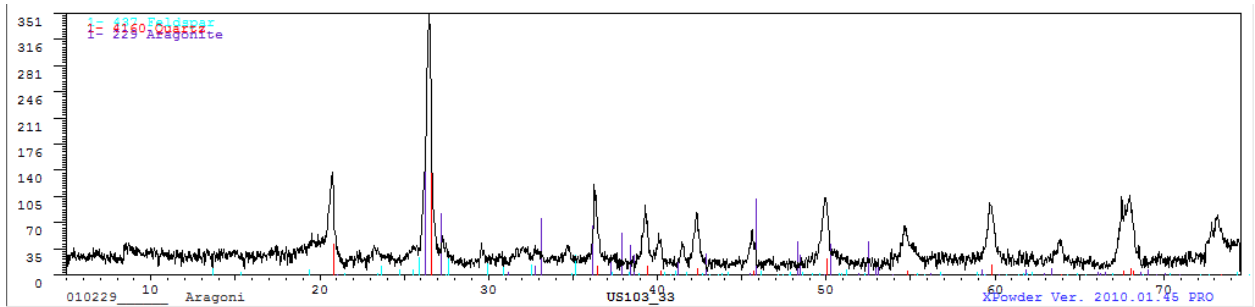
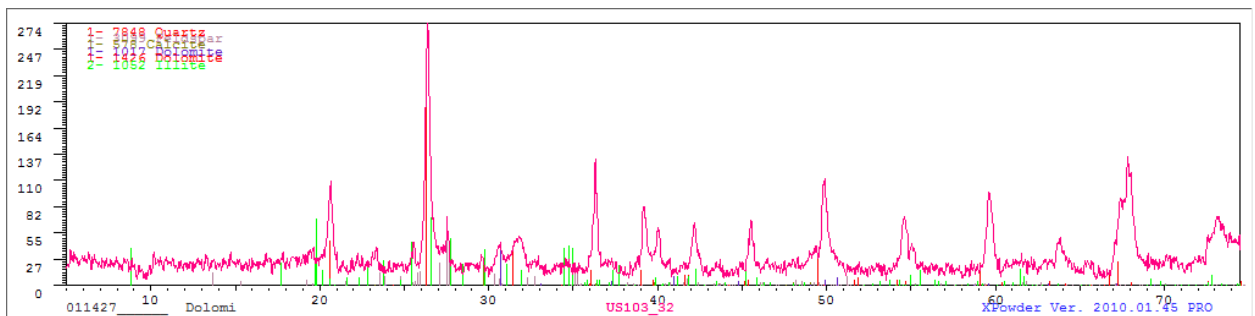
US 15



US 16

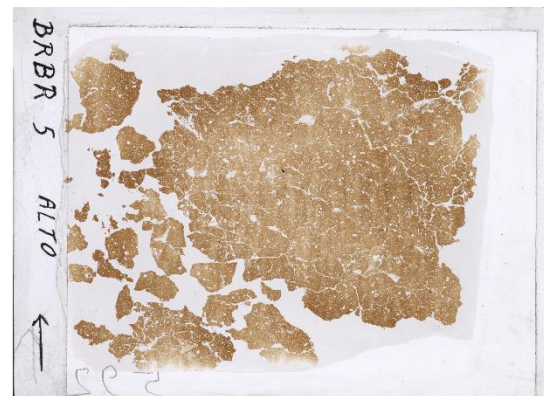
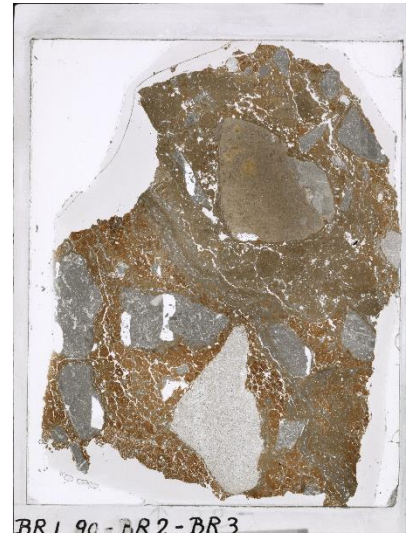
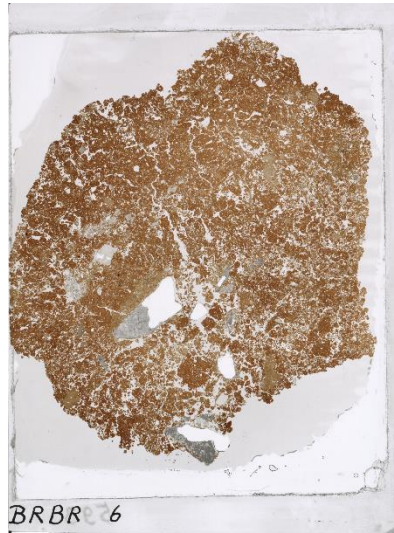
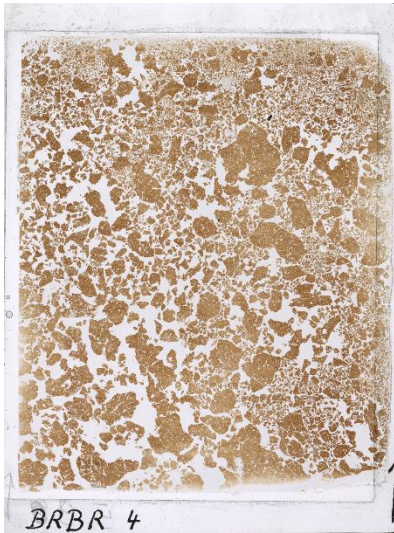


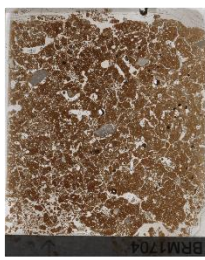
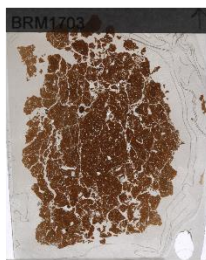
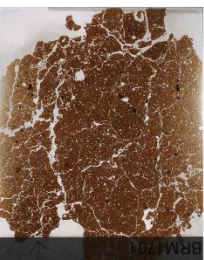
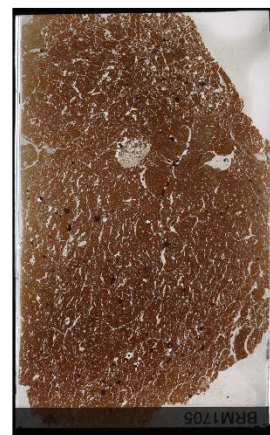
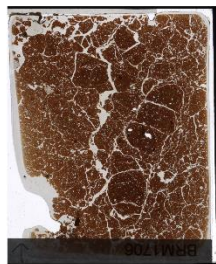
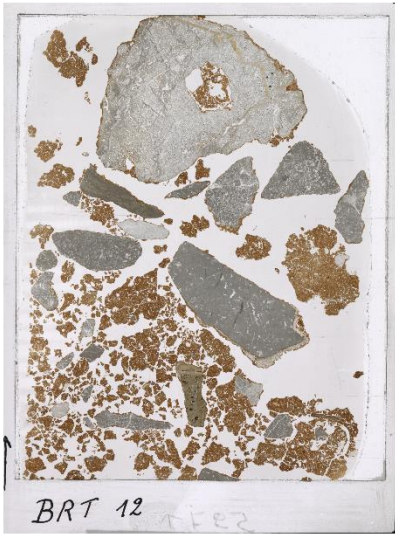
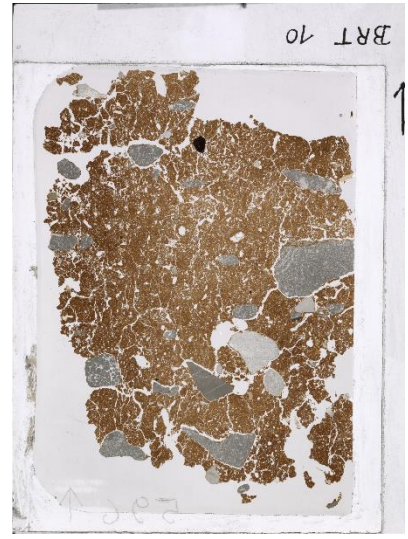
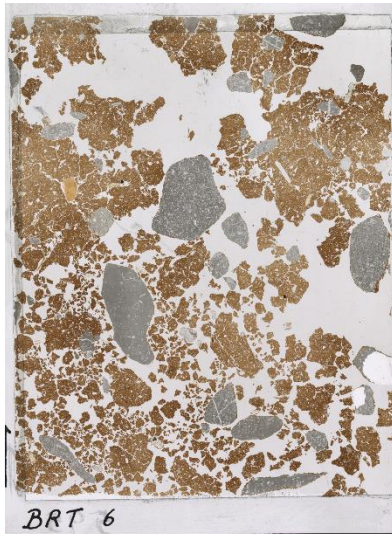
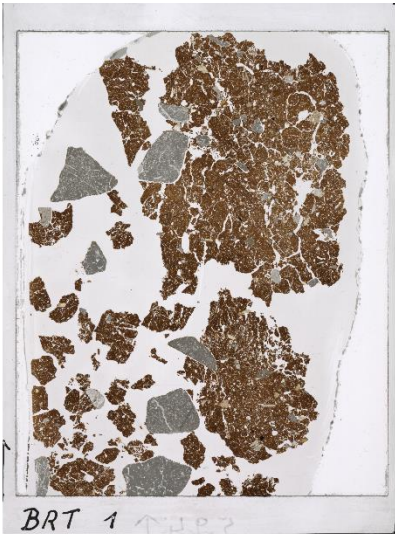
US 103



