



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

DOTTORATO DI RICERCA IN

SCIENZE STORICHE E ARCHEOLOGICHE. MEMORIA, CIVILTÀ E  
PATRIMONIO

Ciclo 38°

**Settore Concorsuale: 10/A1 - ARCHEOLOGIA**

**Settore Scientifico Disciplinare: L-ANT/10 - METODOLOGIE DELLA RICERCA ARCHEOLOGICA**

**METODOLOGIE DI RICERCA ARCHEOLOGICA  
BIOMOLECOLARE NELLE SCIENZE MUSEALI.  
IL CASO STUDIO DELLE FAUNE PREISTORICHE DI  
CHIOMONTE-LA MADDALENA (TO)**

**Presentata da:** Marlisa Mazzola

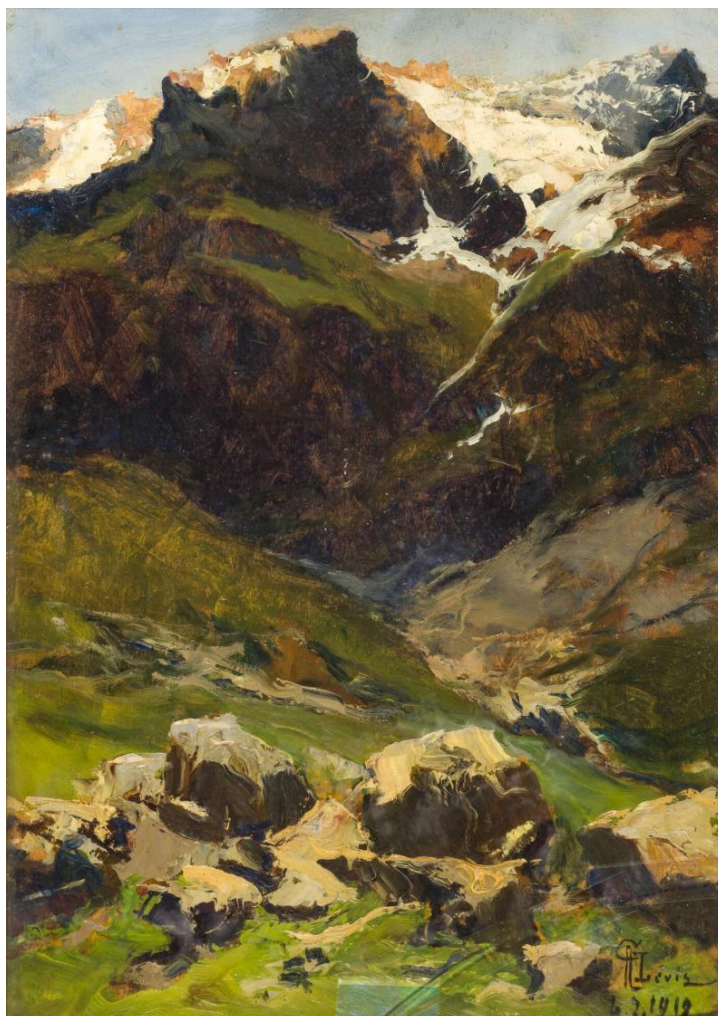
**Coordinatore Dottorato**  
Andrea Augenti

**Supervisore**  
Antonio Curci

**Co-supervisor**  
Beatrice Demarchi  
Elisabetta Cilli

Esame finale anno 2026

# Metodologie di ricerca archeologica biomolecolare nelle scienze museali. Il caso studio delle faune preistoriche di Chiomonte-La Maddalena (TO)



Finanziato dall'Unione europea - Next Generation EU, Missione 4, Componente 2, Investimento 3.3  
(D.M. 117/2023) CUP J33C22001970002



# Indice

Abstract .....	4
Capitolo 1. Introduzione.....	5
1.1 Stato dell'arte .....	6
1.2 Obiettivi del progetto .....	7
1.3 Piano di ricerca .....	8
Capitolo 2. Il museo archeologico come spazio interdisciplinare tra tradizione e innovazione.....	11
2.1 Il Museo di Antichità di Torino e l'importanza dei depositi museali .....	11
2.2 Lo studio delle collezioni biologiche museali.....	15
Archeozoologia.....	18
Paleoproteomica e metodo ZooMS .....	20
DNA antico.....	24
Capitolo 3. Contesto storico-archeologico .....	28
3.1 Il Neolitico sulle Alpi occidentali: modelli di popolamento e reti di scambio.....	28
3.2 Il Neolitico della Valle di Susa: siti e culture materiali .....	35
La cultura dei Vasi a Bocca Quadrata (VBQ) .....	36
La cultura di Chassey .....	39
3.3 Culture della Valle di Susa.....	42
3.4 Lo sfruttamento della fauna nel Neolitico dell'Italia settentrionale e delle Alpi francesi .....	46
Capitolo 4. Il caso studio: La Maddalena di Chiomonte .....	54
4.1 Gli scavi e la stratigrafia .....	54
4.2 L'abitato.....	59
4.3 Il cimitero.....	62
4.4 La cultura materiale .....	65
4.5 L'ambiente e il paesaggio .....	69
4.6 Dopo il Neolitico.....	72
4.7 La storia museale .....	75
4.8 Lo studio pilota sulle archeofaune .....	79
Capitolo 5. Materiali e Metodi .....	86
5.1 Studio bibliografico, analisi della documentazione e selezione dei materiali.....	86
5.2 Datazioni al radiocarbonio .....	92
5.3 Analisi archeozoologiche .....	94
5.4 Analisi ZooMS.....	96
Selezione dei reperti .....	96
Precauzioni contro il rischio di contaminazione e campionamento.....	96
Demineralizzazione .....	97

Estrazione del collagene .....	97
Ultrafiltrazione e digestione .....	98
Acidificazione e purificazione .....	99
Concentrazione .....	100
Spotting.....	100
Analisi MALDI-TOF-MS.....	102
Analisi dei dati.....	103
5.5 Analisi aDNA.....	104
Precauzioni contro il rischio di contaminazione.....	105
Campionamento.....	106
Estrazione .....	107
Purificazione.....	108
Preparazione delle librerie .....	109
Sequenziamento.....	112
Analisi bioinformatiche .....	113
Capitolo 6. Risultati.....	115
6.1 Datazioni al radiocarbonio .....	115
6.2 Analisi archeozoologiche e ZooMS .....	115
6.3 Analisi aDNA.....	124
Capitolo 7. Discussione.....	136
7.1 Inquadramento cronologico .....	136
7.2 Strategie di sussistenza.....	136
7.3 Potenzialità e limiti delle diverse analisi: verso un approccio metodologico integrato .....	141
Capitolo 8. Conclusioni e prospettive .....	151
8.1 Un possibile percorso espositivo per le faune di Chiomonte .....	151
8.2 Un protocollo per lo studio e la valorizzazione delle archeofaune musealizzate.....	158
8.3 Considerazioni finali e prospettive future .....	161
Appendici .....	164
A) Materiale supplementare.....	164
Tabella A .....	164
Tabella B.....	172
Spettri di massa.....	177
B) Bibliografia .....	224

# Abstract

La presente ricerca si concentra sull'applicazione di metodologie di indagine tradizionali e innovative per lo studio di collezioni archeozoologiche musealizzate, prendendo come caso studio il sito neolitico di Chiomonte-La Maddalena (Valle di Susa, Torino). L'analisi di questi materiali, scavati negli anni Ottanta e a lungo conservati nei depositi dei Musei Reali di Torino, ha offerto l'occasione per sviluppare e testare un protocollo di indagine capace di valorizzare resti faunistici frammentari, beni culturali a tutti gli effetti.

Il lavoro ha previsto tre fasi principali di analisi, applicate in modo integrato e complementare: (1) analisi archeozoologica tradizionale su 265 reperti, volta alla determinazione anatomica e tassonomica; (2) analisi ZooMS (*Zooarchaeology by Mass Spectrometry*) su 138 campioni, al fine di superare i limiti dell'identificazione morfologica e ridurre l'incidenza dei resti indeterminati; (3) analisi del DNA antico su tre rocche petrose, selezionate per testare la resa genetica e valutare l'efficacia nella determinazione tassonomica rispetto ai risultati proteomici. Un primo step di analisi della documentazione storica disponibile ha consentito la selezione mirata di materiali significativi, mentre nuove datazioni al radiocarbonio hanno permesso di precisare l'inquadramento cronologico dei reperti, confermando l'attribuzione al tardo Neolitico (3942–3373 cal BCE).

I risultati hanno evidenziato una significativa riduzione dei resti indeterminati (dal 24% al 4%), una più nitida definizione dello spettro faunistico e l'individuazione di *taxa* selvatici e domestici in grado di delineare strategie di sussistenza basate sulla complementarità tra allevamento e caccia. La ricerca dimostra inoltre come collezioni museali storiche, a lungo trascurate, possano oggi costituire archivi preziosi per nuove domande di ricerca, offrendo un campo privilegiato per sperimentare approcci interdisciplinari.

Il protocollo elaborato, adattabile ad altri contesti e materiali musealizzati, si propone come modello replicabile per la valorizzazione del patrimonio archeozoologico conservato nei depositi, anche attraverso la progettazione di un percorso espositivo che include l'impiego di ricostruzioni 3D di alcuni reperti. Oltre agli avanzamenti scientifici, questo lavoro contribuisce a rafforzare la dimensione divulgativa e didattica, restituendo nuova vita a collezioni finora marginalizzate e consolidando il ruolo dei musei come luoghi di produzione di conoscenza scientifica e di restituzione pubblica dei risultati della ricerca.

# Capitolo 1. Introduzione

Questa ricerca nasce dall'esigenza di sviluppare un protocollo di indagine innovativo e interdisciplinare per lo studio e la valorizzazione di resti archeofaunistici musealizzati, beni culturali a tutti gli effetti in quanto testimonianze materiali con valore di civiltà (Fossà 2005): *"I frammenti di ossa antiche mancano dell'appeal estetico dei manufatti o della grandiosità degli edifici antichi, eppure possiedono una complessa fascinazione che deriva in parte dalla loro origine zoologica come testimonianza di animali morti da lungo tempo, e in parte da ciò che possiamo dedurre da esse riguardo alle attività umane passate e al coinvolgimento delle persone nella vita di tali animali"* (O'Connor, 2000 - *The Archaeology of Animal Bones*, p. 3). Il presente lavoro intende dunque valorizzare tali materiali spesso marginalizzati, ma potenzialmente ricchi di informazioni per la comprensione del nostro passato.

Questo progetto di dottorato è stato finanziato tramite fondi dell'Unione Europea - **Next Generation EU**, Missione 4, Componente 2, Investimento 3.3 (D.M. 117/2023) CUP J33C22001970002, con una borsa dedicata alla tematica **“Metodologie di ricerca archeologica biomolecolare nelle scienze museali. Costruire un ciclo virtuoso tra scienze archeologiche del terzo millennio, protocolli conservativi, gestione e valorizzazione”**. Lo studio si è quindi concentrato su un caso studio derivante da collezioni archeofaunistiche musealizzate, combinando metodi di indagine tradizionali con analisi molecolari innovative.

L'applicazione di tecniche biomolecolari allo studio dei reperti fa sì che il dottorato rientri nell'ambito degli studi di **“museomica”**, ovvero l'applicazione delle tecniche -omiche (es. paleogenomica e paleoproteomica) a campioni museali. Mentre i musei di storia naturale sono attivi in questo campo da almeno un decennio (Guschanski et al. 2013; Irestedt et al. 2022; Blair 2024), quelli archeologici sembrano non aver ancora pienamente abbracciato le opportunità offerte da quest'area (Copley 2010). Questo progetto si propone dunque come contributo a una rinnovata **“archeologia museale”** che sia in grado di coniugare approcci umanistici e scientifici, capace di valorizzare e rileggere contesti finora trascurati.

La realizzazione di questo studio è stata resa possibile grazie alla collaborazione tra differenti università (Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, Università di Torino, University of Groningen), musei (Musei Reali di Torino, Museo di Anatomia Umana Luigi Rolando di Torino) e centri di ricerca internazionali (Institut Jacques Monod - CNRS, Université Paris Cité). In particolare, nell’ambito del presente progetto di dottorato è stata attivata una convenzione tra l’Università di Bologna e i Musei Reali di Torino, che ha previsto il coinvolgimento diretto del Museo nelle attività di ricerca e nella messa a disposizione di spazi e materiali. Ciò ha consentito un importante primo passo per il ristudio e l’elaborazione di un progetto di musealizzazione di un sito archeologico tanto affascinante quanto complesso: **La Maddalena di Chiomonte**, in Valle di Susa.

## 1.1 Stato dell’arte

Lo studio del passato ha conosciuto negli ultimi decenni importanti trasformazioni grazie all’adozione di metodologie scientifiche sempre più all’avanguardia. Queste innovazioni consentono di risalire ulteriormente nel tempo e di aumentare il dettaglio di un quadro spesso non accompagnato da fonti scritte. In particolare, i passi avanti nei campi della spettrometria di massa e della genomica possono oggi offrire risposte “*a domande che nemmeno sapevamo di dover chiedere*” (Mikanowski 2024). Oltre agli aspetti innovativi legati allo sviluppo metodologico e tecnologico, l’archeologia presenta anche costanti progressi sul piano teorico, che contribuiscono a ridefinire domande di ricerca e modelli interpretativi, rendendo così questo settore di studio un ambito dinamico e interdisciplinare.

Nel campo dell’archeozoologia, la disciplina che studia i resti animali provenienti da contesti archeologici al fine di ricostruire il rapporto tra gli esseri umani e gli animali nel passato, il metodo morfologico è utilizzato in Italia sin dal XIX secolo (De Grossi Mazzorin 2014). Questa metodologia, tuttavia, sottostà alla soggettività e all’esperienza dell’operatore, così come allo stato di preservazione del reperto e ai metodi di scavo. Tecniche analitiche quali lo studio del DNA antico furono introdotte negli anni Ottanta (Higuchi et al. 1984; Pääbo 1989), mentre i primi studi pionieristici nell’ambito della paleoproteomica basati sull’impiego della spettrometria di massa risalgono agli anni Duemila (Ostrom et al. 2000), evolvendosi nel tempo grazie a continue innovazioni tecnologiche e all’impiego di protocolli analitici più accurati (Cappellini et al. 2018).

In tale contesto si inserisce questa tesi di dottorato, che mira a indagare tramite metodi morfologici e molecolari i resti archeofaunistici provenienti da un sito di profondo interesse per il Neolitico alpino: La Maddalena di Chiomonte, collocato a 781 metri s.l.m. sul versante sinistro della Dora Riparia in Valle di Susa, all'imbocco della valle del Rio Clarea. Le prime comunità che si insediarono nella zona circa seimila anni fa provenivano presumibilmente dall'odierna Francia, come suggerito dalle ceramiche di tipo *Chassey* rinvenute, sfruttando le vallate dell'arco alpino come collegamento piuttosto che considerarlo una barriera. Il sito è stato oggetto di scavi di emergenza negli anni Ottanta, durante i lavori per l'autostrada del Frejus; tutti i reperti vennero rimossi e, dopo vari trasferimenti, sono attualmente conservati presso i Musei Reali di Torino. La frammentarietà della documentazione e la complessità stratigrafica hanno a lungo ostacolato lo studio del sito, che può però oggi essere reinterpretato alla luce di nuove tecnologie e approcci interdisciplinari.

L'impiego integrato di metodologie innovative consente oggi, a quarant'anni dallo scavo archeologico, di rivalutare le modalità con cui le comunità antiche si relazionavano al mondo animale e il modo in cui sfruttavano l'ambiente circostante. Questo approccio permette inoltre di valorizzare reperti museali custoditi da decenni all'interno dei depositi: spazi essenziali della vita museale, spesso poco considerati, ma ricchi di beni culturali dimenticati che non hanno ancora terminato di fornire nuove informazioni sul nostro passato.

## 1.2 Obiettivi del progetto

Scopo di questa ricerca interdisciplinare è l'elaborazione di una metodologia di studio applicabile a contesti di scavo datati, utilizzando tecniche di indagine ben stabilite, mirata a incrementare le conoscenze relative ai materiali archeofaunistici e alle interazioni tra comunità umane e animali. Un aspetto importante è l'impiego di collezioni musealizzate: nonostante lo scenario più favorevole per effettuare analisi biomolecolari sia rappresentato da materiali freschi di scavo, al fine di garantire la massima affidabilità dei risultati e ridurre il rischio di contaminazione (Pruvost et al. 2007; Pilli et al. 2013), la maggior parte delle ricerche si fondano tuttavia su reperti custoditi nei musei, quanto meno per lo sviluppo di collezioni di riferimento (Hendy et al. 2018; McGrath et al. 2019; Gilbert et al. 2024; Monticone et al. 2024).