APPENDICE VI

BALZI ROSSI MUSEO. SCANSIONI DELLE SEZIONI SOTTILI





CIOTA CIARA. REPORT ANALISI GRANULOMETRICHE

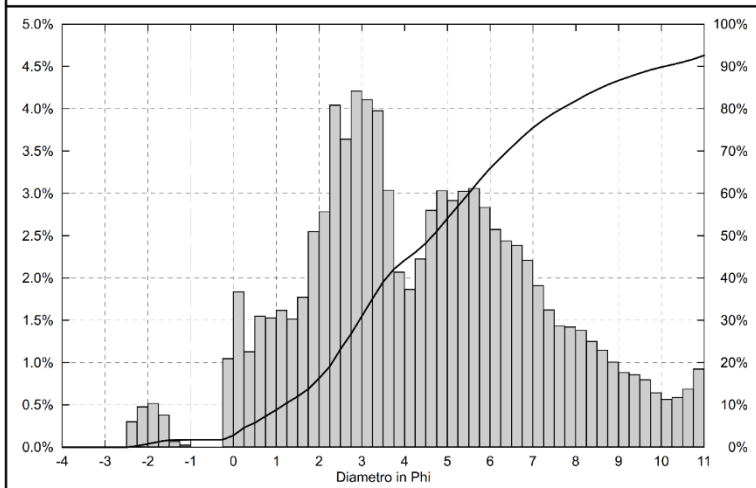
N. Laboratorio : Crociera : Sigla campione : 20 Campionatore : Latitudine : Longitudine : Profondità : Ultima modifica : 2.7.2015 09:02 Note :		Parametri dell'analisi con la bilancia Peso Campione a secco : 2.95 g. Peso specifico : 2.398 (calcolato) Temperatura sperimentale : 27°C Tempo durata analisi : 20 min. Date dell'analisi : 30.6.2015 15:19	
Note : 0,32 : 2 : 0 0,52 : 2 : 0 0,73 : 2 : 0		Trattamenti	
Dati selezionati	Bilancia	43.6 %	
	Setacci	1.8 %	
	Sedigraph	54.7 %	

Classificazione (in %)			
	Wentworth		Nota
Ghiaia		1.76	1.76
Sabbia molto Grossolana	1.05		
Sabbia Grossolana	6.04		7.09
Sabbia Media	7.45	42.41	22.13 44.27
Sabbia Fine	14.68		15.06
Sabbia Finissima	13.19		
Silt		37.74	40.65
Argilla		18.10	13.32

Classificazione secondo Shepard (1954) : Sabbia Argillosa			
Percentili	Phi	mm	
5%	0.330	0.795 8	
16%	1.971	0.255 1	
25%	2.629	0.161 7	
50%	4.656	0.039 7	
75%	6.941	0.008 1	
84%	8.394	0.003 0	
95%	11.645	0.000 3	

Folk & Ward Momenti			
Media (mm)	Mz	0.031	
Media (Phi)	Mz	5.007 5.018	
Classazione	σ_i	3.320	10.877 Classazione pessima
Assimetria	Sk	0.200	0.007 Asimetria positiva
Appuntimento	Kg	1.075	-1.488 Mesocurtica

Parametri di Trask			
Mediana (mm)	0.040		
Coeff. Cernita	So	4.457	
Coeff. Asimetria	0.836		



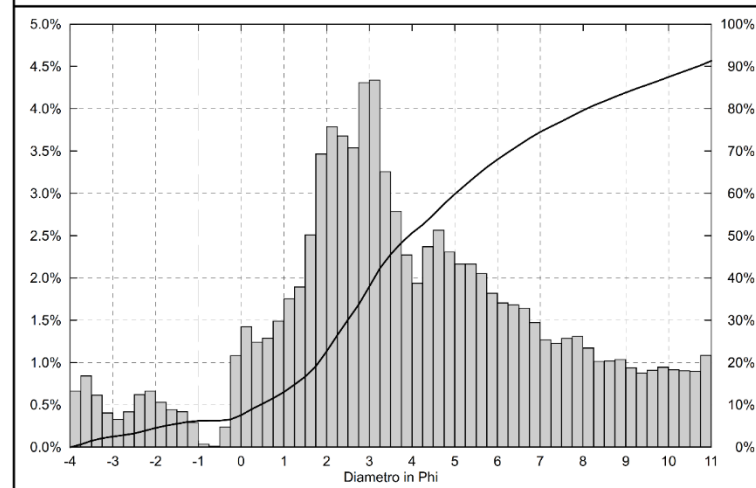
N. Laboratorio : Crociera : Sigla campione : 21 Campionatore : Latitudine : Longitudine : Profondità : Ultima modifica : 2.7.2015 09:05 Note :		Parametri dell'analisi con la bilancia Peso Campione a secco : 2.93 g. Peso specifico : 2.382 (calcolato) Temperatura sperimentale : 26°C Tempo durata analisi : 20 min. Date dell'analisi : 30.6.2015 10:59	
Note : 0,30 : 2 : 0 0,50 : 2 : 0 0,71 : 2 : 0		Trattamenti	
Dati selezionati	Bilancia	44.3 %	
	Setacci	6.3 %	
	Sedigraph	49.4 %	

Classificazione (in %)			
	Wentworth		Nota
Ghiaia		6.24	6.24
Sabbia molto Grossolana	1.37		
Sabbia Grossolana	5.44		6.81
Sabbia Media	9.62	44.40	24.93 46.34
Sabbia Fine	15.32		14.59
Sabbia Finissima	12.66		
Silt		28.97	31.27
Argilla		20.39	16.15

Classificazione secondo Shepard (1954) : "Loam"			
Percentili	Phi	mm	
5%	-1.789	3.455 0	
16%	1.409	0.376 7	
25%	2.154	0.224 7	
50%	3.930	0.065 6	
75%	7.094	0.007 3	
84%	9.041	0.001 9	
95%	11.849	0.000 3	

Folk & Ward Momenti			
Media (mm)	Mz	0.040	
Media (Phi)	Mz	4.793 4.649	
Classazione	σ_i	3.974	14.693 Classazione pessima
Assimetria	Sk	0.250	0.003 Asimetria positiva
Appuntimento	Kg	1.131	-1.494 Leptocurtica

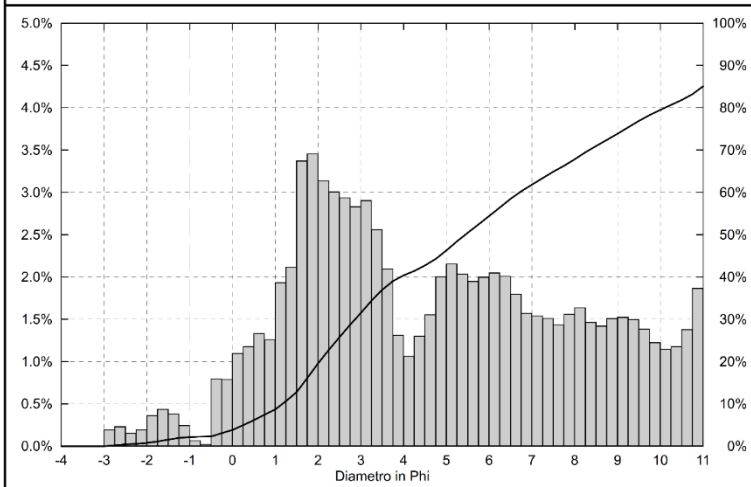
Parametri di Trask			
Mediana (mm)	0.066		
Coeff. Cernita	So	5.541	
Coeff. Asimetria	0.382		



N. Laboratorio : Crociera : Sigla campione : 22 Campionatore : Latitudine : Longitudine : Profondità : Ultima modifica : 2.7.2015 09:07 Note :		Parametri dell'analisi con la bilancia Peso Campione a secco : 3.11 g. Peso specifico : 2.449 (calcolato) Temperatura sperimentale : 26°C Tempo durata analisi : 20 min. Date dell'analisi : 30.6.2015 10:27	
Note : 0.31 : 2 : 0 0.52 : 2 : 0 0.72 : 2 : 0		Trattamenti	
Dati selezionati	Bilancia	38.7 %	
	Setacci	2.4 %	
	Sedigraph	59.0 %	

Classificazione (in %)				Classificazione secondo Shepard (1954) : "Loam"				
		Wentworth	Nota			Percentili	Phi	mm
Ghiaia		2.19	2.19	5%	0.260	0.835	2	
Sabbia molto Grossolana	1.67			16%	1.740	0.299	4	
Sabbia Grossolana	4.86		6.53	25%	2.439	0.184	4	
Sabbia Media	10.87	38.17	22.78	39.24				
Sabbia Fine	11.91		9.93	50%	5.443	0.023	0	
Sabbia Finissima	8.86			75%	9.183	0.001	7	
Silt		27.50		84%	10.856	0.000	5	
Argilla		32.14	26.12	95%	12.330	0.000	2	

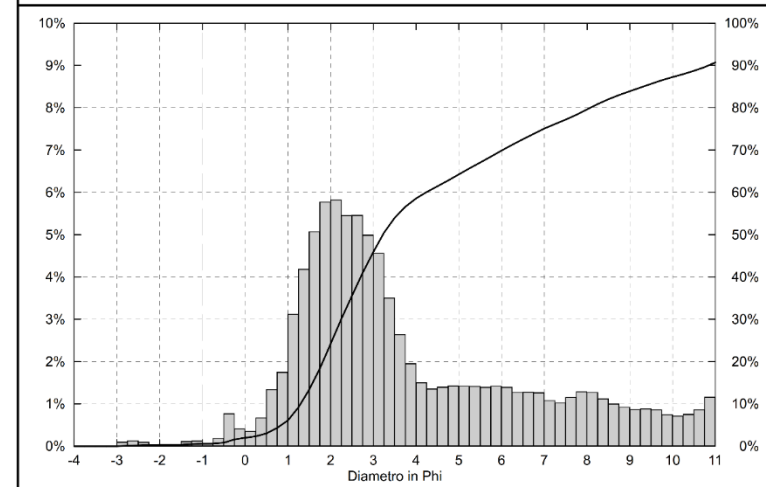
Folk & Ward			Momenti			Parametri di Trask		
Media (mm)	Mz	0.018	Media (mm)	Mz	0.039	Mediana (mm)	So	0.023
Media (Phi)	Mz	6.013	Media (Phi)	Mz	4.625	Coef. Cernita	So	10.354
Classazione	σ	4.108	Classazione	σ	3.527	Classazione pessima		
Assimetria	Sk	0.164	Assimetria	Sk	0.570	Assimetria marcatamente positiva		
Appuntimento	Kg	0.733	Appuntimento	Kg	0.917	Coef. Asimmetria		0.601
		-1.496			-1.492	Platicurtica		



N. Laboratorio : Crociera : Sigla campione : 23 Campionatore : Latitudine : Longitudine : Profondità : Ultima modifica : 2.7.2015 09:09 Note :		Parametri dell'analisi con la bilancia Peso Campione a secco : 2.91 g. Peso specifico : 2.366 (calcolato) Temperatura sperimentale : 27°C Tempo durata analisi : 20 min. Date dell'analisi : 30.6.2015 14:38	
Note : 0.30 : 2 : 0 0.50 : 2 : 0 0.70 : 2 : 0		Trattamenti	
Dati selezionati	Bilancia	59.3 %	
	Setacci	0.7 %	
	Sedigraph	40.0 %	

Classificazione (in %)				Classificazione secondo Shepard (1954) : "Loam"				
		Wentworth	Nota			Percentili	Phi	mm
Ghiaia		0.58	0.58	5%	0.260	0.835	2	
Sabbia molto Grossolana	1.41			16%	1.740	0.299	4	
Sabbia Grossolana	4.10		5.51	25%	2.439	0.184	4	
Sabbia Media	18.13	58.00	39.85	59.50				
Sabbia Fine	21.71		14.15	50%	5.443	0.023	0	
Sabbia Finissima	12.65			75%	9.183	0.001	7	
Silt		21.04		84%	10.856	0.000	5	
Argilla		20.38	16.08	95%	12.330	0.000	2	

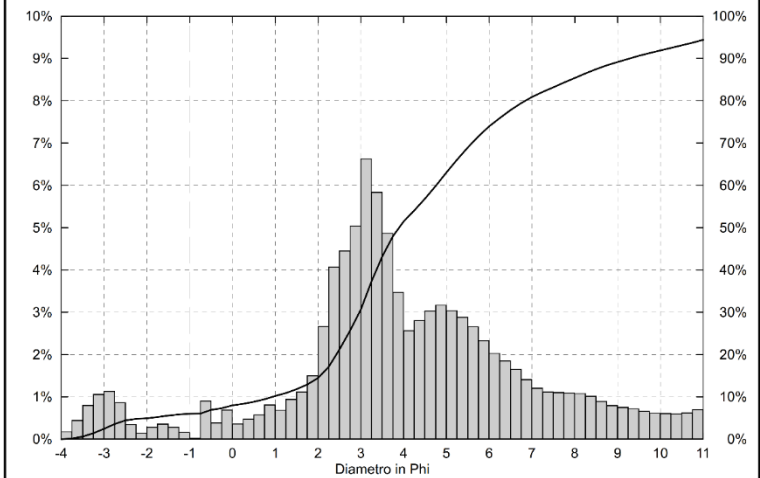
Folk & Ward			Momenti			Parametri di Trask		
Media (mm)	Mz	0.039	Media (mm)	Mz	4.625	Mediana (mm)	So	0.107
Media (Phi)	Mz	4.625	Media (Phi)	Mz	3.527	Coef. Cernita	So	5.561
Classazione	σ	12.525	Classazione	σ	0.010	Classazione pessima		
Assimetria	Sk	0.570	Assimetria	Sk	0.917	Assimetria marcatamente positiva		
Appuntimento	Kg	-1.492	Appuntimento	Kg	0.733	Coef. Asimmetria		0.168
		Mesocurtica				Platicurtica		