L'obiettivo principale del lavoro è stato lo sviluppo di un protocollo di indagine che permetta

lo studio e la valorizzazione di reperti archeofaunistici museali provenienti da contesti complessi, il quale è stato raggiunto tramite:

- l'applicazione di analisi scientifiche interdisciplinari (datazioni al radiocarbonio, archeozoologia, spettrometria di massa, analisi del DNA antico) a reperti archeofaunistici allo scopo di chiarire la stratigrafia e ricostruire la composizione faunistica del sito;
- l'integrazione delle analisi molecolari con la documentazione archeologica, per chiarire il contesto di provenienza delle archeofaune;
- la proposta di un possibile percorso di esposizione museale per la valorizzazione dei reperti archeofaunistici, attraverso la creazione di oggetti digitali tramite scannerizzazione 3D;
- l'avvio di una linea di ricerca museale attiva su materiali finora poco valorizzati, con l'auspicio di una futura riapertura di un museo del territorio a Chiomonte.

### 1.3 Piano di ricerca

L'analisi dei materiali ha richiesto un lungo lavoro preliminare di revisione e selezione dei reperti conservati nei depositi museali. Partendo da uno studio della letteratura e della **documentazione di scavo** disponibile, seppur lacunosa, e integrando tali dati con nuove **datazioni al radiocarbonio**, è stato possibile circoscrivere i campioni da analizzare.

Le analisi si sono dunque articolate in più fasi complementari:

- lo **studio archeozoologico** tradizionale, con il supporto di manuali e collezioni di confronto;
- l'applicazione della tecnica **ZooMS** (*Zooarchaeology by Mass Spectrometry*) su resti indeterminati o di dubbia identificazione;
- il sequenziamento del **DNA antico** su tre rocche petrose precedentemente identificate tramite ZooMS, al fine di valutarne la conservazione e attribuire con maggiore precisione un'identificazione tassonomica ai reperti.

La sezione introduttiva di questa tesi è articolata nei capitoli 1-3. In particolare, il **capitolo 2** fornirà una panoramica sul ruolo dei musei in quanto spazi di incontro multidisciplinare: tali istituzioni non si limitano infatti a costituire archivi per lo stoccaggio di beni culturali, ma si

configurano come spazi all'interno dei quali conservazione, ricerca e divulgazione dialogano in modo continuo nella produzione di nuova conoscenza. Dopo aver introdotto il Museo di Antichità di Torino, con un focus sull'importanza dei depositi museali, saranno quindi trattate le tematiche relative alla museomica, con una sintesi delle discipline che studiano reperti animali antichi utilizzate in questo lavoro di tesi (archeozoologia, paleoproteomica e DNA antico).

Il **capitolo 3** introdurrà invece dal punto di vista storico e archeologico il contesto del caso studio: saranno presentati i modelli di popolamento e le reti di scambio presenti sulle Alpi Occidentali durante il Neolitico, descrivendo il passaggio da comunità mobili a insediamenti stabili e interconnessi delle prime società agropastorali che popolarono questo importante crocevia economico e culturale tra Mediterraneo ed Europa continentale. Verranno dunque presentati i principali siti neolitici della Valle di Susa, con una descrizione delle culture materiali che ne caratterizzarono il tardo Neolitico, ovvero la cultura dei Vasi a Bocca Quadrata e la cultura di Chassey. Infine, sarà fornita una panoramica sullo sfruttamento della fauna nel Neolitico dell'Italia settentrionale e delle Alpi francesi, mediante una revisione di pubblicazioni a carattere archeozoologico.

Il **capitolo 4** sarà invece dedicato alla presentazione del caso studio de La Maddalena di Chiomonte, attraverso una rassegna dei dati attualmente disponibili, raccolti principalmente durante studi condotti tra gli anni Ottanta e Duemila: verranno trattati gli aspetti relativi agli scavi, alla stratigrafia, alla necropoli e alla cultura materiale, così come l'ambiente preistorico, la storia museale dei reperti e i risultati ottenuti durante i primi studi pilota delle faune.

Nel **capitolo 5** verranno illustrati nel dettaglio i materiali e i metodi impiegati nello svolgimento della ricerca: lo studio bibliografico, le analisi della documentazione e la selezione dei materiali, le nuove datazioni al radiocarbonio, le analisi archeozoologiche, le analisi ZooMS e le analisi del DNA antico, riportando i differenti protocolli utilizzati. I risultati ottenuti verranno quindi presentati all'interno del **capitolo 6**, accompagnato da grafici quantitativi utili a interpretare lo spettro faunistico presente. Tali risultati saranno discussi nel **capitolo 7**, dedicato all'inquadramento cronologico e la stratigrafia alla luce delle nuove datazioni, le strategie di sussistenza, le potenzialità e i limiti dei metodi utilizzati e i vantaggi forniti da una loro integrazione metodologica.

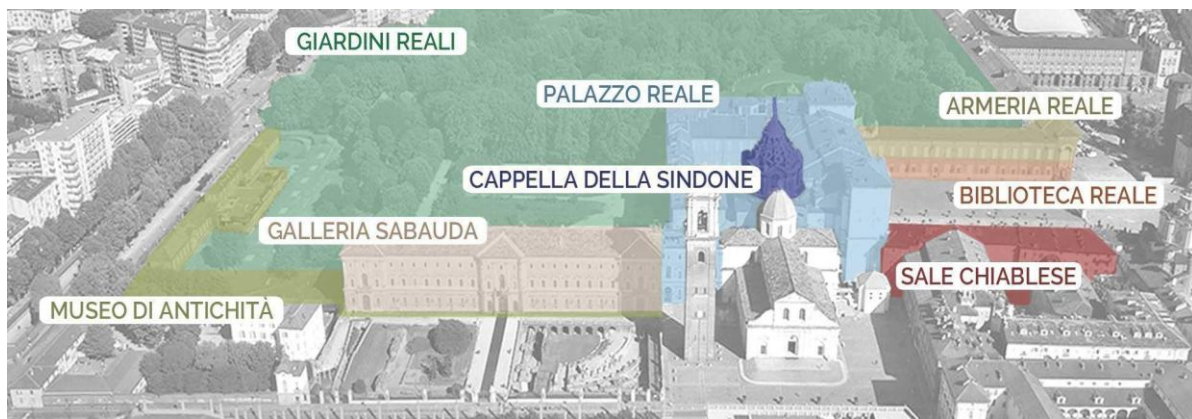
Il **capitolo 8** trarrà infine conclusioni e prospettive future del lavoro svolto: la prima sezione sarà dedicata alla descrizione del protocollo sviluppato che, partendo da analisi di ampio respiro per giungere a informazioni sempre più di dettaglio, consente con l'integrazione di differenti metodologie di ricostruire aspetti di vita delle comunità preistoriche chiomontine, mirando a divulgare la ricerca condotta e valorizzare una tipologia marginalizzata di reperti archeologici. La seconda sezione proporrà infatti una possibile esposizione museale che possa dare nuova voce alle ossa studiate mediante la realizzazione di pannelli espositivi e scannerizzazioni 3D, comunicando in modo semplice e coinvolgente al pubblico la ricerca archeologica e illustrando come delle semplici ossa possano narrare la vita quotidiana di popolazioni che vissero il territorio migliaia di anni fa.

A chiudere il lavoro, nella sezione “**Appendici**”, saranno fornite le tabelle complete di tutti i dati raccolti, gli spettri di massa ZooMS e la bibliografia utilizzata.

## Capitolo 2. Il museo archeologico come spazio interdisciplinare tra tradizione e innovazione

### 2.1 Il Museo di Antichità di Torino e l'importanza dei depositi museali

I **Musei Reali di Torino (MRT)** costituiscono uno dei più importanti complessi museali d'Europa, con un itinerario artistico, storico e naturalistico che si snoda attraverso testimonianze databili dalla Preistoria all'età moderna. Sono composti dal Palazzo Reale, l'Armeria Reale, la Galleria Sabauda, il Museo di Antichità, i Giardini Reali, la Biblioteca Reale, le Sale Chiablese e la Cappella della Sindone, per un totale di un'area di oltre 50.000 metri quadri.



**Figura 1.** Il complesso museale MRT

Il complesso museale fu istituito nel 2014 con il nome di “Polo Reale”, raggruppando istituti prima autonomi. L'attuale denominazione e struttura furono adottate nel 2016, con l'acquisizione al percorso di visita della Cappella della Sindone e di Palazzo Chiablese. A questi spazi si aggiunsero inoltre il Teatro Romano nel 2021; nel 2022 venne inaugurata la Galleria Archeologica presso la Manica Nuova di Palazzo Reale e, nel 2024, aprì il percorso di visita della basilica paleocristiana del Salvatore (Panero 2022).

Il primo nucleo del **Museo di Antichità** risale alle acquisizioni da parte del duca Emanuele Filiberto di Savoia e, successivamente, di suo figlio Carlo Emanuele I, avvenute tra il XVI e il XVII secolo. La nascita vera e propria del Museo avvenne però nella prima metà del XVIII secolo, quando il re Vittorio Amedeo II decise di radunare le numerose epigrafi rinvenute durante la demolizione delle mura seicentesche all'interno della sede dell'Università appena

costruita in Via Verdi. Negli anni successivi si aggiunsero reperti provenienti dal territorio piemontese, tra cui i resti archeologici di Augusta Taurinorum emersi nel 1723 durante i lavori di demolizione del centro storico di Torino. Nel 1739 vennero allestiti i piani superiori del Regio Museo di Antichità dell'Università di Torino, voluto da Vittorio Amedeo II re di Sardegna, con una ripartizione degli spazi in Camere di Fisica, di Botanica, del Regno Animale e di "Notomia", oltre alla Galleria Comune e alla Camera di curiosità. In quest'ultima erano custoditi i materiali archeologici che confluiranno, insieme a numerose altre acquisizioni nei secoli successivi, nelle collezioni del Museo di Antichità (Panero 2022).

A partire dal 1832, le antichità classiche vennero trasferite presso l'Accademia delle Scienze a Palazzo dei Nobili dove confluirono insieme alla collezione egizia, andando così a costituire il Regio Museo di antichità Greche, Romane ed Egizie. Le collezioni storiche rimasero dunque per lungo tempo frammentate in più sedi, custodite spesso in spazi ridotti e sacrificati a causa della più celebre collezione egizia. Ciononostante, le acquisizioni crebbero con materiali provenienti dal territorio piemontese, vedendo anche un incremento dei resti risalenti alla preistoria e alla protostoria. La separazione dal Museo Egizio avvenne solamente nel 1939; a partire da questo momento, fino agli anni Settanta del Novecento, il Museo di Antichità continuò a condividere gli spazi con il Museo Egizio, di fatto passando in gestione alla Soprintendenza (Panero 2022).



**Figura 2.** Il Regio Museo di Antichità ed Egizio e l'Accademia delle Scienze, dipinto di Lorenzo Delleani, 1871. GAM - Galleria Civica d'Arte Moderna e Contemporanea, Torino

Il trasferimento del museo presso l'Orangerie di Palazzo Reale segnò l'avvio di una nuova concezione di museo archeologico, incentrata sulla valorizzazione dei materiali provenienti dagli scavi condotti dalla Soprintendenza. Il percorso espositivo si articola attualmente in tre sezioni: la **Galleria Archeologica**, inaugurata nel 1989, custodisce le collezioni storiche appartenute ai Savoia o provenienti da scavi antichi nel territorio; la sezione **Archeologia a Torino**, aperta nel 2013 al piano interrato della Manica Nuova e contigua alle rovine del teatro romano, documenta l'evoluzione storica della città; infine, dal 1998, il **Padiglione del Territorio Piemontese**, ospitato in un luminoso spazio ipogeico situato tra la Manica Nuova e le serre del Palazzo Reale, presenta un ricco repertorio di testimonianze archeologiche che spaziano dalla Preistoria al Basso Medioevo (Panero 2022). I **Depositi del Museo di Antichità** di Torino sono adibiti alla conservazione e allo studio di materiale archeologico attinente alle collezioni dei Musei Reali, di beni archeologici oggetto di sequestro da parte delle autorità giudiziarie e di reperti provenienti da ricerche archeologiche sul territorio condotte da università, istituti di ricerca ed enti preposti alla tutela del patrimonio culturale.



**Figura 3.** I depositi del Museo di Antichità di Torino, all'interno dei Musei Reali

Nel 2019, la giornata di studi “*L'essenziale è invisibile agli occhi*”, tenutasi a Matera e organizzata dall'ICOM (International Council of Museums), ha definito i depositi museali come “*risorse invisibili, nodi cruciali della prassi museale attuale, occasioni per operare in una logica multidisciplinare, spazi di studio e ricerca e presidi di tutela attiva e luoghi di inserimento occupazionale delle professionalità museali*” (ICOM Italia-International Council of Museums 2019). L'incontro ha evidenziato l'importanza di questi spazi in quanto luoghi di custodia per beni non utilizzabili in un momento specifico dell'allestimento museale, ma

disponibili per allestimenti futuri, esposizioni temporanee, laboratori e programmi educativi. La visione museologica sviluppata in anni più recenti individua, infatti, i depositi come luoghi fondamentali per la vita attiva dei musei, veri e propri archivi pubblici e non meri spazi di accumulo o marginalizzazione dei reperti (Ferruzza e Marras 2020).

Questi spazi costituiscono un ambiente nel quale è possibile integrare ricerca e conservazione, luoghi di aggregazione in cui specialisti di differenti settori possano collaborare mettendo a frutto competenze diverse. Secondo un'inchiesta condotta a livello mondiale da UNESCO e ICCROM nel 2011, oltre l'80% dei reperti museali è conservato all'interno dei depositi, non solamente per motivi di spazio ma anche per questioni puramente conservative. Tuttavia, il 60% degli spazi destinati ai depositi risulta insufficiente o inadeguato per quanto riguarda la conservazione e la sicurezza, rendendoli spesso inaccessibili al pubblico (Ferruzza e Marras 2020). In Italia, la consapevolezza riguardo l'importanza delle collezioni museali custodite in deposito è stata raggiunta in tempi relativamente recenti (Fossà 2005). Inoltre, un sondaggio condotto nel 2014-2015 sulle condizioni dei depositi dei musei archeologici italiani ha mostrato come l'accesso a tali aree da parte del pubblico su base annua sia estremamente basso, superando raramente le 50 unità all'anno (Mutillo 2019).

Numerose collezioni storiche biologiche sono attualmente conservate all'interno di depositi museali distribuiti in tutto il mondo: indagini internazionali hanno segnalato la presenza di miliardi di reperti all'interno di questi spazi, spesso accompagnati da criticità nella documentazione e nella gestione (ICCROM & UNESCO 2011). Questi reperti, spesso frutto di scavi ottocenteschi e novecenteschi, rappresentano archivi di grande potenziale scientifico, benché ancora largamente sottoutilizzati (Jones 2015). Il loro potenziale informativo è stato a lungo limitato dalla loro natura frammentaria e dalla scarsità di dati contestuali, ma l'avvento e la crescente applicazione delle tecniche biomolecolari hanno aperto nuove prospettive nello studio di questi materiali.

Secondo lo Statuto approvato nel 2017, la missione dei Musei Reali è quella di preservare e valorizzare il patrimonio utilizzando strumenti tradizionali e di nuova concezione, promuovendo la ricerca a carattere scientifico e la valorizzazione tramite divulgazione dei risultati ottenuti. In questo contesto, i depositi del Museo di Antichità di Torino, con la loro funzione di conservazione, studio e tutela attiva, costituiscono un luogo di rilievo per lo sviluppo di ricerche avanzate e interdisciplinari.

In questo quadro, i depositi del Museo di Antichità di Torino rivestono un ruolo fondamentale per il presente lavoro di ricerca: è infatti al loro interno che sono attualmente conservati i materiali provenienti dal sito de La Maddalena di Chiomonte, rimasti a lungo esclusi dal percorso espositivo. Grazie all'applicazione integrata di metodologie morfologiche e biomolecolari, tali materiali possono però oggi restituire nuove prospettive sul rapporto tra le comunità neolitiche e l'ambiente alpino, dimostrando come anche le collezioni “invisibili” dei depositi possano offrire un contributo decisivo alla conoscenza del nostro passato.

## 2.2 Lo studio delle collezioni biologiche museali

Il **museo**, secondo la definizione approvata dall'ICOM a Praga nel 2022, è “*un'istituzione permanente senza scopo di lucro e al servizio della società, che effettua ricerche, colleziona, conserva, interpreta ed espone il patrimonio materiale e immateriale. Aperto al pubblico, accessibile e inclusivo, il museo promuove la diversità e la sostenibilità. Opera e comunica eticamente e professionalmente e con la partecipazione delle comunità, offrendo esperienze diversificate per l'educazione, il piacere, la riflessione e la condivisione di conoscenze*”.

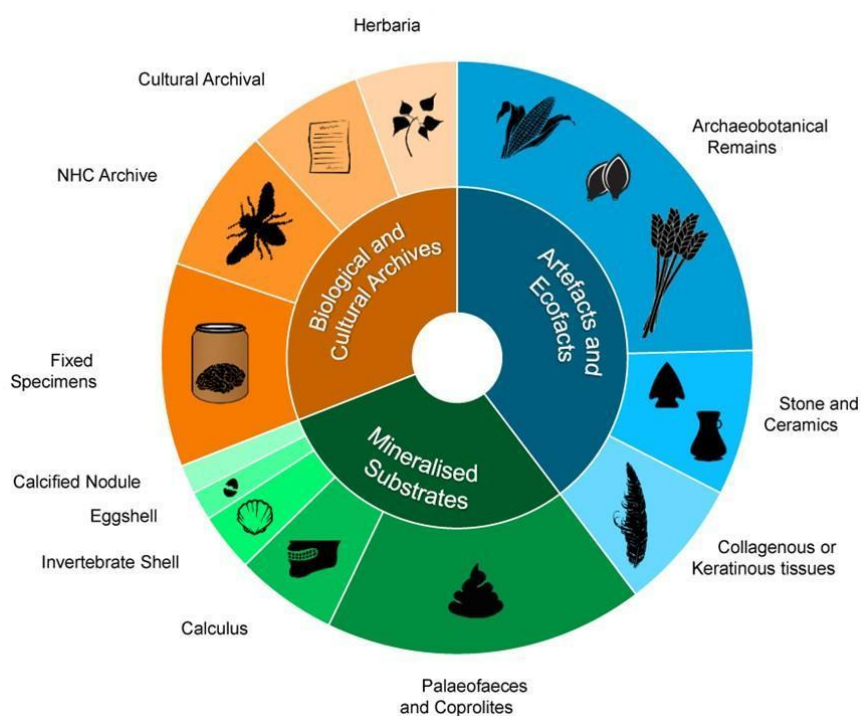
Questa definizione ha aperto nuove prospettive anche nello studio delle collezioni archeologiche biologiche, con un ruolo di primo piano dell'archeologia biomolecolare, disciplina che si occupa dello studio delle biomolecole antiche prodotte da organismi vissuti in passato, con l'obiettivo di comprendere i processi di preservazione delle biomolecole, ricostruire il paleoambiente e studiare l'evoluzione biologica e culturale degli esseri umani (Wells 2014).

Il termine “*museomics*” è un neologismo sincratico che indica l'applicazione di discipline biomolecolari allo studio di reperti museali di origine organica (Raxworthy e Smith 2021). Ciò consente ad esempio di indagare specie estinte, esplorare la diversità genetica del passato e analizzare questioni evolutive (Lalueza-Fox 2022). Il campo della museomica è cresciuto rapidamente in parallelo con le tecnologie ad alto rendimento, come il sequenziamento del DNA di nuova generazione (Guschanski et al. 2013; de Santana et al. 2021; Hahn et al. 2022). I recenti progressi nelle tecniche del DNA antico (aDNA), comprese le metodologie sperimentali e computazionali per l'analisi delle sequenze di campioni frammentari e altamente degradati, hanno accelerato la ricerca sulle collezioni e hanno permesso di superare molte sfide del passato (Blair 2024; Davis e Knapp 2025). Oltre al DNA, l'utilizzo della spettrometria di massa e lo studio delle proteine consentono di andare sempre più indietro nel

tempo, ottenendo informazioni da diversi substrati antichi e manufatti archeologici di origine animale (Giuffrida, Mazzoli, e Pessione 2018; Demarchi 2020; Monticone et al. 2024).

Recenti analisi del DNA antico applicate a campioni provenienti da collezioni museali hanno offerto nuovi strumenti per indagare diversi aspetti della storia evolutiva delle specie. Tali indagini hanno permesso di ricostruire traiettorie evolutive (Holmes et al. 2016; Lamichhaney et al. 2019), dedurre andamenti demografici delle popolazioni nel tempo (White, Mitchell, e Austin 2018; Andrews et al. 2025) e chiarire questioni tassonomiche (Vershina et al. 2020; Seersholm et al. 2021; Utzeri et al. 2023). Contestualmente, le metodologie proteomiche applicate allo studio di collezioni museali sono risultate efficaci in contesti cronologici e geografici in cui la conservazione del DNA risulta compromessa. Questi studi hanno apportato contributi rilevanti alla ricostruzione delle relazioni filogenetiche tra le specie (Buckley, Lawless, e Rybczynski 2019; Cappellini et al. 2019), allo studio delle abitudini alimentari e delle strategie di sussistenza adottate in epoche passate (Bleasdale et al. 2021), nonché alla comprensione di trasformazioni ambientali ed ecologiche nei sistemi del passato (Brown et al. 2021; Antonosyan et al. 2024).

L'impiego di tecniche biomolecolari su reperti museali presenta tuttavia una serie di criticità. In primo luogo, la variabilità delle metodologie di scavo, raccolta e documentazione adottate nel corso del tempo influisce direttamente sulla qualità del materiale disponibile per l'analisi. A ciò si aggiunge la diversità delle storie conservative: molti reperti sono stati e continuano a essere conservati a temperatura ambiente, condizione che accelera il degrado delle biomolecole e ne limita la conservazione a lungo termine (Zimmermann et al. 2008; Raxworthy e Smith 2021). Ulteriori complicazioni derivano dall'utilizzo di agenti consolidanti e adesivi a base di proteine animali, come il collagene presente in colle e resine, che introducono contaminanti proteici esogeni e possono interferire con le analisi biomolecolari (Prüfer et al. 2021). Un'altra sfida rilevante è rappresentata dall'elevato tasso di contaminazione esogena dei reperti, dovuto a frequenti manipolazioni spesso effettuate senza l'adozione di precauzioni adeguate, come l'uso di guanti e analisi condotte in ambienti sterili. La contaminazione può inoltre avvenire tra reperti diversi conservati all'interno dello stesso sacchetto, compromettendo così l'affidabilità delle analisi e l'interpretazione dei risultati. Per sopperire a tali problematiche, è dunque utile adottare diversi accorgimenti durante le analisi di laboratorio, che saranno illustrati in dettaglio nel capitolo 5.



**Figura 4.** Le diverse tipologie di substrato che possono essere oggetto di studio dell'aDNA e delle proteine antiche (Green e Speller 2017)

Se è vero che i musei di scienze naturali applicano linee di ricerca innovative da oltre un decennio (Wandeler, Hoeck, e Keller 2007; Bi et al. 2013; Holmes et al. 2016), è altrettanto vero che in Italia i musei archeologici non sembrano ancora aver pienamente integrato le nuove possibilità offerte dalla ricerca. Nonostante un approccio naturalistico in archeologia sia attestato sin dalla fine del Settecento, con l'analisi chimica di artefatti in metallo al fine di classificare il materiale - uno dei primi esempi risale al 1799, quando Martin Heinrich Klaproth (lo scopritore dell'elemento Uranio) eseguì tale analisi su una moneta di epoca romana - oggi la museomica tende a limitarsi per lo più all'esplorazione delle collezioni naturali o all'indagine di questioni prettamente biologiche (Blair 2024). Nel tentativo di ricostruire un passato privo di testimonianze scritte, risulta però evidente l'utilità di integrare anche informazioni non visibili all'occhio umano, rilevabili solamente tramite studi scientifici (Reindel e Wagner 2009).

Tra le diverse tipologie di resti biologici antichi, i campioni faunistici provenienti da scavi archeologici rappresentano una fonte di dati particolarmente significativa. La ricostruzione dello spettro faunistico permette infatti di comprendere come le comunità si sostentavano e

interagivano con l'ambiente, soprattutto in periodi di transizione verso nuove economie, come il Neolitico. In questo contesto, l'analisi delle specie presenti consente di valutare se la sussistenza fosse già basata su pratiche agropastorali oppure se la caccia rivestisse ancora un ruolo rilevante nella società. Le ossa animali, nonostante costituiscano una delle classi di materiale archeologico più frequentemente rinvenuta durante gli scavi (Crabtree 1990), sono però spesso relegate nei depositi museali, dal momento che per la loro intrinseca natura hanno poco *appeal* quando esposte in una vetrina (O'Connor 2000). Un approccio che integri discipline scientifiche e umanistiche può quindi svolgere un ruolo complementare nella ricerca archeologica, favorendo anche la realizzazione di esposizioni interdisciplinari nelle quali, a partire dal singolo reperto, vengano messi in dialogo i diversi aspetti ad esso collegati (Georgopoulou e Koliopoulos 2017). Le faune antiche sono però attualmente risorse sottoutilizzate nei musei che, se correttamente integrate nelle esposizioni, potrebbero arricchire la narrazione storica, facendo luce sul rapporto tra le comunità antiche e l'ambiente.

Per lo svolgimento di questo lavoro di ricerca sono state selezionate tre discipline fondamentali per lo studio delle ossa animali antiche: l'archeozoologia, la paleoproteomica e l'analisi del DNA antico. Queste metodologie di indagine, impiegate in modo complementare, hanno permesso di ricostruire in modo dettagliato la composizione faunistica del sito de La Maddalena di Chiomonte. Nei paragrafi seguenti si propone una breve panoramica di tali ambiti di studio.

## Archeozoologia

L'**archeozoologia** è la disciplina che si occupa dello studio delle interazioni intercorse tra popolazioni animali e comunità umane, dalla preistoria al passato recente, prendendo in considerazione le attività economiche, rituali e sociali (De Grossi Mazzorin 2008). Quella che spesso viene considerata una scienza ausiliaria dell'archeologia è, in realtà, una fondamentale fonte di informazione su cui si basa la ricerca archeologica. Le ossa animali costituiscono infatti una preziosa tipologia di materiale archeologico, non estraneo al contesto culturale che le ha prodotte (De Grossi Mazzorin 2009).

In Nord America, questa disciplina nacque con la denominazione di "zooarcheologia", termine che pone maggiore enfasi sull'aspetto antropologico. In Eurasia, invece, l'accento fu posto sull'aspetto biologico, adottando il termine "archeozoologia" (Steele 2015). Le due

definizioni sono attualmente spesso utilizzate come sinonimi e presentano gli stessi obiettivi, ovvero lo studio della biologia e dell'ecologia degli animali in spazi ed epoche differenti, nonché l'analisi della struttura e delle funzioni del comportamento umano in relazione ad essi, prendendo anche in considerazione interazioni di tipo pratico, simbolico e rituale. Le analisi possono riguardare tematiche di ampio raggio come la dieta umana e animale, l'utilizzo delle risorse, l'economia, la caccia, la domesticazione, l'allevamento, i network di scambi tra comunità umane, l'ambiente, gli adattamenti tecnologici, la demografia, l'urbanizzazione, la colonizzazione di nuovi territori, ma anche l'identità sociale, la salute e il clima (Steele 2015).

A partire dalla metà del XIX secolo, si iniziò a studiare ossa e conchiglie provenienti da scavi archeologici per ottenere maggiori informazioni sullo stile di vita delle popolazioni preistoriche e sull'ambiente in cui esse vivevano. L'origine dell'archeozoologia come disciplina specializzata nello studio dei resti faunistici è comunemente attribuita allo svizzero Rütimeyer, il cui lavoro del 1861, *Die Fauna der Pfahlbauten der Schweiz*, ebbe un'influenza decisiva sullo sviluppo della materia. Ciò stimolò anche studiosi italiani, che nei decenni successivi iniziarono ad analizzare le faune degli insediamenti preistorici della penisola, in particolare quelli delle palafitte e delle terramare (De Grossi Mazzorin 2014).

Tuttavia, per buona parte del secolo scorso perdurò una netta separazione tra studi umanistici e studi scientifici, comportando una minore enfasi sull'analisi dei resti di origine biologica e ponendo maggiore attenzione sugli aspetti storici, filosofici e artistici. Nella seconda metà degli anni Settanta, l'archeozoologia tornò ad assumere un ruolo di rilievo all'interno degli studi del passato, con la nascita di diversi progetti di ricerca e di laboratori specializzati. Nel 1993 nacque l'Associazione italiana di archeozoologia (AIAZ), che organizza convegni riguardanti le nuove scoperte relative a questo ambito di studi (De Grossi Mazzorin 2008). A livello internazionale, la più grande organizzazione dedicata alla disciplina è l'International Council of Archaeozoology (ICAZ), nata nel 1971.

I materiali studiati consistono generalmente in tessuti duri (spesso mineralizzati) di origine animale, i quali si conservano più a lungo nel tempo. Questi materiali possono comprendere ossa, denti, palchi, conchiglie, gusci d'uovo, otoliti e coproliti, ma anche spugne, coralli, granuli di lombrichi, esoscheletri e resti di peli e pelli. Soltanto in casi eccezionali di conservazione è possibile analizzare corpi interamente conservati, ad esempio per quanto riguarda le mummie e i resti congelati (De Grossi Mazzorin 2008).

Lo stato di preservazione dei diversi materiali biologici dipende infatti dalle condizioni ambientali del sito: in ambienti ben areati e ossigenati, la componente organica tende a degradarsi, lasciando in alcuni casi traccia della sola morfologia tramite processi di ricristallizzazione dei sali minerali. Ciò può risultare utile per un'analisi archeozoologica di tipo tradizionale, ma impedisce di eseguire ulteriori studi di tipo biomolecolare. In ambienti a pH acido la fase minerale non sopravvive, ma in siti con pH basso e anossia, come le torbiere, i tessuti molli si conservano tramite un processo chimico simile a quello operato per la concia delle pelli. La preservazione dei resti scheletrici avviene in modo ottimale a pH basico, soprattutto se *water-logged*, ad esempio in contesti caratterizzati dalla presenza di sedimenti lacustri. Una preservazione ottimale delle componenti sia organiche che inorganiche si presenta quando i resti sono conservati nel permafrost, con temperature molto basse, assenza di acqua liquida e di ossigeno.

È infine importante considerare che il campione analizzato durante uno studio di tipo archeozoologico non è necessariamente rappresentativo della fauna sfruttata dagli abitanti di un sito (*life assemblage*): i resti animali costituiscono infatti soltanto una piccola percentuale della reale composizione faunistica presente in un determinato contesto. La frazione presa in analisi dall'archeozoologia risulta soggetta a diversi *bias*, con resti non preservati a causa di fattori post-deposizionali biotici e abiotici e/o sfuggiti durante lo scavo, soprattutto per quanto riguarda elementi di piccole dimensioni. Nei casi in cui i reperti risultano fortemente frammentati e di difficile identificazione, come nel caso studio affrontato in questa tesi, risulta particolarmente utile integrare le analisi morfologiche con quelle biomolecolari.

## Paleoproteomica e metodo ZooMS

La **paleoproteomica** è la scienza che identifica e studia le proteine rinvenute in materiali provenienti da contesti storici, archeologici e paleontologici (Hendy 2021). Le proteine rappresentano una delle quattro principali classi di biomolecole antiche che possono essere analizzate partendo da materiali biologici recuperati presso siti archeologici, insieme al DNA, ai lipidi e ai carboidrati. Esse sono il risultato dei processi di trascrizione e traduzione del DNA: sebbene non tutte le informazioni genetiche vengano conservate nei peptidi, le proteine risultano fino a dieci volte più resistenti alla degradazione rispetto al DNA (Cappellini, Collins, e Gilbert 2014), permettendo dunque di indagare epoche più remote. Le sequenze proteiche più antiche si collocano nel Miocene, rinvenute in un uovo di struzzo proveniente

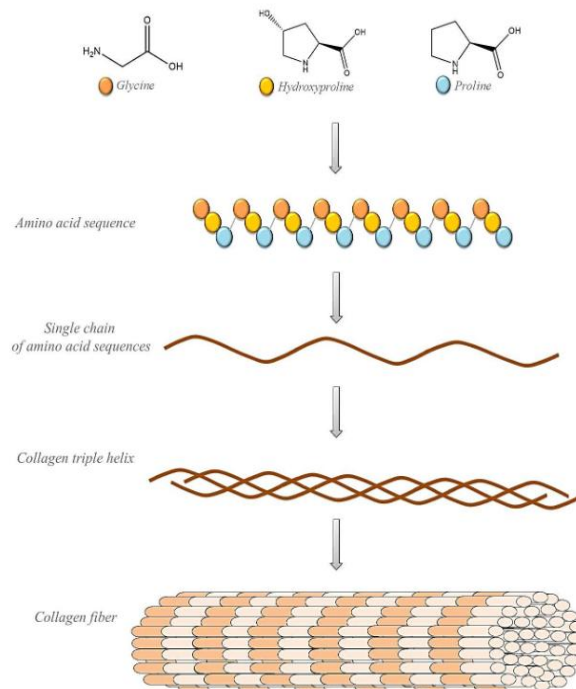
dalla Cina nord-occidentale risalente a più di 6,5 milioni di anni (Demarchi et al. 2022) e in un fossile di rinocerotide dall'Artico canadese risalente a oltre 21 milioni di anni (Paterson et al. 2025). I frammenti di DNA più antichi finora ritrovati hanno invece circa 2 milioni di anni: si tratta di DNA ambientale proveniente dal nord della Groenlandia, risalente al Pleistocene (Kjær et al. 2022).