N. Laboratorio : Crociera : Sigla campione : 24 Campionatore : Latitudine : Longitudine : Profondità : Ultima modifica : 2.7.2015 09:11 Note :		Parametri dell'analisi con la bilancia Peso Campione a secco : 3.08 g. Peso specifico : 2.610 (calcolato) Temperatura sperimentale : 26°C Tempo durata analisi : 20 min. Date dell'analisi : 30.6.2015 09:11	
Note : 0,20 : 2 : 0 0,40 : 2 : 0 0,61 : 2 : 0		Trattamenti	
Dati selezionati	Bilancia 46.6 % Setacci 6.1 % Sedigraph 47.3 %		

Classificazione (in %)				Classificazione secondo Shepard (1954) : Sabbia Argillosa			
Wentworth		Nota		Percentili		Phi mm	
Ghiaia	6.02		6.02	5%	-1.951	3.866	0
Sabbia molto Grossolana	1.99			16%	2.145	0.226	1
Sabbia Grossolana	2.21	45.45	4.20	25%	2.715	0.152	4
Sabbia Media	4.23	20.45	48.02	50%	3.894	0.067	3
Sabbia Fine	16.22	23.37		75%	6.131	0.014	3
Sabbia Finissima	20.80			84%	7.683	0.004	9
Silt	33.92		35.12	95%	11.210	0.000	4
Argilla	14.61		10.84				

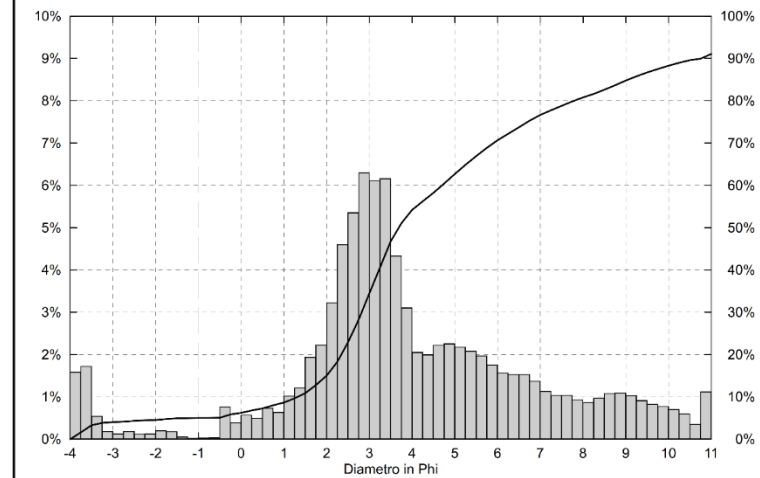
Folk & Ward				Momenti				Parametri di Trask				
Media (mm)	Mz	0.046		Media (mm)	Mz	0.039		Mediana (mm)	Mz	4.672		
Media (Phi)	Mz	4.574		Coef. Cernita So	Mz	4.456		Coef. Cernita So	Mz	13.584		
Classazione	σ_i	3.379	11.401	Classazione pessima	σ_i	3.658	11.401	Classazione pessima	σ_i	3.658	13.584	
Assimetria	Sk	0.240	0.003	Assimetria positiva	Sk	0.391	0.003	Assimetria marcatamente positiva	Sk	0.003	0.003	
Appuntimento	Kg	1.579	-1.487	Molto leptocurtica	Appuntimento	Kg	1.299	-1.492	Leptocurtica	Appuntimento	Kg	1.299



N. Laboratorio : Crociera : Sigla campione : 25 Campionatore : Latitudine : Longitudine : Profondità : Ultima modifica : 2.7.2015 09:14 Note :		Parametri dell'analisi con la bilancia Peso Campione a secco : 2.93 g. Peso specifico : 2.402 (calcolato) Temperatura sperimentale : 27°C Tempo durata analisi : 20 min. Date dell'analisi : 30.6.2015 15:43	
Note : 0,34 : 2 : 0 0,54 : 2 : 0 0,75 : 2 : 0		Trattamenti	
Dati selezionati	Bilancia 49.9 % Setacci 5.1 % Sedigraph 45.0 %		

Classificazione (in %)				Classificazione secondo Shepard (1954) : "Loam"			
Wentworth		Nota		Percentili		Phi mm	
Ghiaia	5.01		5.01	5%	-1.129	2.187	0
Sabbia molto Grossolana	1.21			16%	2.075	0.237	3
Sabbia Grossolana	2.43	49.17	3.63	25%	2.600	0.164	9
Sabbia Media	6.39	25.85	51.22	50%	3.687	0.077	6
Sabbia Fine	19.46	21.74		75%	6.705	0.009	6
Sabbia Finissima	19.69			84%	8.824	0.002	2
Silt	26.59		28.54	95%	11.881	0.000	3
Argilla	19.23		15.23				

Folk & Ward				Momenti				Parametri di Trask				
Media (mm)	Mz	0.039		Media (mm)	Mz	0.078		Mediana (mm)	Mz	4.148		
Media (Phi)	Mz	4.672		Coef. Cernita So	Mz	4.148		Coef. Cernita So	Mz	4.148		
Classazione	σ_i	3.658	13.584	Classazione pessima	σ_i	3.658	13.584	Classazione pessima	σ_i	3.658	13.584	
Assimetria	Sk	0.391	0.003	Assimetria marcatamente positiva	Sk	0.003	0.003	Assimetria marcatamente positiva	Sk	0.003	0.003	
Appuntimento	Kg	1.299	-1.492	Leptocurtica	Appuntimento	Kg	1.299	-1.492	Leptocurtica	Appuntimento	Kg	1.299

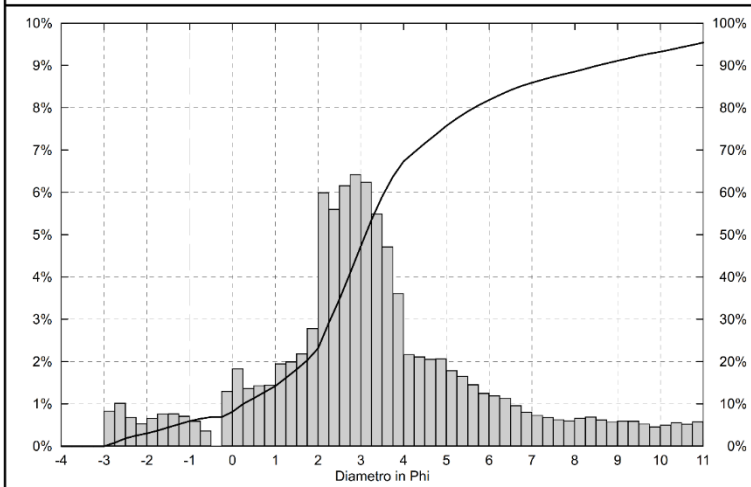


N. Laboratorio : Crociera : Sigla campione : 26 Campionatore : Latitudine : Longitudine : Profondità : Ultima modifica : 2.7.2015 09:16 Note :		Parametri dell'analisi con la bilancia Peso Campione a secco : 3.16 g. Peso specifico : 2.469 (calcolato) Temperatura sperimentale : 26°C Tempo durata analisi : 20 min. Date dell'analisi : 30.6.2015 08:47	
Note : 0,32 : 2 : 0 0,52 : 2 : 0 0,73 : 2 : 0		Trattamenti	
Dati selezionati	Bilancia	62.4 %	
	Setacci	6.9 %	
	Sedigraph	30.7 %	

Classificazione (in %)				Classificazione secondo Shepard (1954) : Sabbia Argillosa	
	Wentworth	Nota			
Ghiaia		5.93	5.93		
Sabbia molto Grossolana	2.24				
Sabbia Grossolana	6.06		8.30		
Sabbia Media	8.90	61.41	33.07	63.57	
Sabbia Fine	24.17		22.20		
Sabbia Finissima	20.04				
Silt		21.22		21.59	
Argilla		11.44		8.91	

Percentili	Phi	mm
5%	-1.322	2.500 7
16%	1.228	0.426 8
25%	2.078	0.236 8
50%	3.109	0.115 9
75%	4.913	0.033 2
84%	6.462	0.011 3
95%	10.829	0.000 5