Il primo studio riguardante le proteine antiche risale al 1954, con il rinvenimento di aminoacidi all'interno di fossili pleistocenici (Abelson 1954). Nel 1968 venne poi scoperto il potenziale dello studio della chiralità degli aminoacidi antichi per la datazione (Hare e Abelson 1968; Demarchi 2020), mentre il primo impiego di tecniche di immunologia risale al 1974 (de Jong et al. 1974). Nel 1980 fu sviluppato il metodo della "degradazione di Edman", il quale consentiva di sequenziare gli aminoacidi presenti all'interno dei peptidi: questa tecnica, tuttavia, richiedeva alte concentrazioni di proteine target purificate e non danneggiate, non risultando adatta per eseguire analisi su miscele complesse di antiche molecole degradate (Cappellini, Collins, e Gilbert 2014).

I progressi metodologici raggiunti nel campo della spettrometria di massa a partire dagli anni Duemila hanno però rivoluzionato le possibili applicazioni di questa disciplina, trovando impiego in numerose analisi paleontologiche e archeologiche, effettuate su reperti storici e preistorici (Hendy 2021). Il primo studio effettuato utilizzando la spettrometria di massa fu eseguito nel 2000 su ossa di bovino (Ostrom et al. 2000). Gli studi iniziali erano focalizzati sulle proteine più abbondanti nelle ossa: osteocalcina e collagene.

Dal 2009, l'avvento della spettrometria di massa MALDI-TOF e lo sviluppo del metodo **ZooMS** (*Zooarchaeology by Mass Spectrometry*) (Buckley et al. 2009, 2010) hanno trovato numerose applicazioni per identificare tassonomicamente materiali a base di collagene quali ossa, avorio, palchi, corna, pelle e altri tessuti molli. Questa tecnica consente ad esempio di determinare resti frammentari morfologicamente non riconoscibili, di distinguere *taxa* simili tra loro, di analizzare artefatti lavorati e di identificare collezioni museali quando i metadati associati ai reperti sono andati perduti. Nel corso dell'ultima decade, il metodo ZooMS ha

consentito di rispondere a questioni come la gestione della fauna, le strategie di sussistenza, il paleoambiente e l'ecologia del passato<sup>1</sup>.



**Figura 5.** Caratteristiche strutturali del collagene (Sobczak-Kupiec et al. 2021)

Il collagene è una proteina fibrosa strutturale a base di carbonio e azoto, componente principale del tessuto connettivo all'interno del regno animale. Il collagene di tipo I (COL1) si trova all'interno delle ossa ed è costituito da una tripla elica compatta, composta da tre catene polipeptidiche avvolte tra loro, ciascuna composta a sua volta da più di 1400 amminoacidi. Ciascuna di queste catene risulta costituita dalla ripetizione di triplette composte da G-X-Y, in cui G coincide con la glicina (Gly), X con la prolina (Pro) o l'idrossiprolina (Hyp) e Y con un altro aminoacido variabile. La presenza di glicina e prolina/idrossiprolina ogni tre residui fa sì che le tre catene alfa si avvolgano tra loro a formare la tipica struttura a tripla elica, con le tre catene tenute insieme dai legami idrogeno che si formano tra il gruppo carbossilico della prolina e il gruppo amminico della glicina. Il collagene è inoltre strettamente interconnesso a

<sup>1</sup> Per una panoramica aggiornata e approfondita dello stato dell'arte della tecnica ZooMS si vedano: Buckley M. Zooarchaeology by Mass Spectrometry (ZooMS). Handbook of Archaeological Sciences. Wiley; 2023. pp. 483–499; Warinner C, Korzow Richter K, Collins MJ. Paleoproteomics. Chem Rev. 2022;122: 13401–13446; Richter KK, Codlin MC, Seabrook M, Warinner C. A primer for ZooMS applications in archaeology. Proc Natl Acad Sci U S A. 2022;119: e2109323119.

livello nanometrico con la frazione minerale dell'osso, costituita da bioapatite. Le unità di microfibrilla-bioapatite sono a loro volta raggruppate in fibrille organizzate e riunite in fibre mineralizzate di dimensioni ancora maggiori, secondo una struttura gerarchica.

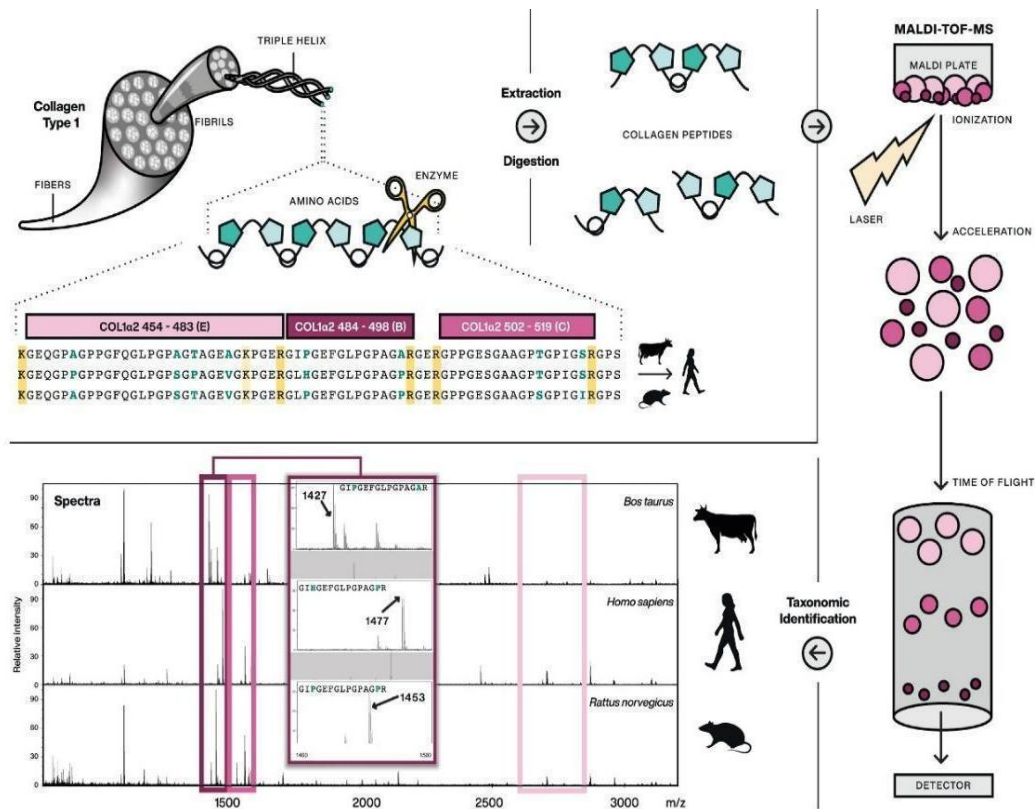


Figura 6. Il metodo ZooMS (Brown et al. 2021)

La tecnica ZooMS sfrutta frammenti di collagene al fine di identificare tassonomicamente le diverse specie animali, basandosi sulle differenze nella sequenza amminoacidica del collagene di tipo I tra le diverse specie, che risulta in una differenza di massa dei peptidi. La differenza di massa può essere rilevata tramite uno spettrometro, il quale fornisce l' "impronta digitale" (*fingerprint*) del *taxon* in esame (Steele 2015). Questo metodo di indagine può essere applicato a materiali differenti come ossa, denti, pergamene, avorio, gusci d'uovo e oggetti in pelle (Hendy 2021).

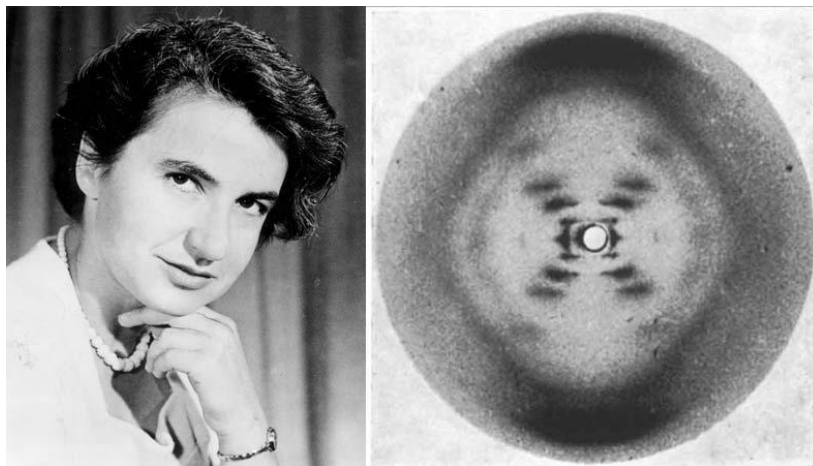
Si tratta di analisi relativamente veloci ed economiche, che necessitano una piccola quantità di campione, minimizzando così l'impatto sul reperto analizzato. L'efficacia nel distinguere tra i diversi *taxa* dipende dal grado di differenza tra le loro sequenze amminoacidiche e dalla completezza dei database di riferimento. Il livello di risoluzione tassonomica dipende poi

dalla distanza evolutiva tra i diversi gruppi: è generalmente possibile raggiungere una distinzione a livello di famiglia o addirittura di genere, ma la determinazione a livello specifico può essere maggiormente difficile da acquisire a causa dell'insufficiente variabilità nella sequenza del collagene di *taxa* diversi (Hendy 2021).

## DNA antico

Il DNA (acido desossiribonucleico o deossiribonucleico) è la macromolecola biologica fondamentale che contiene le informazioni genetiche per lo sviluppo, il mantenimento dell'omeostasi e la riproduzione degli esseri viventi. Costituisce il supporto molecolare dell'informazione ereditaria, la quale guida i processi di sintesi delle proteine, attraverso le fasi di trascrizione e traduzione, determinando le caratteristiche strutturali e funzionali degli organismi (Alberts et al. 2002).

La molecola di DNA è composta da due catene di nucleotidi avvolte in una doppia elica, la cui struttura tridimensionale fu rivelata grazie ai dati cristallografici di Rosalind Franklin nel 1951 e successivamente pubblicata da Watson e Crick nel 1953 (Watson e Crick 1953).



**Figura 7.** Rosalind Franklin e la sua “Photo 51”, scattata nel 1952 al King’s College di Londra, che mostra la prima immagine della doppia elica del DNA

Ogni catena di DNA è formata da nucleotidi, unità costituite da un gruppo fosfato, uno zucchero a cinque atomi di carbonio (desossiribosio) e una base azotata. Le basi azotate si dividono in purine (adenina e guanina) e pirimidine (citosina e timina), le quali si appaiano seguendo un principio di complementarità: adenina con timina (tramite due legami a idrogeno) e citosina con guanina (tramite tre legami a idrogeno). Il DNA è organizzato in

geni, le unità funzionali di informazione genetica, e da altre parti non codificanti che possono avere funzione regolatoria. I geni codificano per proteine o RNA funzionali, le quali definiscono le caratteristiche fisiologiche di un organismo (Alberts et al. 2002). Negli organismi procarioti, il DNA è generalmente presente sotto forma di molecola circolare non racchiusa in un nucleo, mentre negli eucarioti è organizzato in molecole lineari associate a proteine istoniche, costituenti i cromosomi, e localizzato nel nucleo cellulare. Oltre al DNA nucleare, la maggior parte degli organismi eucarioti possiede anche DNA extranucleare, come il DNA mitocondriale negli animali e plastidiale nelle piante, generalmente ereditato per via materna.

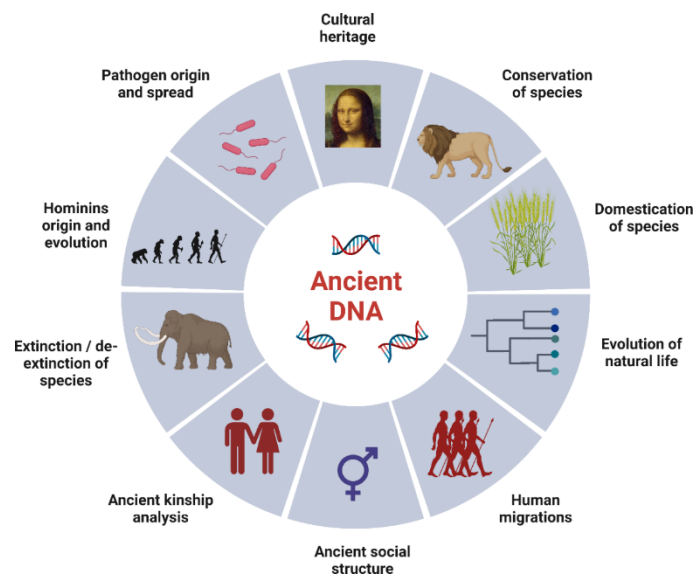
Durante l'ultimo decennio, le innovazioni nelle tecnologie di sequenziamento e nei protocolli di laboratorio hanno rivoluzionato il campo dello studio del **DNA antico (aDNA)**, consentendo enormi progressi in molteplici aree di ricerca. Il DNA antico può essere estratto da una varietà di resti biologici, come ossa, peli, capelli, frammenti di pelle, scaglie di pesce, denti e sedimenti.

Le prime ricerche nel campo del DNA antico iniziarono nel 1984, con il sequenziamento di un breve frammento di DNA mitocondriale estratto da un esemplare estinto di quagga (*Equus quagga quagga*) (Higuchi et al. 1984). L'anno successivo, Svante Pääbo pubblicò la prima sequenza di DNA umano antico, lunga 340 paia di basi, isolata da una mummia egizia (Pääbo 1985). Questi studi pionieristici utilizzavano tecniche di clonazione batterica per amplificare brevi sequenze di DNA, ma il materiale genetico recuperato era spesso costituito prevalentemente da DNA microbico o fungino, con una quantità estremamente ridotta di DNA endogeno, frammentato e danneggiato (Willerslev e Cooper 2005).

L'introduzione della reazione a catena della polimerasi (PCR, dall'inglese *Polymerase Chain Reaction*), tecnica ideata dal premio Nobel Kary Mullis, consentì per la prima volta di amplificare molecole di DNA sopravvissute anche in singola copia (Mullis et al. 1986). Questa rivoluzione metodologica portò a una rapida espansione della ricerca, ma aumentò anche significativamente il rischio di contaminazione da DNA moderno, rappresentando una sfida cruciale per l'autenticazione dei risultati (Willerslev e Cooper 2005).

L'avvento delle tecnologie di sequenziamento di nuova generazione (NGS, *Next-Generation Sequencing*) nei primi anni Duemila, che permettono il sequenziamento parallelo di milioni di

frammenti, ha reso possibile la caratterizzazione di interi genomi e ha ampliato enormemente le conoscenze nei campi dell'antropologia, della biologia evolutiva e delle scienze archeologiche (Chen e Nedoluzhko 2023). Tra i contributi più rilevanti si annoverano gli studi sull'origine evolutiva dell'essere umano, le migrazioni e le interazioni con popolazioni oggi estinte. Tali ricerche hanno permesso di ricostruire la complessa storia demografica dell'umanità, rivelando eventi di migrazione e mescolanza tra *Homo Sapiens*, Neanderthal e Denisoviani (Slatkin e Racimo 2016). Un altro importante ambito di studio riguarda poi la domesticazione di piante e animali, un processo che ha comportato l'adattamento di specie selvatiche a nuove pressioni selettive imposte dalla relazione con l'uomo, che ha avuto un impatto determinante sulla transizione da società di cacciatori-raccoglitori a forme di sussistenza basate sull'agricoltura e l'allevamento. Questo passaggio ha condotto all'instaurarsi di stili di vita stanziali e alla successiva formazione delle prime società complesse (Frantz et al. 2020).



**Figura 8.** Possibili ambiti di applicazione dello studio del DNA antico a materiali antropologici e paleobiologici (Chen e Nedoluzhko 2023)

Nonostante i grandi progressi raggiunti negli ultimi decenni, lo studio del DNA antico presenta ancora numerose sfide. Uno dei principali ostacoli è costituito dalla degradazione a cui la molecola va incontro a seguito della morte dell'organismo. I processi di degradazione del DNA sono principalmente di natura idrolitica e comprendono sia la depurinazione, ovvero la perdita delle basi puriniche (adenina e guanina) dalla catena zucchero-fosfato, sia la deaminazione delle basi azotate. La depurinazione determina la formazione di siti apurinici

instabili che favoriscono la frammentazione progressiva della molecola, mentre la deaminazione della citosina comporta la sua trasformazione in uracile, dando origine al caratteristico pattern di sostituzioni C→T osservato nelle sequenze di DNA antico. L'aDNA risulta pertanto altamente frammentato, con lunghezze medie dei frammenti generalmente comprese tra 30 e 100 paia di basi (Briggs et al. 2007). La preservazione molecolare è strettamente legata alle caratteristiche ambientali e climatiche del sito di deposizione: ambienti freddi e secchi favoriscono infatti una migliore conservazione, mentre ambienti caldi e umidi accelerano processi come l'idrolisi e la degradazione ossidativa del materiale genetico.

Un'ulteriore sfida è poi legata al rischio di contaminazione da parte di DNA moderno, il quale può essere introdotto dal momento dello scavo sino alle analisi di laboratorio. Tale contaminazione può compromettere l'autenticità dei risultati ottenuti, rendendo indispensabile l'adozione di rigorosi protocolli di prevenzione e di autenticazione dei dati (Korlević et al. 2015; Korlević e Meyer 2019; Jónsson et al. 2013; Cooper e Poinar 2000).

## Capitolo 3. Contesto storico-archeologico

### 3.1 Il Neolitico sulle Alpi occidentali: modelli di popolamento e reti di scambio

Negli ultimi decenni, l'archeologia alpina ha conosciuto un notevole sviluppo grazie all'introduzione di nuovi sistemi analitici e interpretativi, che hanno significativamente migliorato la nostra comprensione degli stili di vita preistorici in ambiente montano. Questi progressi sono spesso il frutto di collaborazioni interdisciplinari tra archeologi, scienziati biomolecolari, studiosi del clima, del paesaggio e dell'ambiente antico (Walsh et al. 2023). L'archeologia alpina costituisce dunque un'area di studio cruciale per comprendere i processi di adattamento umano in contesti complessi. Le ricerche condotte sulle Alpi, in particolare quelle relative al Neolitico, permettono di ricostruire le modalità di occupazione e sfruttamento del territorio, rivelando la resilienza, la mobilità e le capacità di adattamento delle comunità preistoriche. L'ambiente alpino, spesso percepito come marginale, costituisce dunque un ottimo modello per analizzare le dinamiche di trasformazione sociale e culturale che hanno accompagnato la nascita e lo sviluppo delle prime società europee di allevatori e coltivatori.

Grazie all'eccezionale varietà di forme geomorfologiche racchiuse all'interno di un'area relativamente ridotta, le Alpi costituiscono uno dei paesaggi maggiormente differenziati del continente europeo (Fitzsimons e Veit 2001). La presenza umana nel territorio alpino è stata condizionata da fattori geologici ed esogeni che hanno modellato questa catena montuosa fin dalla sua origine, risalente ad oltre 251 milioni di anni fa. Fiumi e ghiacciai, in particolare, hanno influenzato la morfologia dei versanti e dei fondovalle, nonché la distribuzione della flora e della fauna, divenendo fattori determinanti, insieme al clima e all'altitudine, nella scelta dei luoghi d'insediamento (Minaldi 2013).

L'essere umano ha frequentato le Alpi sin dalla preistoria, come testimoniano i numerosi ritrovamenti archeologici, spesso fortuiti ma comunque diffusi. Nonostante le difficoltà presentate da questo particolare ambiente, sin dal Paleolitico le montagne non hanno rappresentato una barriera invalicabile, bensì un rifugio e una risorsa (Minaldi 2013), con attestazioni di insediamenti e vie di comunicazione. Testimonianze di frequentazione alpina a quote medio-alte risalgono alla fase tardo-glaciale del Pleistocene finale e al successivo

Mesolitico, quando i ghiacciai alpini si erano ormai notevolmente ridotti. Ne sono esempio Riparo Dalmeri (Trentino-Alto Adige/Südtirol; Dalmeri et al. 2012), l'Abri de la Fru (Pion 1997) e la Grotte du Bichon (Morel 1993). Le prime comunità stanziatesi in questi territori seppero sfruttare in modo efficiente le risorse disponibili, adattandosi a un ambiente che fungeva da riparo anziché da ostacolo, ad esempio occupando ripari sotto roccia e siti d'alta quota come Riparo Dalmeri in Trentino e Mondeval de Sora nelle Dolomiti bellunesi, sfruttando le risorse faunistiche e litiche locali per la sussistenza (Dalmeri et al. 2012; Valletta et al. 2014). La conquista culturale della montagna si realizzò attraverso adattamenti comportamentali e sociali, che permisero di abitare uno degli ultimi ambienti terrestri allora ancora in parte inesplorati (Fedele 1992).

Durante l'Olocene, infatti, le Alpi non costituirono un ostacolo agli scambi e alla comunicazione. I cacciatori mesolitici alpini furono i primi a lasciare tracce della loro presenza in accampamenti di caccia posti in ripari rocciosi ben al di sopra del limite arboreo. Tra questi vi sono ad esempio il sito di Ullafelsen (Austria) occupato tra i 11300 e i 10000 anni cal BP (Bertola et al. 2016) e il sito di Mondeval de Sora (San Vito di Cadore, Belluno), datato tra i 8613 e i 7370 cal BCE (Valletta et al. 2014). I valichi alpini d'alta quota forniscono prove di attraversamenti sin dall'inizio del V millennio BCE; emblematica, sebbene più tarda, è la scoperta della celebre mummia rinvenuta nelle Alpi dell'Ötztal, a oltre 3200 m s.l.m., probabilmente il sito archeologico più elevato d'Europa (Hafner et al. 2017), databile tra il 3350 e il 3100 BCE sulla base delle analisi radiocarboniche eseguite sui tessuti e sui materiali associati (Bonani et al. 2016).

Due modelli interpretativi del popolamento neolitico delle Alpi occidentali, proposti da **Alain Gallay** (1990) e **Francesco Fedele** (1992), offrono un quadro complementare dell'interazione tra esseri umani e ambiente montano in epoca preistorica. Il modello proposto da Gallay si focalizza sulle dinamiche di colonizzazione agricola del massiccio alpino, basandosi su una sequenza di fasi che descrivono l'evoluzione da un'esplorazione sporadica dei territori montani fino a un progressivo radicamento delle comunità neolitiche. Tale processo implica l'adattamento a un gradiente ecologico complesso e la messa in atto di diverse strategie di sussistenza, le quali sfruttavano in modo integrato agricoltura, allevamento e caccia. Fedele, invece, adotta un approccio più diacronico e ambientale, descrivendo cinque stadi di frequentazione e occupazione del territorio alpino occidentale a partire dal Paleolitico recente

fino all'età del Ferro. Il suo modello si concentra sulla crescente integrazione con l'ecosistema montano, passando da forme di presenza occasionale e stagionale a un popolamento stabile, residenziale e culturalmente articolato.

Questi modelli condividono alcune linee interpretative fondamentali: entrambi individuano una fase iniziale di esplorazione delle Alpi da parte di gruppi umani attratti dalla disponibilità di risorse naturali, seguita da un lento processo di adattamento ambientale e culturale, fino a giungere a un'effettiva sedentarizzazione nelle aree montane interne. La mobilità assume un ruolo strategico anche durante il Neolitico, favorendo la diffusione di tecnologie, idee e materiali lungo gli assi di transito alpini. Inoltre, entrambi i modelli sottolineano come il popolamento neolitico delle Alpi non sia stato un fenomeno isolato o marginale, bensì un processo centrale nello sviluppo delle società preistoriche dell'Europa occidentale.

Sebbene elaborati più di trent'anni fa, questi modelli interpretativi sono ancora oggi fondamentali per comprendere la complessa relazione tra insediamento umano e ambiente alpino. Essi permettono di valorizzare l'archeologia alpina come ambito di ricerca fondamentale non solo per la storia del popolamento, ma anche per l'analisi dei processi di adattamento ecologico e di innovazione culturale in contesti marginali. Una sintesi integrata dei due modelli appena descritti è la seguente:

**1. Gallay: Fase neopioniera – esplorazione di nuovi territori;**

**Fedele: Stadio dei primi contatti e Stadio esplorativo:**

In questa fase, databile tra il Paleolitico finale e il Neolitico antico, si assiste alla presenza sporadica di comunità umane nelle Alpi occidentali, attratte da risorse naturali come selce e fauna selvatica. In questa fase avvennero le prime interazioni tra cacciatori-raccoglitori locali e agricoltori neolitici, lungo i margini della catena montuosa.

**2. Gallay: Fase neopioniera – primi stabilimenti agricoli;**

**Fedele: Stadio sperimentale:**

Tra l'8000 e il 5000 BCE circa, le prime comunità agricole si insediarono stabilmente in siti alpini marginali o strategici, adottando un'economia mista di agricoltura e caccia, avviando inoltre processi di domesticazione principalmente rivolti a pecore e cereali. I contatti tra culture diverse diventarono più frequenti, ma la penetrazione agricola in ambiente alpino restava limitata.

### 3. Gallay: **Fase di stabilizzazione;**

Fedele: **Stadio formativo:**

Durante il Neolitico medio e tardo (ca. 5000-3500 BCE), le comunità alpine acquisirono un maggiore controllo sull'ambiente con strategie agricole più efficaci, pratiche pastorali stabili e reti di scambio oltre gli spartiacque alpini. Questa fase è caratterizzata dalle Culture dei Vasi a Bocca Quadrata (VBQ) in Italia e Chasseana in Francia, insieme alla diffusione di riti funerari comuni e scambi di materie prime come la giadeite.

### 4. Gallay: **Fase di crescita;**

Fedele: parte finale dello **stadio formativo**, in transizione verso lo **stadio integrativo:**

Tra il tardo Neolitico e il Calcolitico (ca. 3500-2500 BCE), l'ambiente alpino veniva sfruttato in modo più sistematico, con pascoli estivi in alta quota, coltivazione in media montagna, uso dell'aratro e introduzione della metallurgia. Le reti di scambio si estesero e le comunità divennero sempre più interconnesse.

### 5. Fedele: **Stadio integrativo:**

Durante l'età del Bronzo e del Ferro (II-I millennio BCE), le Alpi divennero parte integrante degli spazi abitati europei: l'occupazione era stabile anche a media quota, la transumanza risultava strutturata e l'ambiente veniva gestito attivamente (deforestazione, coltivazione, metallurgia). Le culture locali si integrarono nei grandi circuiti culturali e tecnologici dell'Europa protostorica.

Lo studio del Neolitico alpino porta, inoltre, inevitabilmente a confrontarsi anche con le palafitte lacustri, inserite nel 2011 nella lista del Patrimonio Mondiale dell'UNESCO. Questi siti, tra i più indagati d'Europa grazie a un secolo e mezzo di ricerche archeologiche e scientifiche, sono di straordinaria rilevanza per l'eccezionale stato di conservazione dei materiali organici, come legno e resti vegetali, garantito dalle condizioni umide e sommerse che hanno impedito il deterioramento tipico dei suoli minerali. Databili tra il 5000 e il 500 BCE, si distribuiscono lungo le aree lacustri di Svizzera, Francia, Germania, Italia, Austria e Slovenia, costituendo un complesso unico documentato da oltre 111 località riconosciute ufficialmente (UNESCO 2011). Al contrario, i siti terrestri, spesso soggetti a fenomeni di erosione, scarsa conservazione e minori attenzioni metodologiche, sono meno numerosi e generalmente meno studiati rispetto alle strutture palafitticole (Hafner et al. 2017).

Nel corso del Neolitico antico e medio (circa 5500–3500 BCE), le Alpi occidentali furono dunque interessate dalla formazione delle prime società agropastorali, le quali andarono progressivamente a sostituire le comunità di cacciatori-raccoglitori mesolitici. Questo processo non fu omogeneo, ma caratterizzato da una graduale acculturazione delle popolazioni locali (Nicod 2008). Per quanto riguarda le Alpi del Delfinato, sembra che queste comunità adottarono inizialmente tecniche di caccia proprie delle culture neolitiche del sud dell'attuale Francia, mentre solo in un secondo momento integrarono nelle loro strategie di sussistenza attività agricole e di allevamento. Nel Vallese, invece, i dati archeologici indicano l'arrivo diretto di gruppi colonizzatori provenienti dall'Italia settentrionale, i quali introdussero sin da subito l'intero complesso culturale neolitico, senza continuità apparente con il Mesolitico locale (Nicod 2008).

Tra le prime evidenze polliniche di attività agricola in ambiente alpino si annovera il sito del Lac du Lauzon (Dévoluy, Drôme), dove sono stati rinvenuti granuli di polline di cereali databili al periodo Atlantico (J. Argant e Argant 2000). Sembra che il Mesolitico castelnoviano, documentato tra il 6400 e il 5500 BCE, sia perdurato nelle Prealpi francesi in parallelo con le fasi più antiche del Neolitico. Tale coesistenza è testimoniata dalla presenza di innovazioni ceramiche e litiche, nonché dalla sporadica comparsa di cereali, spesso accompagnate però da una composizione faunistica composta esclusivamente da specie selvatiche. Un esempio emblematico è il sito dell'Abri des Corréardes, situato nell'alta valle del Buëch a 1070 metri di altitudine (Chaffenet e Cordier 1999). Anche in altri siti alpini francesi coevi, la presenza di animali domestici risulta scarsa: l'economia pastorale, infatti, richiede grandi quantità di foraggio invernale e, di conseguenza, presuppone uno stile di vita più stanziale e la disponibilità di strutture per lo stoccaggio.

Le comunità neolitiche si insediarono in ambienti di pianura, su rilievi o in ripari sotto roccia, prediligendo luoghi favorevoli alla coltivazione e all'allevamento. Oltre alla coltivazione di cereali, documentata da pollini, semi carbonizzati e strumenti agricoli, l'allevamento (soprattutto di caprini e ovini) rivestiva un ruolo centrale. Le attività si estendevano anche oltre i 1000 metri di altitudine, in particolare l'attività venatoria e la raccolta di materie prime come quarzo e selce. La prima fase di popolamento delle valli laterali della Francia meridionale da parte di comunità agricole ebbe inizio nel Neolitico antico, le quali si stabilirono in territori già ampiamente frequentati da gruppi di cacciatori-raccoglitori. Questi

ultimi, verosimilmente, praticavano forme di mobilità stagionale, spostandosi a diverse altitudini alla ricerca di fauna selvatica (Gallay e Nicod 1999). Durante il Neolitico medio gli insediamenti crebbero, con l'apparizione di veri e propri villaggi costituiti da abitazioni in legno e argilla. Alcune grotte e ripari, situati tra 300 e 1400 metri, venivano utilizzati stagionalmente come ricoveri per greggi che potevano arrivare fino a duecento capi (Nicod 2008).

Oltre ai modelli proposti da Fedele e Gallay, ulteriori studi effettuati su altri areali alpini hanno contribuito a meglio delineare il quadro relativo ai modelli di popolamento montano durante il Neolitico. Per quanto riguarda le Valli Ladine, siti a quote medio-alte sono attestati sin dal Neolitico antico, con un'espansione dello spazio antropizzato concentrato tra i 70 e i 900 metri di altitudine durante il periodo caratterizzato dalla Cultura VBQ. Il Tardo Neolitico vide invece una battuta d'arresto nella conquista altimetrica e delle aree laterali, ma un'intensificarsi di presenze sporadiche in quota legato probabilmente all'incremento dell'economia di tipo pastorale e all'attività di viandanti e artigiani, che tracciavano nuovi percorsi per lo scambio di beni e idee (Bagolini e Tecchiati, 1993).