Folk & Ward			Momenti		Parametri di Trask		
Media (mm)	Mz		0.077		Mediana (mm)		0.116
Media (Phi)	Mz	3.600	3.703		Coef. Cernita So		2.671
Classazione	σ i	3.150	10.232	Classazione pessima	Coef. Asimmetria		0.585
Assimmetria	Sk	0.276	0.012	Asimmetria positiva			
Appuntimento	Kg	1.757	-1.482	Molto leptocurtica			

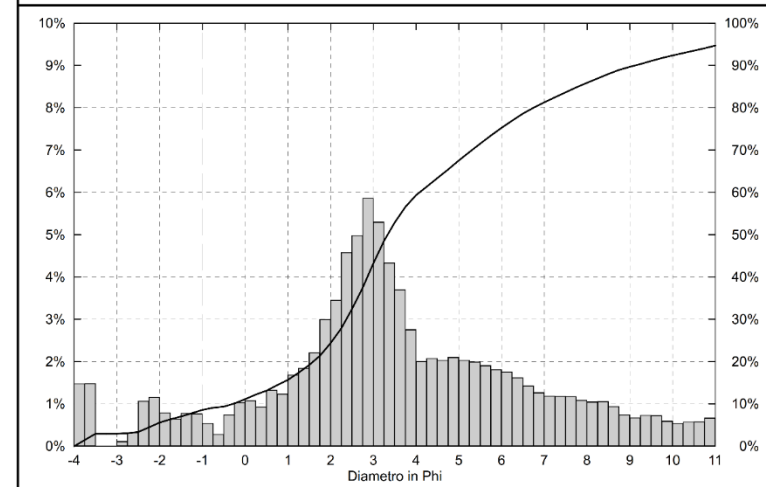


N. Laboratorio : Crociera : Sigla campione : 27 Campionatore : Latitudine : Longitudine : Profondità : Ultima modifica : 2.7.2015 09:18 Note :		Parametri dell'analisi con la bilancia Peso Campione a secco : 3.10 g. Peso specifico : 2.500 (calcolato) Temperatura sperimentale : 26°C Tempo durata analisi : 20 min. Date dell'analisi : 30.6.2015 09:35	
Note : 0,27 : 2 : 0 0,47 : 2 : 0 0,68 : 2 : 0		Trattamenti	
Dati selezionati	Bilancia	51.5 %	
	Setacci	9.4 %	
	Sedigraph	39.1 %	

Classificazione (in %)				Classificazione secondo Shepard (1954) : Sabbia Argillosa	
	Wentworth	Nota			
Ghiaia		8.55	8.55		
Sabbia molto Grossolana	2.58				
Sabbia Grossolana	4.54		7.12		
Sabbia Media	8.72	50.78	27.58	52.78	
Sabbia Fine	18.86		18.07		
Sabbia Finissima	16.07				
Silt		26.57		28.34	
Argilla		14.10		10.33	

Percentili	Phi	mm
5%	-2.128	4.370 4
16%	1.049	0.483 4
25%	2.044	0.242 5
50%	3.334	0.099 2
75%	5.966	0.016 0
84%	7.575	0.005 2
95%	11.112	0.000 5

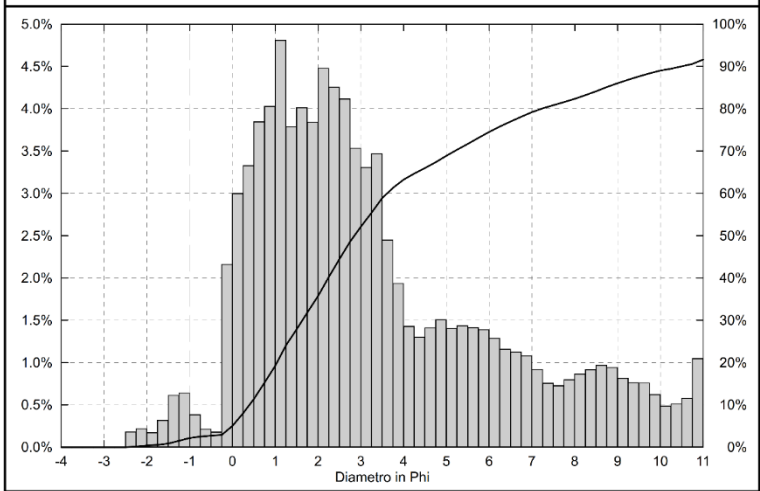
Folk & Ward			Momenti		Parametri di Trask		
Media (mm)	Mz		0.065		Mediana (mm)		0.099
Media (Phi)	Mz	3.986	3.952		Coef. Cernita So		3.894
Classazione	σ i	3.638	12.888	Classazione pessima	Coef. Asimmetria		0.394
Assimmetria	Sk	0.237	0.004	Asimmetria positiva			
Appuntimento	Kg	1.383	-1.491	Leptocurtica			



N. Laboratorio : Crociera : Sigla campione : 28 Campionatore : Latitudine : Longitudine : Profondità : Ultima modifica : 2.7.2015 09:39 Note :		Parametri dell'analisi con la bilancia Peso Campione a secco : 3.13 g. Peso specifico : 2.504 (calcolato) Temperatura sperimentale : 26°C. Tempo durata analisi : 20 min. Date dell'analisi : 29.6.2015 14:49	
0,40 : 2 : 0 0,61 : 2 : 0 0,81 : 2 : 0		Trattamenti	
Dati selezionati	Bilancia 62.1 % Setacci 3.0 % Sedigraph 34.9 %		

Classificazione (in %)				Classificazione secondo Shepard (1954) : Sabbia Argillosa			
Wentworth		Nota		Percentili		Phi mm	
Ghiaia	2.14		2.14	5%	-0.008	1.005	6
Sabbia molto Grossolana	2.93			16%	0.797	0.575	5
Sabbia Grossolana	14.20	17.13		25%	1.311	0.403	0
Sabbia Media	16.45	61.11	32.83	50%	2.852	0.138	5
Sabbia Fine	16.38	12.58		75%	6.092	0.014	7
Sabbia Finissima	11.15			84%	8.461	0.002	8
Silt	19.12		21.38	95%	11.806	0.000	3
Argilla	17.64		13.95				

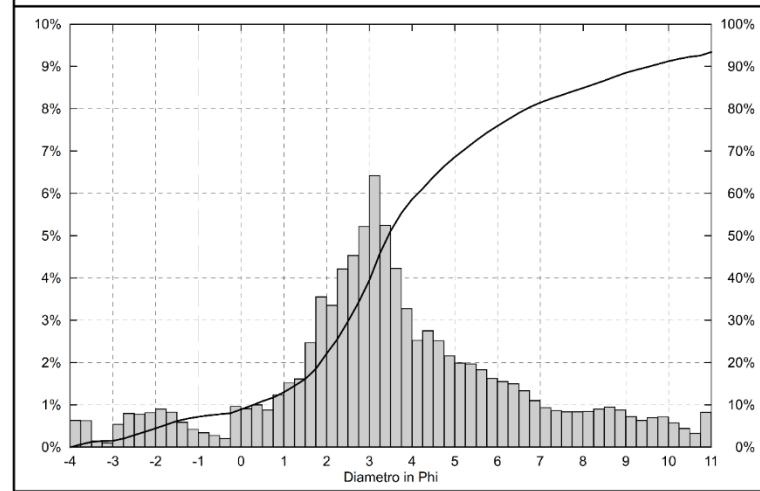
Folk & Ward				Momenti				Parametri di Trask			
Media (mm)	Mz	0.060		Media (mm)	Mz	0.057		Mediana (mm)	Mz	4.218	4.138
Media (Phi)	Mz	4.037	4.048	Coef. Cernita	So	5.244		Coef. Cernita	So	5.244	
Classazione	σ_i	3.706	13.402	Classazione pessima				Classazione	σ_i	3.581	12.467
Assimmetria	Sk	0.490	0.009	Assimmetria marcatamente positiva				Assimmetria	Sk	0.288	0.005
Appuntimento	Kg	1.013	-1.492	Mesocurtica				Assimmetria	Sk	0.288	0.005
								Appuntimento	Kg	1.501	-1.490