In Alto Adige, le comunità neolitiche colonizzarono i terrazzi orografici di media quota mediante disboscamento, messa a coltura dei suoli e realizzazione di rudimentali terrazzamenti. Il numero di siti aumentò con la Cultura VBQ, con un'intensificazione ad alta quota a partire dal Neolitico medio, non soltanto legato all'attività venatoria ma anche per motivi legati all'alpeggio e alla fienagione. In Val d'Isarco, il popolamento neolitico era concentrato a quote comprese tra i 750 e gli 850 metri di altitudine, privilegiando le esposizioni a Sud e a Est e i suoli leggeri (Tecchiati, 2012).

La validità nel definire un "Neolitico alpino" è stata messa in discussione, siccome l'aggettivo "alpino" spesso evoca, oltre alla mera collocazione geografica, una serie di modelli economici e culturali riferibili ad epoche molto più recenti, come l'economia pastorale moderna basata sull'allevamento bovino e la produzione di formaggi stagionati (Thirault 2009). La trasposizione di tali sistemi socioeconomici alla preistoria, secondo Thirault, rischia di restituire un'interpretazione errata dei dati archeologici, evocando uno sviluppo progressivo che conduce gradualmente ad un ambiente montano sempre più antropizzato e organizzato per fasce altitudinali. Ciò comporterebbe dunque alla necessità di analizzare contesti geografici più ristretti e omogenei, come singole valli o bacini. Le dinamiche rilevate presso diversi

contesti risultano infatti eterogenee, troppo frammentate e regionalmente specifiche per consentire la definizione di un modello unitario. La mobilità, sia stagionale che economica, sembra costituire una caratteristica essenziale per comprendere l'articolazione territoriale degli insediamenti e le strategie di approvvigionamento. La montagna appare infatti non come un confine da superare, ma come uno spazio integrato, attraversato da relazioni sociali e scambi materiali complessi.

Durante il Neolitico, sulle Alpi era presente una rete di scambi a medio e lungo raggio, documentata soprattutto per quanto riguarda le **asce in pietra levigata**. Le materie prime utilizzate per la loro produzione venivano estratte da due principali poli di approvvigionamento: da un lato la bassa valle della Durance, con canali di scambio verso nord lungo la valle del Rodano e verso sud-est in direzione della valle de l'Argens; dall'altro la Liguria (Voltri e Genova) e il Piemonte (zona del Tanaro e della Bormida), con esportazione in direzione occidentale verso la Costa Azzurra, la Linguadoca e i Pirenei. Scambi interregionali a lunga distanza avvenivano anche presso le comunità chasseur del Drôme, che vivevano principalmente di un'economia agropastorale basata sulla coltivazione di grano e orzo e sull'allevamento di pecore, mentre la caccia aveva un ruolo secondario (Gallay e Nicod 1999).

Nel settore settentrionale delle Alpi e nell'alto bacino del Rodano, si assiste poi a una forma di specializzazione legata all'estrazione, trasformazione e diffusione di **rocce verdi** alpine, utilizzate soprattutto per la realizzazione di asce e altri strumenti. La giadeite, per esempio, veniva raccolta nelle morene dell'Aar, in Svizzera; altri litotipi come eclogite, omfacite e pirossenite erano importati dal cuore delle Alpi, soprattutto dall'area alpina interna piemontese, nel versante del Cervino e in Valle d'Aosta (Gallay e Nicod 1999; Beeching 1999). L'approvvigionamento e la lavorazione delle pietre verdi alpine avvenivano mediante una produzione organizzata e tecnicamente specializzata, con centri di estrazione e di lavorazione situati in prossimità degli affioramenti (Giustetto et al. 2017; Giustetto et al. 2020). Analisi condotte su siti piemontesi hanno mostrato come parte dei manufatti veniva realizzata a partire da ciottoli raccolti in depositi secondari e successivamente levigata localmente, mentre una parte della produzione era destinata a una circolazione più ampia, fino alla Pianura Padana e all'Europa centrale, suggerendo l'esistenza di reti di scambio e di diffusione già nel Neolitico (Giustetto et al. 2017; Giustetto et al. 2021).

Nel caso della **selce**, i principali depositi utilizzati durante il Neolitico si trovavano tra il Rodano e il Mont Ventoux. Le selci provenienti da quest'area si diffusero nel territorio chasséano, raggiungendo regioni come Tolosa, la Catalogna, il Massiccio Centrale e la Borgogna. Sono inoltre attestate in contesti transalpini rilevanti, come Chiomonte e le Arene Candide, suggerendo una rete di scambi ben consolidata tra Francia meridionale e Italia settentrionale. Tuttavia, la loro diffusione tende a ridursi oltre tali aree, dove probabilmente venivano rimpiazzate da produzioni locali, come quelle dei Monti Lessini, la cui selce godeva di un'elevata qualità e disponibilità (A. Bertone e Fedele 1991; Starnini e Voytek 1997).

La circolazione dell'**ossidiana** rappresenta un ulteriore indicatore della portata degli scambi neolitici. Il Monte Arci, in Sardegna, costituiva la principale fonte di questo vetro vulcanico, ampiamente distribuito nel Mediterraneo occidentale. I dati archeologici attestano la sua presenza fino alla Corsica e alla Francia meridionale, con ritrovamenti in numerosi siti del Midi e nel sud della Linguadoca (Malone 2004).

La transizione tra Neolitico antico e Neolitico medio è contrassegnata da un aumento dei contatti transalpini, ben visibili anche sul piano stilistico. In particolare, le **ceramiche** della media valle del Rodano mostrano una marcata influenza verso est, con diffusione di motivi e tecniche fino alla Pianura Padana. Questa dinamica suggerisce la presenza di movimenti culturali continui attraverso i passi alpini occidentali, nonché di reti di scambio consolidate tra i due versanti (Beeching 1995).

Il quadro delineato evidenzia quindi come l'arco alpino occidentale, nel Neolitico, costituisse un'area di intensa interconnessione economica e culturale. Le Alpi rappresentavano un crocevia di rotte che mettevano in comunicazione la Francia meridionale, la Svizzera, l'Italia settentrionale e le isole del Mediterraneo occidentale. Le materie prime, i manufatti e gli stili ceramici viaggiavano insieme alle persone e alle idee, contribuendo a creare una rete culturale dinamica e interregionale.

### 3.2 Il Neolitico della Valle di Susa: siti e culture materiali

L'Italia padano-alpina, fra la metà del V e la metà del IV millennio BCE, era quindi compresa in un quadro di rapporti che coinvolgeva il mondo occidentale, quello peninsulare e quello nord-alpino, con lo stile meandro-spiralico e lo stile a incisioni e impressioni della cultura dei

Vasi a Bocca Quadrata padana e l'arrivo e l'espansione di gruppi occidentali (Ferrari et al. 2002). In Valle di Susa, nel tardo Neolitico, sono attestate in particolare due culture: quella dei Vasi a Bocca Quadrata (VBQ), e quella di Chassey, di seguito illustrate.

## La cultura dei Vasi a Bocca Quadrata (VBQ)

La **cultura dei Vasi a Bocca Quadrata** fu descritta per la prima volta da Luigi Bernabò Brea nel 1946 a partire dal materiale proveniente dal sito delle Arene Candide, in Liguria (Bernabò Brea 1946). L. H. Barfield (Barfield 1973) propose una suddivisione della cultura dei Vasi a Bocca Quadrata in tre fasi principali (antica, media e recente), basata su contesti di riferimento come Finale-Quinzano, Rivoli-Chiozza e Rivoli-Castelnuovo. Successivamente, Bernardo Bagolini riconobbe tre principali tradizioni stilistiche ceramiche - geometrico-lineare, meandro-spiralica e a incisioni ed impressioni - che non si succedono rigidamente, ma risultano variamente distribuite e talora sovrapposte nelle diverse aree regionali (Bagolini et al. 1979; Bagolini 1980).

I popoli appartenenti a questa cultura avevano sviluppato pienamente l'agricoltura, con differenze regionali tra le specie coltivate. Essi praticavano l'allevamento, con uno sfruttamento prevalentemente orientato alla produzione di carne, mentre la caccia, in particolare di cervi e caprioli, risultava ancora attestata in diversi contesti (Mottes et al. 2009; De Grossi Mazzorin 2011). I dati archeozoologici disponibili indicano che, in questa fase, non si può ancora parlare di uno sfruttamento sistematico dei prodotti secondari: l'uso del latte appare, quando riconoscibile nella compresenza di piccoli ruminanti sia giovani sia maturi, come una pratica occasionale e non finalizzata alla produzione di surplus, coerente con strategie economiche volte principalmente al mantenimento e all'accrescimento del gregge, mentre lo sfruttamento della lana non è documentato (Greenfield 2010; Halstead 2024).

La selce proveniente dai Monti Lessini era abbondantemente sfruttata (Padovan 2010), con attestazioni fino in Liguria (Negrino e Starnini 2006), ma sono state trovate tracce anche di selce di origine provenzale (M. Bernabò Brea et al. 2010). Gli scambi a lungo raggio sono poi testimoniati dalla presenza di ossidiana sarda, di Palmarola e di Lipari (Ammermann 1997; Pessina e Radi 2006). Presso i confini geografici di questa cultura, venivano inoltre sfruttati i giacimenti di giadeite del Monviso e di eclogite del Monte Beigua, utilizzate per la

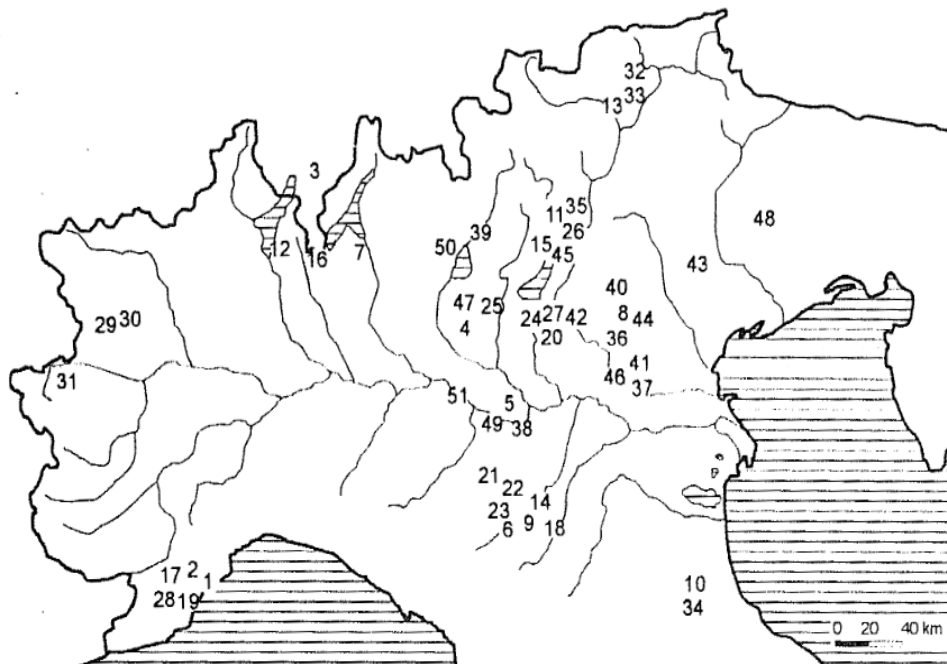
produzione di asce levigate che erano distribuite in tutta l'Europa occidentale, fino al nord della Scozia (Pétrequin et al. 2012).

Come suggerito dal nome, le ceramiche appartenenti a questo insieme culturale sono caratterizzate da imboccature di forma squadrata e si differenziano in base alle diverse fasi appena elencate (Bagolini e Pedrotti 1998):

- **Stile geometrico-lineare:** caratterizzato da bicchieri dai colli lunghi e dalle imboccature squadrate, con anse a forma di nastro. I motivi decorativi, composti da linee, reticoli, triangoli, losanghe e impronte a macchie, sono collocati lungo il bordo, la pancia, l'ansa e il piede dei vasi. Essi venivano realizzati prevalentemente mediante incisioni sulla superficie;
- **Stile meandro-spiralico:** le forme più comuni comprendevano scodelle aperte con imboccature squadrate, piatti a bordo pianeggiante, bicchieri e grandi vasi. Le anse, sempre a forma di nastro e collocate verticalmente sulla pancia dei vasi, a volte potevano assumere una configurazione tubolare. Le decorazioni, distribuite su bordo, pancia e piede, erano caratterizzate da motivi serpentiformi, meandri, spirali, festoni e macchie. Oltre all'incisione, si svilupparono anche tecniche di escissione e incisione;
- **Stile a incisioni e impressioni:** questa fase include scodelle aperte con imboccature squadrate, vasi a imboccatura quadrata dotati di quattro beccucci, ciotole profonde, vasi a profilo sinuoso, vasi a collo corto, piccole marmitte a collo corto, grandi vasi a profilo ovoide, vasi troncoconici e altri recipienti di dimensioni medio-piccole. Le anse risultavano solitamente a forma di nastro verticale, ma sono anche presenti anse tubolari o a forma di bobina. Le decorazioni erano eseguite attraverso incisione, escissione e impressione, da cui il nome di questo stile. In alcuni casi, incrostazioni di colore biancastro conferiscono una policromia particolare ai vasi; sono inoltre documentate decorazioni realizzate tramite applicazioni di argilla sulle superfici ceramiche.

Un'ulteriore caratteristica peculiare di questa cultura sono le *pintaderas*, oggetti in ceramica o in terracotta di forma circolare utilizzati come timbri per decorare il corpo, il pane o i tessuti.

Per quanto riguarda l'Italia settentrionale, nelle sue fasi finali lo stile meandro-spiralico risulta ridotto geograficamente a un'area compresa tra il fiume Po a nord e la catena appenninica a sud, coprendo il basso Piemonte, l'Emilia e parte della Romagna. In tale fase andò infatti ad affermarsi in zona padana settentrionale lo stile ad incisioni ed impressioni, comparso verso la metà del V millennio BCE, ed ebbe inizio la penetrazione alla fine del millennio dei gruppi chasseani occidentali (Ferrari et al. 2002).



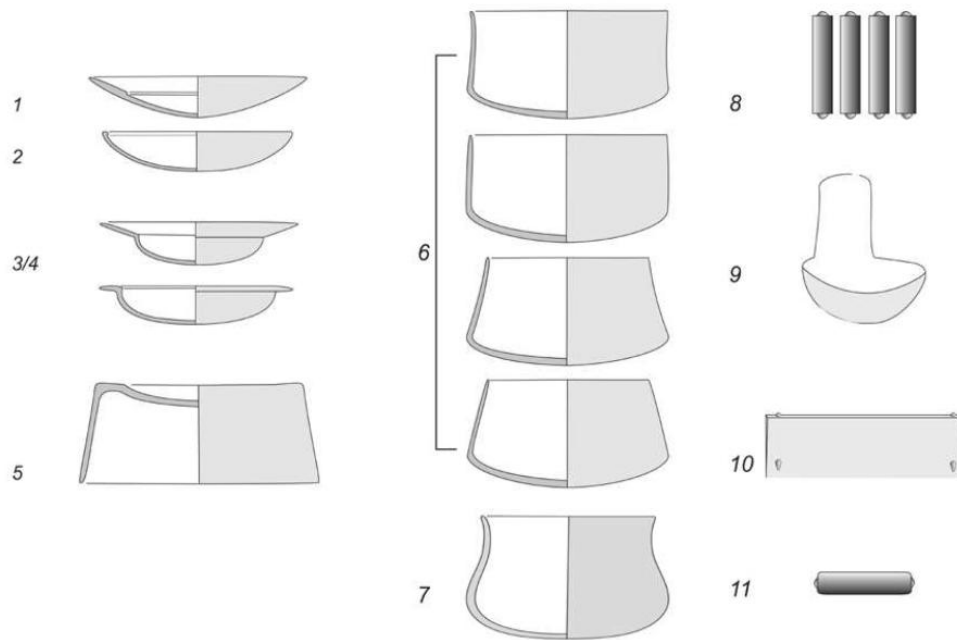
**Figura 9.** Siti italiani appartenenti alla cultura dei Vasi a Bocca Quadrata (Bagolini e Pedrotti 1998).

**Stile geometrico-lineare e stile meandro-spiralico:** 1. Arene Candide-Finale Ligure (SV); 2. Arma dell'Aquila-Orco Feligno (SV); 3. Castel Grande (CH-TI); 4. Cà dei Grii, loc. Virle-Rezzato (BS); 5. Casatico di Marcaria (MN); 6. Chiozza-Scandiano (RE); 7. Ello loc. Boggia (CO); 8. Fimon Molino Casarotto (VI); 9. Fiorano (MO); 10. Fornace Cappuccini Forlì (FO); 11. Garniga Nuova-Garniga (TN); 12. Isolino di Varese-Biandronno (VA); 13. Johannes Kofel (BZ); 14. Mezzavia di Sassuolo (MO); 15. Moletta Patone (TN); 16. Montano Lucino (CO); 17. Caverna dei Parmorari-Borgio Verezzi-Finale Ligure (SV); 18. Pescale (MO); 19. Grotte della Pollera; 20. Quinzano (VR); 21. Razza Campesine (RE); 22. Reggio Emilia via Rivoluzione d'ottobre (RE); 23. Rivaltella loc. Cà Romensini (RE); 24. Rivoli Veronese loc. Spiazza e Rocca (VR); 25. Roccolino Schiave-Gavardo (BS); 26. Romagnano loc. 3 (TN); 27. Sant'Ambrogio di Valpolicella; 28. Grotte Santa Lucia-Toirano (SV); 29. Santa Maria-Pont Canavese (TO); 30. San Martino-Ivrea (TO); 31. S. Valeriano (TO); 32. Stufels (BZ); 33. Tanzgasse-Velturmo (BZ); 34. Vecchiazano (FO); 35. la Vela (TN); 36. Villa del Ferro S. Germano (VI). **Stile a incisione e impressione:** 37. Le Basse di Valcalaona (PD); 38. Belforte di Gazuolo (MN); 39. Breno (BS); 40. Bocca Lorenza-Santorso (VI); 41. Castelnuovo-Teolo (PD); 42. Colombare di Negrar (VR); 43. Cornuda (TV); 44. Fimon loc. Fratte (VI); 45. Isera loc. La Toretta (TN); 46. Motton-Asigliano (VI); 47. Nave (BS); 48. Palù della Livenza (PN); 49. Rivarolo Mantovano loc. Campo Pegorone III (MN); 24. Rivoli Veronese loc. Spiazza e Rocca (VA); 50. Rogno loc. Coren Pagà (BG); 51. Vhò Campo Donegallo (CR)

## La cultura di Chassey

Il termine “**Chasseano**” o “**Chassey**” è utilizzato per identificare alcuni insiemi archeologici del Neolitico recente presenti in Italia centro-settentrionale. Il nome deriva dal sito francese di Camp de Chassey, nell’alta Saône (Thevenot 2005): lo Chasseano è infatti una delle principali culture del Neolitico medio della Francia (Borrello e van Willigen 2014), risalente alla fine del V millennio. La prima definizione fu proposta da J. Arnal durante gli anni Cinquanta del Novecento (Arnal 1953, 1956), il quale si basò su due complessi ceramici: quello proveniente appunto dal sito di Camp de Chassey (Chassey-le-Camp) e la grotta della Madeleine (Villeneuve-lès-Maguelonne). La problematica di tali siti è che non si tratta di complessi chiusi, bensì eterogenei, i quali racchiudono elementi che è possibile attribuire a diverse culture e fasi del Neolitico comprese tra il V e il III millennio. Ciononostante, la definizione di Arnal è comunque stata adottata nella letteratura archeologica successiva e resa più solida dalla datazione al radiocarbonio di diversi siti francesi con caratteristiche tipologiche della ceramica specifiche, di seguito elencate (Borrello e van Willigen 2014):

1. Coppe a calotta con bordo a rientranza interna;
2. Coppe a calotta con bordo a rilievo interno;
3. Piatti con orlo inclinato e falda convessa decorata con motivi incisi;
4. Piatti con orlo inclinato e falda rettilinea, privi di decorazione o decorati con motivi incisi;
5. Piatti con base decorata con motivi incisi;
6. Vasi carenati con inflessione bassa;
7. Vasi dal profilo sinuoso con inflessione bassa;
8. Anse multitubolari;
9. Mestoli con manico piatto;
10. Sporgenza modellata con perforazione verticale o orizzontale;
11. Anse orizzontali a forma di tunnel.



**Figura 10.** Attributi ceramici diagnostici dello Chasseano francese (Borrello e van Willigen 2014)

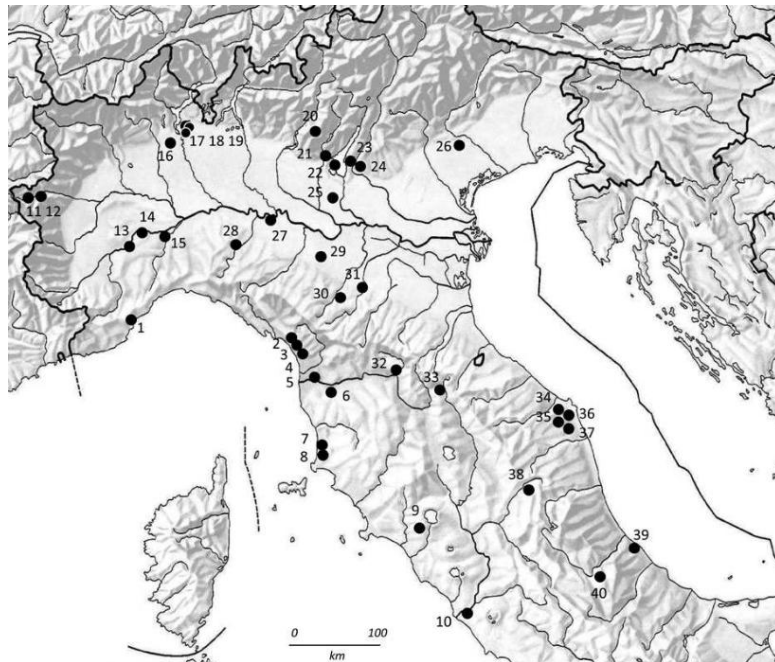
Lo Chasseano francese risulta distribuito in Linguadoca, in Provenza e sui margini meridionali e orientali del Massiccio Centrale, fino alla Borgogna. Le datazioni al radiocarbonio disponibili permettono di collocarlo tra il 4300 e il 4000 BCE (Borrello e van Willigen 2014).

Per quanto riguarda il Neolitico recente dell'Italia centro-settentrionale, la documentazione è maggiormente lacunosa rispetto alla Francia. Intorno agli ultimi secoli del V millennio BCE, gruppi di derivazione occidentale giunsero in Italia settentrionale passando attraverso l'arco alpino e giunsero sino alla sponda bresciana del Lago di Garda e la Pianura Padana, con eccezione della Romagna costiera. Una delle ragioni che spinse l'avanzamento di queste comunità fu probabilmente lo sfruttamento dei giacimenti di pietra verde (Ferrari et al. 2002; Visentini et al. 2004). Gli elementi diagnostici delle ceramiche collegate al Chasseano francese rinvenute presso siti italiani sono i seguenti:

1. Coppe a calotta con bordo a sporgenza interna;
2. Coppe a calotta con bordo a ispessimento interno;
3. Piatti con orlo inclinato e falda convessa o rettilinea, con o senza decorazione incisa;
4. Piatti con piede;
5. Vasi carenati con inflessione bassa;

6. Vasi con profilo sinuoso e inflessione bassa;
7. Anse multitubolari;
8. Mestoli con manico piatto;
9. Sporgenza con perforazione verticale o orizzontale.

Tale cultura giunse precocemente presso il Piemonte meridionale e il ponente ligure, per poi espandersi superando il crinale appenninico settentrionale e stanziarsi in Emilia, seguendo valli di valico a direzione ligure o toscano-marittima. La penetrazione dell'areale a nord del Po sembra essere avvenuta seguendo la direttrice del Lago di Garda e interessando successivamente le zone marginali dell'alta pianura (Ferrari et al. 2002).



**Figura 11.** Siti italiani che hanno restituito ceramiche con almeno una delle caratteristiche sopra menzionate (Borrello e van Willigen 2014): 1. Arene Candide (Finale Ligure, SV); 2. Grotta all'Onda (Camaione, LU); 3. Grotta del Leone (Agnano, PI); 4. Riparo La Romita (Asciano, PI); 5. Poggio di Mezzo (San Rosore, PI); 6. Podere Casanuova (Pontedera, PI); 7. Paduletto (Castagnetto Carducci, LI); 8. Garden Club Toscana (San Vincenzo, LI); 9. Poggio Olivastro (Canino, VT); 10. Quadrato di Torre Spaccata (RM); 11. La Maddalena (Chiomonte, TO); 12. San Valeriano (Borgone di Susa, TO); 13. Alba Scuola Rodari (AL); 14. Castello d'Annone (AT); 15. Cascina Chiappona (AL); 16. Loc. Poncioni (Ghemme, NO); 17. Isolino di Varese/Isola Virginia (Biandronno, VA); 18. Bosisio Parini (LC); 19. Lagozza (Besnate, VA); 20. Castello di Breno (Breno, BS); 21. Monte Còvolo (Villanuova sui Clisi, BS); 22. Rocca di Manerba (Manerba, BS); 23. Rocca di Rivoli (Rivoli, VR); 24. Colombare di Negrar (Negrar, VR); 25. Mosio (Acquanegra sul Chiese, MN); 26. Palù di Livenza (Livenza, PN); 27. Le Mose (PC); 28. Sant'Andrea di Travo (Travo, PC); 29. Botteghino (PR); 30. Pescale (MO); 31. Spilamberto (MO); 32. La Consuma I (Pieve Santo Stefano, AR); 33. Neto-Via Verga (Sesto Fiorentino, FI); 34. Cava Giacometti (Acervia, AN); 35. Attiggio di Fabriano (Fabriano, AN); 36. Coppetella (Jesi, AN); 37. Santa Maria in Selva (Treia, MC); 38. Norcia (PG); 39. Fossacesia (CH); 40. Grotta dei Piccioni (Bolognano, CH)

### 3.3 Culture della Valle di Susa



Figura 12. Distribuzione geografica dei siti piemontesi citati nel capitolo

La **Valle di Susa** costituisce uno dei bacini più estesi del versante interno delle Alpi Occidentali, circostanza che ha favorito il graduale sviluppo delle comunità nonostante la grande articolazione morfologica del territorio. In particolare, il **bacino della Dora Riparia** fu un importante asse di attraversamento montano durante la preistoria, oltre a rappresentare un territorio di colonizzazione (A. Bertone e Fozzati 1998). Tale areale risultava probabilmente adatto all'instaurarsi di nuovi insediamenti sia per la sua ampiezza e lunghezza, sia per l'attenuazione della dissimmetria morfologica rispetto al versante francese.

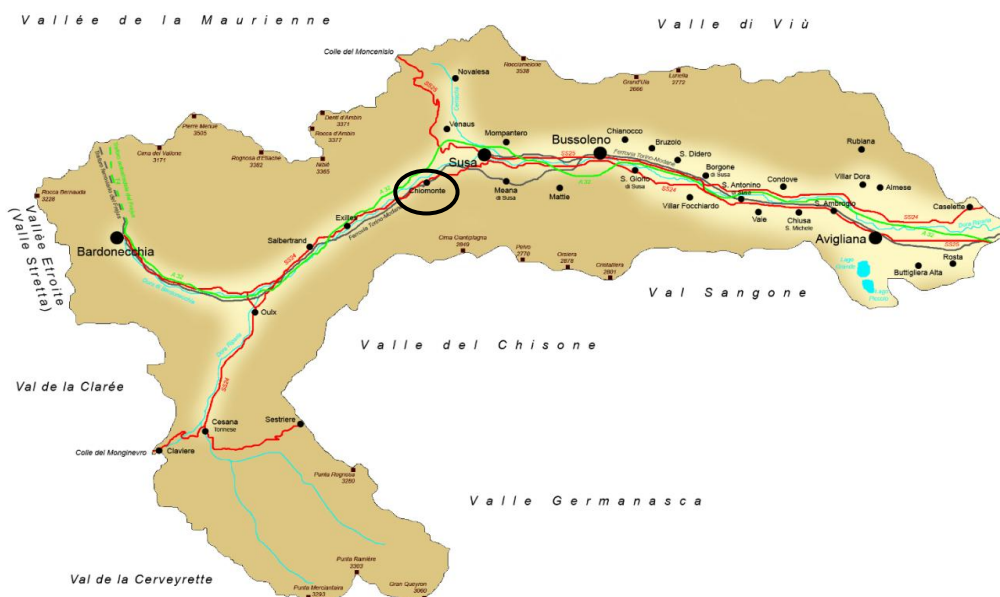


Figura 13. La Valle di Susa con, cerchiato in nero, Chiomonte



Le prime tracce umane in questo bacino idrografico, risalenti a un periodo compreso tra il tardo V millennio e la prima metà del IV millennio BCE, sono riferibili a comunità pienamente neolitiche, anche se ancora caratterizzate da un'economia agropastorale ridotta (A. Bertone e Fozzati 1998). Esse erano caratterizzate da una cultura materiale neolitica matura, non derivante da semplici fenomeni di acculturazione dei gruppi di cacciatori-raccoglitori, bensì riferibile a genti che colonizzarono l'area alpina a partire da un areale esterno. Il fatto che piccole comunità di cacciatori-raccoglitori fossero presenti almeno stagionalmente presso i massicci interni è tuttavia testimoniato dal bivacco epigravettiano finale di Balm'Chanto, nella limitrofa Val Chisone, a circa 1400 metri s.l.m. (R. Nisbet e Biagi 1987).

Tra le culture neolitiche che caratterizzarono il territorio, vi è la **Cultura dei Vasi a Bocca Quadrata**, o **VBQ**. Essa era diffusa nelle aree pedemontane delle Alpi Cozie e delle Alpi Graie, ma le informazioni sull'organizzazione socio-economica e di natura cronologica risultano scarse. Gli abitati erano collocati per lo più in posizioni sopraelevate presso sbocchi vallivi e aree perilacustri, come esemplificato da alcuni reperti rinvenuti presso Viverone. Attestazioni piemontesi provengono da Santa Maria di Pont, Boira Fusca di Salto, Castello di San Martino e Montalto Dora nell'alto Canavese (Marco Cima 1985; Fozzati 1988; Fedele 1990), oltre alla Rocca di Cavour (Seglie, Nisbet, e Ricchiardi 1990). Per quanto riguarda il bacino della Dora Riparia, abbondanti tracce di questa cultura sono state rinvenute a Borgone di Susa presso il sito di San Valeriano (SV2) (A. Bertone e Fozzati 1998; Padovan 2010).

Le indagini condotte nel 1982 a San Valeriano, collocato sul versante sinistro della bassa Valle di Susa, hanno consentito il recupero di abbondante materiale ceramico e litico risalente a un periodo compreso tra il Neolitico e l'età del Bronzo finale. Tra i materiali riferibili alla cultura VBQ vi erano scodelle a bocca quadrata con decorazione ceramica incisa ed excisa e vasi profondi ad impasto grossolano a bocca quadrata e rotonda. Alcuni frammenti di vasi a bocca quadrata presentavano tuttavia bugne e prese tipiche della tradizione chassea (Padovan 2010): non è quindi da escludere un passaggio di materiali attraverso la frontiera delle comunità della Cultura dei Vasi a Bocca Quadra, come attestato anche da ritrovamenti VBQ nel medio ed alto Rodano (Padovan 2010). Resti di identificazione più incerta provengono poi dall'Orrido di Chianocco (A. Bertone e Caranzano 1993), da Cascina Parisio di Susa (A. Bertone, Gaj, e Vecelli 1995) e da Vaie (A. Bertone e Santacroce 1996). Sono

state indagate soprattutto le ceramiche, caratterizzate da scodelle a bocca quadrata con decorazioni “a filo spinato” e meandro-spiraliche, oltre alla presenza di *pintaderas*, ovvero stampini a rullo in terracotta riportanti disegni geometrici.