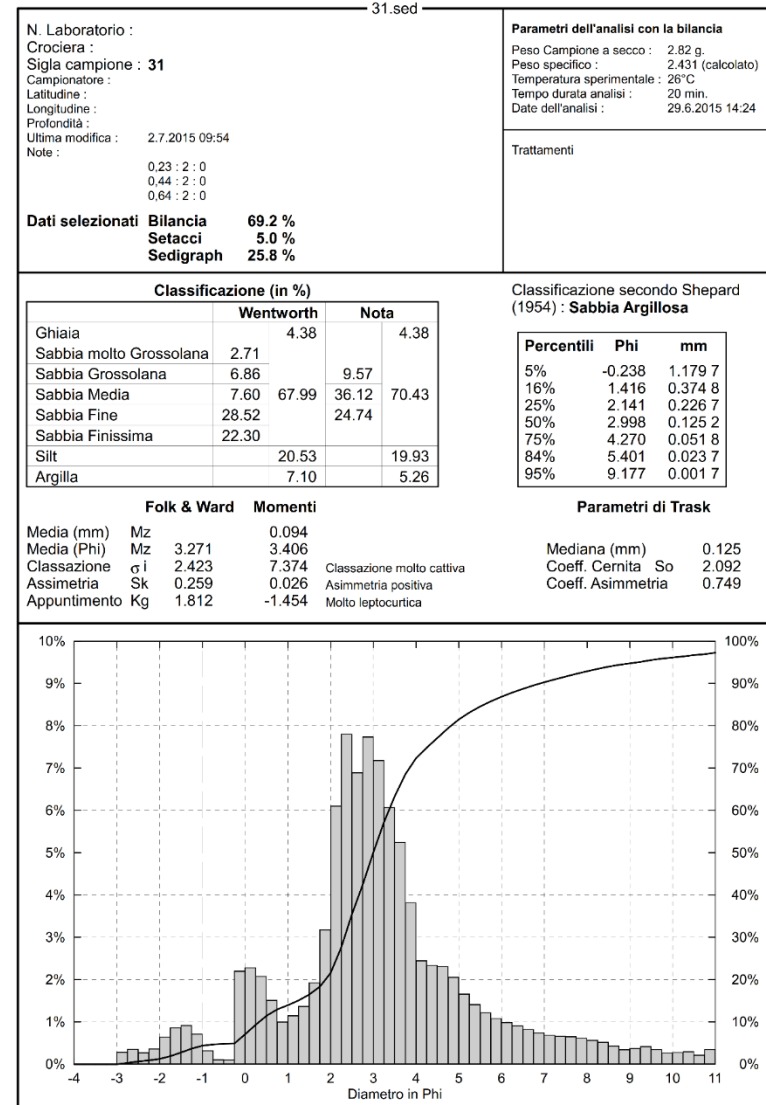
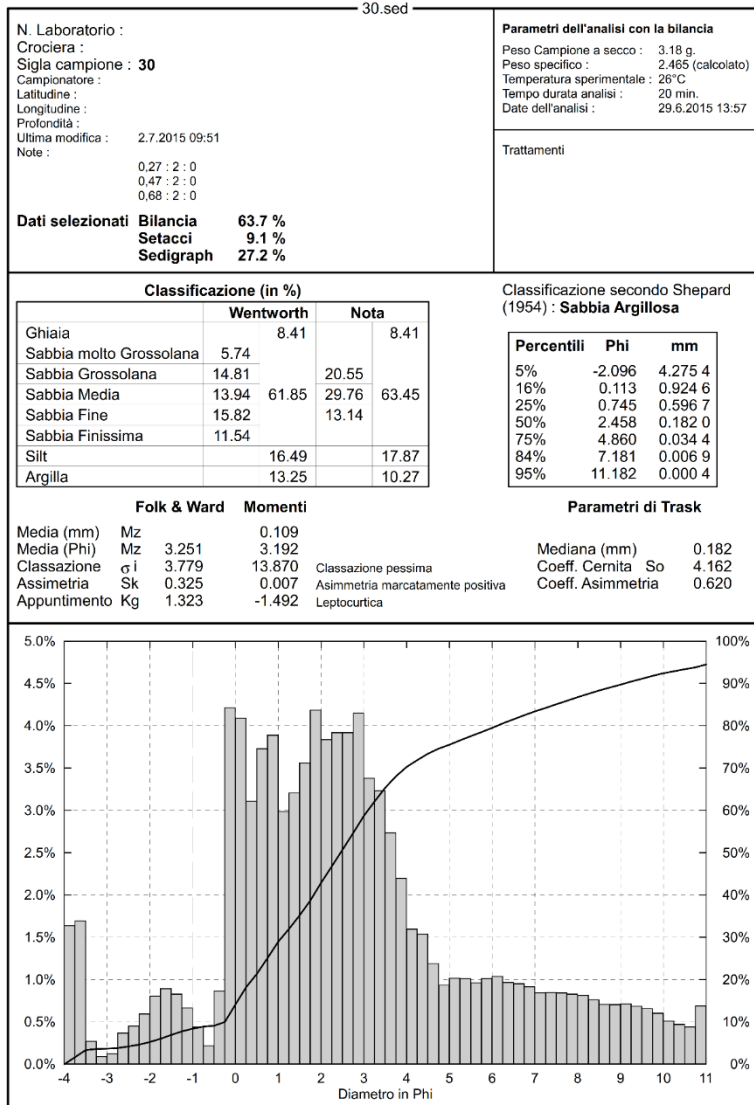


N. Laboratorio : Crociera : Sigla campione : 29 Campionatore : Latitudine : Longitudine : Profondità : Ultima modifica : 2.7.2015 09:48 Note :		Parametri dell'analisi con la bilancia Peso Campione a secco : 3.14 g. Peso specifico : 2.492 (calcolato) Temperatura sperimentale : 26°C. Tempo durata analisi : 20 min. Date dell'analisi : 30.6.2015 08:22	
COM error 1004 0,30 : 2 : 0 0,51 : 2 : 0		Trattamenti	
Dati selezionati	Bilancia 53.1 % Setacci 8.1 % Sedigraph 38.8 %		

Classificazione (in %)				Classificazione secondo Shepard (1954) : Sabbia Argillosa			
Wentworth		Nota		Percentili		Phi mm	
Ghiaia	7.18		7.18	5%	-1.845	3.592	3
Sabbia molto Grossolana	1.78			16%	1.481	0.358	1
Sabbia Grossolana	4.03	5.81		25%	2.213	0.215	7
Sabbia Media	9.15	51.44	26.46	50%	3.447	0.091	7
Sabbia Fine	17.31	21.69		75%	5.851	0.017	3
Sabbia Finissima	19.16			84%	7.726	0.004	7
Silt	26.30		27.35	95%	11.483	0.000	3
Argilla	15.08		11.51				

Folk & Ward				Momenti				Parametri di Trask			
Media (mm)	Mz	0.057		Media (mm)	Mz	0.092		Mediana (mm)	Mz	4.218	4.138
Media (Phi)	Mz	4.218	4.138	Coef. Cernita	So	3.528		Coef. Cernita	So	3.528	
Classazione	σ_i	3.581	12.467	Classazione pessima				Classazione	σ_i	3.581	12.467
Assimmetria	Sk	0.288	0.005	Assimmetria positiva				Assimmetria	Sk	0.288	0.005
Appuntimento	Kg	1.501	-1.490	Molto leptocurtica				Appuntimento	Kg	1.501	-1.490





N. Laboratorio :		Parametri dell'analisi con la bilancia	
Crociera :		Peso Campione a secco : 3.03 g.	
Sigla campione : 32		Peso specifico : 2.463 (calcolato)	
Campionatore :		Temperatura sperimentale : 26°C	
Latitudine :		Tempo durata analisi : 20 min.	
Longitudine :		Date dell'analisi : 29.6.2015 11:18	
Profondità :		Trattamenti	
Ultima modifica : 2.7.2015 09:56			
Note :			
0,38 : 2 : 0			
0,59 : 2 : 0			
0,79 : 2 : 0			
Dati selezionati	Bilancia	54.4 %	
	Setacci	20.6 %	
	Sedigraph	24.9 %	

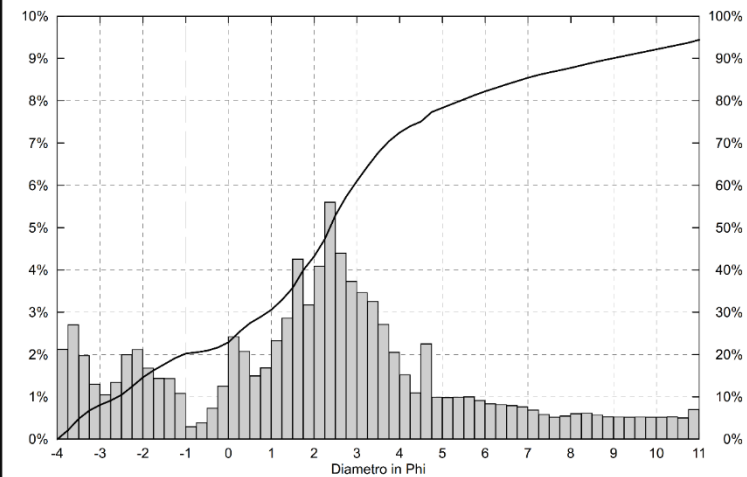
Classificazione (in %)			
	Wentworth		Nota
Ghiaia	20.24		20.24
Sabbia molto Grossolana	2.67		
Sabbia Grossolana	7.67	10.34	
Sabbia Media	12.61	52.25	30.43
Sabbia Fine	17.81		13.00
Sabbia Finissima	11.48		
Silt	15.28		16.06
Argilla	12.24		9.93

Classificazione secondo Shepard (1954) : **Non Classificabile**

Percentili	Phi	mm
5%	-3.478	11.140 6
16%	-1.792	3.462 6
25%	0.217	0.860 6
50%	2.371	0.193 3
75%	4.478	0.044 9
84%	6.539	0.010 8
95%	11.214	0.000 4

Folk & Ward			Momenti	
Media (mm)	Mz		0.155	
Media (Phi)	Mz	2.373	2.687	
Classazione	σ_i	4.309	16.287	Classazione pessima
Assimetria	Sk	0.102	0.004	Assimetria positiva
Appuntimento	Kg	1.413	-1.494	Leptocurtica

Parametri di Trask	
Mediana (mm)	0.193
Coeff. Cernita So	4.379
Coeff. Asimetria	1.034



N. Laboratorio :		Parametri dell'analisi con la bilancia	
Crociera :		Peso Campione a secco : 3.15 g.	
Sigla campione : 33		Peso specifico : 2.442 (calcolato)	
Campionatore :		Temperatura sperimentale : 26°C	
Latitudine :		Tempo durata analisi : 20 min.	
Longitudine :		Date dell'analisi : 29.6.2015 12:35	
Profondità :		Trattamenti	
Ultima modifica : 2.7.2015 09:58			
Note :			
0,29 : 2 : 0			
0,50 : 2 : 0			
0,70 : 2 : 0			
Dati selezionati	Bilancia	61.9 %	
	Setacci	19.9 %	
	Sedigraph	18.3 %	

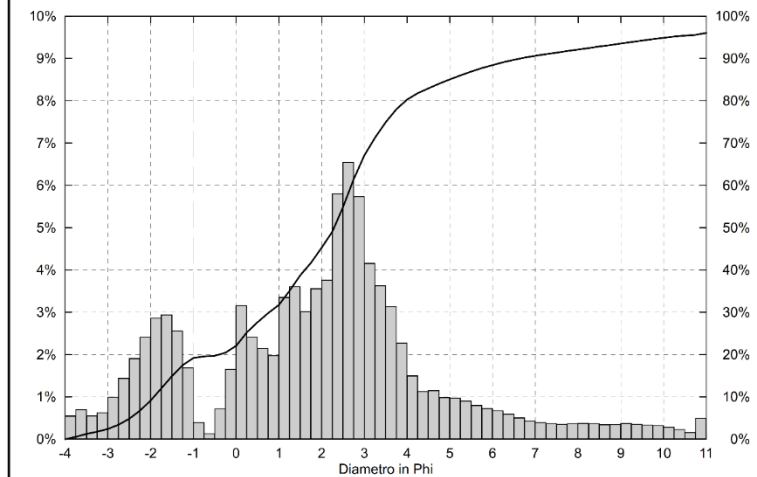
Classificazione (in %)			
	Wentworth		Nota
Ghiaia	19.20		19.20
Sabbia molto Grossolana	2.89		
Sabbia Grossolana	9.68	12.56	
Sabbia Media	13.52	61.11	35.35
Sabbia Fine	21.83		14.69
Sabbia Finissima	13.19		
Silt	11.80		11.73
Argilla	7.90		6.48

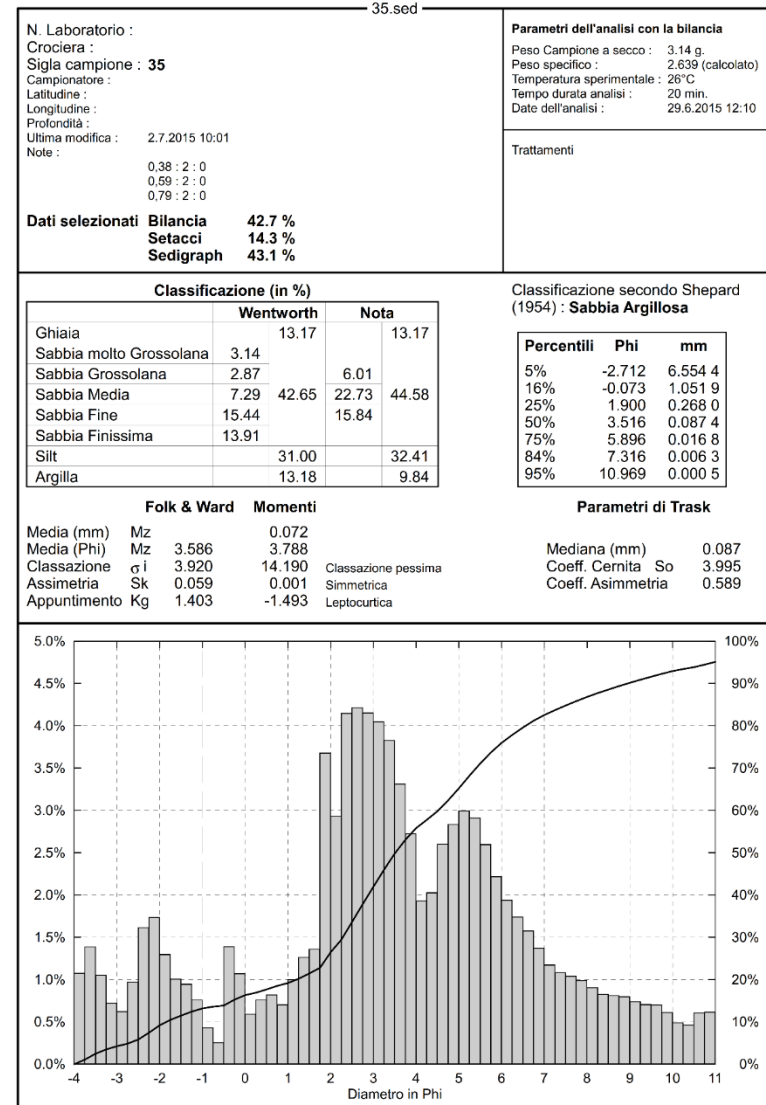
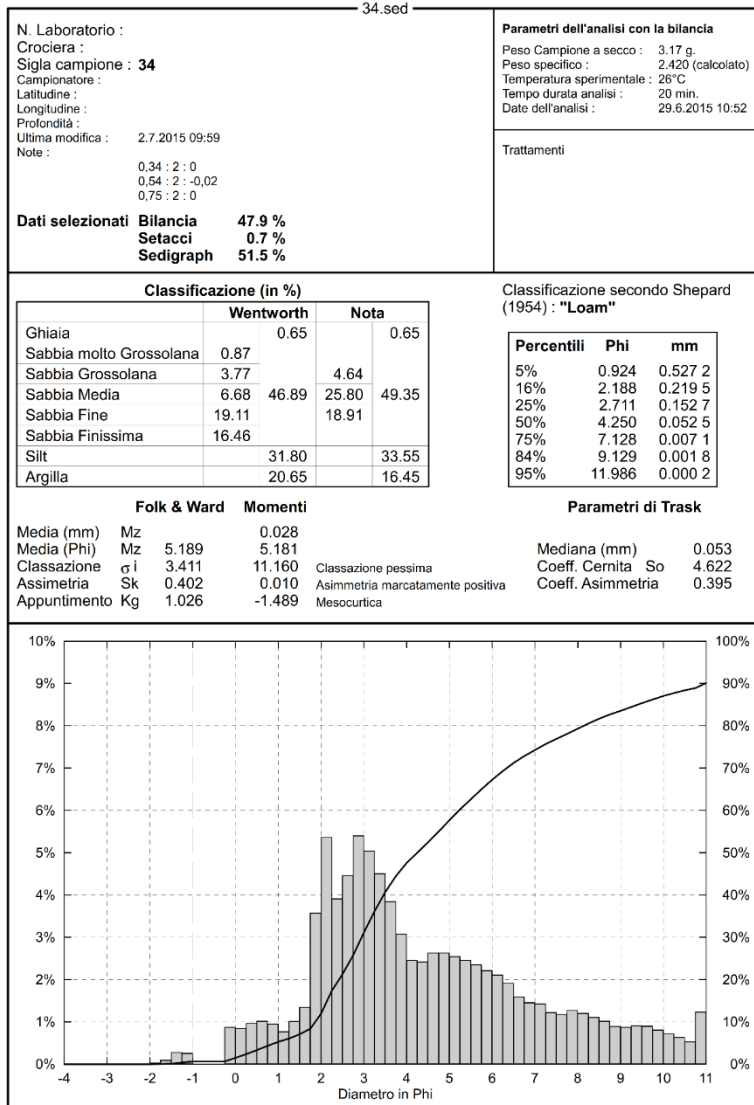
Classificazione secondo Shepard (1954) : **Sabbia**

Percentili	Phi	mm
5%	-2.479	5.575 1
16%	-1.398	2.634 5
25%	0.231	0.851 9
50%	2.292	0.204 2
75%	3.508	0.087 9
84%	4.735	0.037 5
95%	10.095	0.000 9

Folk & Ward			Momenti	
Media (mm)	Mz		0.198	
Media (Phi)	Mz	1.876	2.339	
Classazione	σ_i	3.438	11.771	Classazione pessima
Assimetria	Sk	0.019	0.011	Simmetrica
Appuntimento	Kg	1.572	-1.485	Molto leptocurtica

Parametri di Trask	
Mediana (mm)	0.204
Coeff. Cernita So	3.114
Coeff. Asimetria	1.795





36.sed

N. Laboratorio :
Crociera :
Sigla campione : **36**
Campionatore :
Latitudine :
Longitudine :
Profondità :
Ultima modifica : 2.7.2015 10:03
Note :

0,29 : 2 : 0
0,50 : 2 : 0
0,70 : 2 : 0

Dati selezionati Bilancia 47.7 %
Setacci 19.1 %
Sedigraph 33.2 %

Parametri dell'analisi con la bilancia
Peso Campione a secco : 3.14 g.
Peso specifico : 2.343 (calcolato)
Temperatura sperimentale : 26°C
Tempo durata analisi : 20 min.
Date dell'analisi : 29.6.2015 10:15

Trattamenti

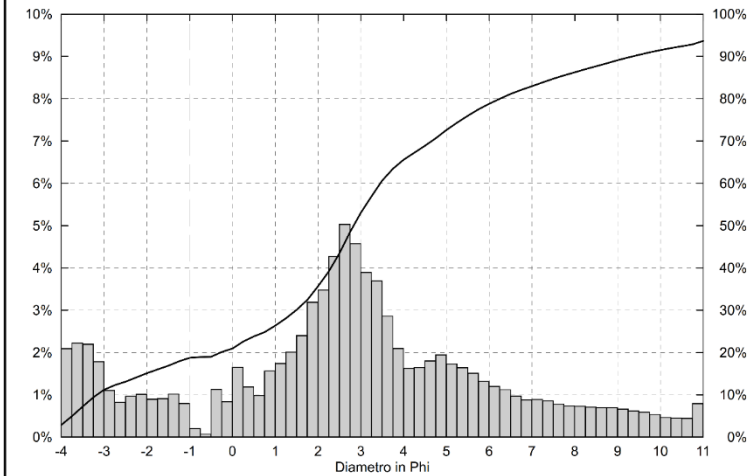
Classificazione (in %)			
	Wentworth	Nota	
Ghiaia	18.73	18.73	
Sabbia molto Grossolana	2.24		
Sabbia Grossolana	5.39	7.63	
Sabbia Media	9.34	46.86	48.49
Sabbia Fine	17.35	14.17	
Sabbia Finissima	12.55		
Silt	20.67		21.88
Argilla	13.74		10.90

Classificazione secondo Shepard (1954) : **Sabbia Argillosa**

Percentili	Phi	mm
5%	-3.750	13.457 8
16%	-1.753	3.370 2
25%	0.782	0.581 5
50%	2.833	0.140 3
75%	5.350	0.024 5
84%	7.285	0.006 4
95%	11.423	0.000 4

Folk & Ward **Momenti**
Media (mm) Mz 0.117
Media (Phi) Mz 2.788 3.097
Classazione σ_i 4.558 17.815 Classazione pessima
Assimmetria Sk 0.059 0.002 Simmetrica
Appuntimento Kg 1.362 -1.496 Leptocurtica

Parametri di Trask
Mediana (mm) 0.140
Coeff. Cernita So 4.869
Coeff. Assimmetria 0.724



37.sed

N. Laboratorio :
Crociera :
Sigla campione : **37**
Campionatore :
Latitudine :
Longitudine :
Profondità :
Ultima modifica : 2.7.2015 10:26
Note :

0,22 : 2 : 0
0,43 : 2 : 0
0,63 : 2 : 0

Dati selezionati Bilancia 39.5 %
Setacci 27.3 %
Sedigraph 33.2 %

Parametri dell'analisi con la bilancia
Peso Campione a secco : 2.81 g.
Peso specifico : 2.322 (calcolato)
Temperatura sperimentale : 26°C
Tempo durata analisi : 20 min.
Date dell'analisi : 29.6.2015 11:42

Trattamenti

Classificazione (in %)			
	Wentworth	Nota	
Ghiaia	26.73	26.73	
Sabbia molto Grossolana	4.81		
Sabbia Grossolana	10.01	14.82	
Sabbia Media	9.47	39.64	40.35
Sabbia Fine	9.28	6.78	
Sabbia Finissima	6.07		
Silt	13.01		15.23
Argilla	20.62		17.69

Classificazione secondo Shepard (1954) : **Non Classificabile**

Percentili	Phi	mm
5%	-3.913	15.065 2
16%	-2.730	6.635 1
25%	-1.348	2.544 8
50%	1.894	0.269 1
75%	6.406	0.011 8
84%	9.591	0.001 3
95%	12.163	0.000 2

Folk & Ward **Momenti**
Media (mm) Mz 0.138
Media (Phi) Mz 2.918 2.857
Classazione σ_i 5.516 25.865 Classazione pessima
Assimmetria Sk 0.264 0.002 Assimmetria positiva
Appuntimento Kg 0.850 -1.498 Platicurtica

Parametri di Trask
Mediana (mm) 0.269
Coeff. Cernita So 14.693
Coeff. Assimmetria 0.414