Manca tuttora chiarezza sull’organizzazione del territorio, se caratterizzato da una mobilità seminomade oppure da insediamenti secondari con funzioni specializzate, controllati da siti permanenti di pianura. Nel complesso, le tracce VBQ sono limitate al basso versante della bassa valle e non superano la frontiera dello scalino glaciale a monte di Susa. Oltre ai sopracitati reperti VBQ, oggetti di origine (o per lo meno d’influenza) transalpina sono stati rinvenuti presso Vaie (A. Bertone e Santacroce 1996). Tuttavia, **è proprio il sito de La Maddalena di Chiomonte, a monte dello scalino glaciale di Susa, a mettere in luce la dicotomia culturale neolitica presente lungo la valle della Dora Riparia, mostrando infatti una chiara matrice «Chassey».**

Attraverso la valle del Rodano e lungo i suoi affluenti di sinistra, Durance ed Isère-Are, le comunità chasseyane si stanziarono sui massicci interni delle Alpi Cozie e Graie, compresa l’alta e media valle della Dora Riparia. L’espansione di queste comunità di agricoltori durante la seconda metà del V millennio investì infatti anche nicchie marginali, come il bacino della Saône e le vallate alpine. Altri insediamenti in quota come quello sul Col des Tourettes a 1093 metri s.l.m. (Muret 1991) e Monte Bego-Gias dei Ciari a 2120 metri s.l.m. (De Lumley et al. 1991) confermano l’interesse delle comunità chasseyane per gli ecosistemi montani. Nel più ampio quadro piemontese, altri siti di derivazione chasseyana sono stati rinvenuti presso Alba e Treiso in provincia di Cuneo, a Cascina Chiappona, Novi Ligure e Casalnoceto (Alessandria), così come presso il sito di Castello D’Annone (Asti). Le datazioni radiometriche disponibili per il sito di Alba coprono un arco cronologico che va dal 4320 al 4040 BCE, leggermente più antiche rispetto alle datazioni disponibili per il sito de La Maddalena di Chiomonte (Visentini et al. 2004).

La diffusione in Piemonte di gruppi occidentali provenienti da oltralpe sembra dunque aver avuto inizio verso la metà del V millennio BCE, in un momento caratterizzato dalla massima affermazione dello stile meandro-spiralico della cultura VBQ. Il momento più antico di interazione tra la cultura di Chassey e la cultura VBQ in Italia, all’attuale stato delle conoscenze, sembra risalire a un periodo compreso tra i 4250 e i 3900 anni BCE, basandosi sulle datazioni ottenute dal sito di Sant’Andrea di Travo (PC) (Visentini et al. 2004). La

comparsa di innovazioni culturali è suggerita anche dall'introduzione di nuove varietà di pecore di maggiori dimensioni e, forse, da nuovi metodi di tessitura, come suggerito da un aumento nel numero delle fusaiole (come testimoniato presso La Maddalena) (Padovan 2010).

Dal secondo quarto del III millennio prese poi piede il Gruppo **Dora-Chisone-Arc**, o **D.C.A.** (A. Bertone 1990). Esso risulta compreso nel quadro della cultura Saône-Rhône, un insieme eterogeneo che interessò i bacini della Saône e del medio Rodano (A. Bertone e Fozzati 1998). Tale fase si colloca nello stadio "formativo" proposto da Fedele (Fedele 1992) o "di crescita" secondo Gallay (Gallay 1990), caratterizzati da un aumento demografico e una colonizzazione più organica delle montagne. Erano presenti abitati permanenti di fondovalle, come La Maddalena di Chiomonte, e piccoli villaggi stagionali su medio-alte altitudini, forse legati alla transumanza estiva del bestiame. Oltre a La Maddalena, rientrano nel Gruppo Dora-Chisone-Arca, o D.C.A. altri siti della Valle di Susa come la Caverna dell'Orrido di Chianocco (A. Bertone 1990) e sono state trovate tracce in giacitura secondaria a Cascina Parisio (A. Bertone, Gaj, e Vecelli 1995). Nella adiacente Val Chisone si segnalano Riparo Balm'Chanto (R. Nisbet e Biagi 1987), mentre nella Val de l'Arc è presente il sito di Grotte des Balmes di Sollières-Sardières (Benamour 1993), dove la frequentazione appare più consistente di quella chasseuriana.

L'analisi degli studi archeologici condotti nel bacino della Dora Riparia dimostrerebbe quindi che la valle rappresentò, sin dalle prime fasi del Neolitico, un corridoio strategico di passaggio e interazione tra i versanti alpini. Le testimonianze delle culture VBQ e chasseuriana, unitamente agli sviluppi successivi del gruppo D.C.A., attestano la presenza di una continuità insediativa e una forte integrazione tra fondovalle e aree montane, inserita in un modello di popolamento basato sulla mobilità e sullo sfruttamento estensivo delle risorse naturali.

### 3.4 Lo sfruttamento della fauna nel Neolitico dell'Italia settentrionale e delle Alpi francesi

La ricerca archeozoologica nelle Alpi, in particolare per quanto riguarda gli studi più datati, ha risentito dell'assenza di materiali ben conservati, dovuta principalmente al substrato geologico delle aree d'alta quota spesso caratterizzato da terreni acidi (Walsh et al. 2023). Inoltre, la documentazione relativa all'Italia nord-occidentale è ancora relativamente scarsa,

mentre maggiore attenzione è stata rivolta allo studio dell'età del Bronzo nell'Italia nordorientale e nella Pianura Padana (Tecchiati et al. 2020).

Durante il **Mesolitico recente dell'Italia settentrionale**, gli studi archeozoologici e archeobotanici mostrano strategie di sussistenza di tipo generalizzato, comprendenti mammiferi di diversa taglia, pesci e molluschi, così come un'ampia varietà di piante spontanee. In ambiente alpino e prealpino, intorno alla metà del IV millennio BCE, la coltivazione dei cereali e l'allevamento risultano essere pratiche consolidate: la principale risorsa era data da pecore, capre e bovini, nonostante la caccia continuasse a rivestire un ruolo significativo (Barker et al. 1987). Il passaggio ad un'economia basata su allevamento e agricoltura costituì un cambiamento fondamentale per le comunità della tarda preistoria padana e alpina. Tale transizione avvenne gradualmente intorno alla metà del VI millennio BCE, senza tuttavia comportare una scomparsa netta delle tradizioni mesolitiche, che mantennero un ruolo cruciale (Zanetti, Fontana, e Tecchiati 2020).

Durante il **Neolitico**, le tre principali specie domestiche, ovvero bovini, ovicapri e suini, si trovano in quantità variabile nei diversi campioni faunistici della penisola settentrionale. Il bue risulta prevalente in alcuni siti della Pianura Padana come Spilamberto (MO) e Olmo di Nogara (VR) (Riedel 1981, 1995; Barker 1983), mentre capre e pecore sono più numerose in contesti come i terrazzi fluviali di area prealpina, in siti della bassa Valle di Susa come San Valeriano (TO) e in ambienti collinari come Monte Covolo (BS) (Barker 1977). I suini, infine, sono quasi sempre abbondanti ma prevalgono sulle altre specie solo in alcuni siti di pianura come Belforte (MN) (Catalani 1985), Campo Donegalo (CR) (Barfield 1975) e Rivarolo Mantovano (MN) (Catalani 1984).

La proporzione tra domestici e selvatici risulta anch'essa variabile: mentre alcuni contesti in area padana risultano composti esclusivamente da specie domestiche, come Travo (PC) (M. Bernabò Brea, Cattani, e Farello 1994) e Alba (Aimar 1995), nella maggior parte dei siti sono comunque presenti in abbondanza resti di cervo, cinghiale e capriolo (Ferrari et al. 2002). Il cervo risulta la preda maggiormente cacciata, con un'importanza in crescita nei campioni faunistici durante il tardo Neolitico. La sua grande diffusione può trovare una spiegazione con la grande estensione della foresta a latifoglie nel Neolitico finale, sia in pianura che presso i rilievi, nonché con le capacità di adattamento di questa specie ad ambienti differenti come foreste decidue e aree con scarsa vegetazione, spostandosi stagionalmente in senso altimetrico

alla ricerca di pascoli (Ferrari et al. 2002). Ulteriori specie selvatiche segnalate sono il camoscio, lo stambecco, carnivori e mustelidi come il tasso e la martora, il castoro, la lepre e la tartaruga palustre appartenente alla specie *Emys orbicularis*. La pesca, l'uccellazione e la raccolta di molluschi dovevano essere praticate, ma appaiono spesso scarsamente documentate nei reperti archeologici (Ferrari et al. 2002).

Per quanto riguarda i siti dell'Italia nord-orientale compresi tra la seconda metà del VI e la fine del III millennio BCE, in particolare nelle regioni Veneto, Trentino-Alto Adige/Südtirol e Friuli-Venezia Giulia, le ricerche condotte finora costituiscono una base conoscitiva importante, sebbene ancora fondata su campioni faunistici spesso limitati e su approcci metodologici in via di progressivo affinamento (Tecchiati et al. 2020; Zanetti, Fontana e Tecchiati 2020). Nonostante ciò, queste indagini risultano complessivamente più numerose rispetto a quelle dell'Italia nord-occidentale. I dati disponibili suggeriscono l'assenza di modelli culturali omogenei nello sfruttamento delle risorse faunistiche e indicano che la caccia ai selvatici mantenne un ruolo centrale nelle strategie di sussistenza, con un progressivo passaggio verso l'allevamento domestico, che si affermò a partire dal Neolitico medio. Alcuni contesti dell'età del Rame mostrano ancora spettri faunistici simili a quelli del Neolitico, in particolare per la consistente presenza di animali selvatici (Zanetti, Fontana e Tecchiati 2020).

Nei siti del Neolitico antico, i resti faunistici rivelano spesso una predominanza dei selvatici, talvolta superiore al 50%, segno di un'attività venatoria ancora significativa. Ad esempio, nel sito friulano di Cladrecis (UD) (Zanetti, Fontana, e Tecchiati 2020) gli animali selvatici superano il 50%, con caccia mirata soprattutto al cervo, mentre ad Acquaviva di Besenello (TN), i selvatici costituiscono circa il 70% del campione faunistico (Riedel 1982).

A partire dal Neolitico medio, si affermò progressivamente un'economia basata sull'allevamento degli animali domestici. In molti siti, la percentuale di specie selvatiche nei resti faunistici non supera infatti il 20%, come ad esempio nel Neolitico medio del sito altoatesino di Bressanone-Stufles (BZ) (Tecchiati e Zanetti 2013) e nei siti veneti di Maserà (PD) e Monselice (PD) (Tecchiati 2015), datati al Neolitico recente. Anche nei siti di Gazzo Veronese (VR) (Thun Hohenstein 2012) e Trento-La Vela (TN) (Bazzanella 2000) si ha prevalenza di domestici, con il bue e gli ovicaprini come specie più comuni, mentre la caccia risulta marginale. Alcune eccezioni, come il siti veneti del Neolitico medio di Fimon-Molino

Casarotto (VI) (Bagolini, Barfield, e Broglio 1973) e quello del Neolitico recente di Cornuda (TV) (Riedel 1988), mostrano tuttavia una maggiore dipendenza dalla fauna selvatica. Inoltre, in alcuni siti come Lugo di Grezzana (VR) (Maccarinelli, Marconi, e Pedrotti 2015) e Savignano sul Panaro (MO) (Cavulli 2008), i resti di animali selvatici risultano coinvolti in pratiche rituali, suggerendo un significato simbolico.

In **Pianura Padana**, verso la fine del V millennio BCE erano presenti sia comunità basate sull'allevamento, sia la cui principale fonte di sostentamento era costituita da caccia e raccolta. Ad esempio, i siti di Vhò (AL) e Oriano (BS) avevano un'economia basata quasi esclusivamente sulla caccia al cervo, al capriolo e al cinghiale, integrata dall'allevamento di bovini e suini, dalla pesca e dalla raccolta di tartarughe e di molluschi d'acqua dolce. Presso Casatico di Marcaria (MN), sito con cultura VBQ e di pochi secoli successivo a quelli appena citati, l'importanza di cervo e capriolo era invece diminuita con prevalenza nell'allevamento di suini, bovini e ovicaprini. Uno spettro faunistico simile è stato rilevato presso il sito lombardo VBQ di Rivarolo Mantovano (MN) (Barker et al. 1987).

Tra i contesti neolitici dell'**Italia nord-occidentale**, il sito risalente al Neolitico medio di Montaldo Dora (TO), legato alla cultura VBQ, ha restituito solamente 13 resti ossei, frammentati e in mediocri condizioni di conservazione. Si tratta quasi interamente di cervi, oltre a un omero di cinghiale e un frammento di acetabolare riferibile al genere *Bos* (Padovan et al. 2019). La piccola serie di resti faunistici rinvenuta presso San Valeriano di Borgone (TO) (R. Bertone e Colombatto 1984) mostra la presenza di un'economia mista di predazione e di allevamento in prevalenza ovicaprino. Il sito di Monfenera (TO), in Valsesia, mostra invece una prevalenza di suini di piccole dimensioni, seguiti rispettivamente da pecore e capre (talvolta difficili da distinguere) e dallo stambecco. Sono inoltre presenti tasso, cervo, camoscio e un pesce Teleosteo (Fedele 1973).

Per quanto riguarda lo **chasseano** della **Francia meridionale**, siti all'aperto come Les Moulins (Saint-Paul-Trois-Châteaux), La Roberte (Châteauneuf-du-Rhône) e Le Gournier (Montélimar, zone E-F) evidenziano una predominanza di bovini e ovicaprini, con una maggiore incidenza dei bovini presso Les Moulins. Le grotte e i ripari erano utilizzati prevalentemente per la stabulazione e il parto dei caprini. Questi dati indicano l'esistenza di una rete territoriale articolata, in cui siti di diversa tipologia svolgevano funzioni specifiche e complementari (Bréhard 2011). Altra specie domestica importante in diversi contesti era il

cane: nel quadro del Neolitico medio, la regione Rhône-Alps fu caratterizzata da un'intensificazione della presenza di tale animale, in particolare nei siti di pianura delle aree meridionali come l'Ardèche e la Drôme. Sembra che questo animale ricoprisse un ruolo peculiare all'interno delle pratiche alimentari e simboliche delle comunità chasseane. In più casi, questi resti si associano a contesti funerari o cerimoniali, suggerendo che il consumo della carne canina potesse avvenire nel corso di pratiche comunitarie a carattere rituale. Nel Neolitico finale, tuttavia, si osserva una netta inversione di tendenza: la presenza del cane nei contesti archeozoologici diminuisce e vi sono meno evidenze dirette di consumo o di trattamento rituale (T. Argant 2020).

Un'estesa indagine archeozoologica svolta su diversi siti del sud della Francia (Blaise et al. 2010), ha mostrato come durante il Neolitico medio vi fosse omogeneità tra le specie allevate, con una predominanza di ovicaprini (capre in particolare) seguite da bovini e suini, e un basso tasso di selvatici. Con il passaggio al Neolitico recente e alla cultura chasseana, vi fu invece una progressiva regionalizzazione delle strategie di allevamento: presso le zone costiere e di bassa collina si registra infatti un aumento di suini, forse connessa ad una maggiore disponibilità di querceti (e dunque di ghiande) con cui alimentare questi animali. Le regioni interne restarono invece caratterizzate da una dominanza di ovicaprini e bovini, associati ad una maggiore mobilità nella gestione del bestiame. Questa differenziazione territoriale sembra accentuarsi ulteriormente nel Neolitico finale, con alcune aree in cui avveniva una produzione intensiva di carne suina e altre in cui il ruolo dei bovini aumentò di importanza, anche rituale e simbolica, nonostante i caprini rimanessero generalmente la categoria dominante. Nel Neolitico finale del Midi francese si riscontrano poi le prime evidenze dell'uso dei bovini come animali da tiro, come suggerito dalla presenza di patologie ossee specifiche compatibili con sforzi prolungati legati a trazione o carico. È stata inoltre ipotizzata la presenza di strategie di redistribuzione comunitaria e circolazione di prodotti come carne conservata, pelli e prodotti caseari.

Capre e pecore furono tra i primi animali domestici ad essere introdotti nel settore meridionale delle Alpi francesi, con un ruolo centrale nell'economia pastorale. Un'indagine archeozoologica condotta su resti ossei provenienti da diversi siti neolitici del sud della Francia (Helmer e Vigne 2004) ha permesso di ricostruire in modo dettagliato le modalità con cui venivano gestite le greggi. Gli individui di sesso maschile erano generalmente macellati

tra i sei e i dodici mesi di età per sfruttarne la carne, mentre le femmine erano mantenute in vita più a lungo per la riproduzione e, con ogni probabilità, anche per la produzione di latte. Le strategie di allevamento variavano a seconda del contesto geografico: presso le aree montane vi era una forte specializzazione pastorale, mentre nei siti collinari era presente una maggiore integrazione tra pastorizia e agricoltura. Presso alcuni insediamenti, come quello di Les Bagnoles (Languedoc), la bassa varietà anatomica dei resti suggerisce che la macellazione non avvenisse necessariamente sul posto, ma che la carne venisse trasportata già sezionata, prediligendo i distretti con una maggiore resa. A Fontbrégoua, sito d'altura situato nelle Prealpi della Provenza, la composizione dei resti e la loro distribuzione nel tempo sembrano suggerire l'esistenza di pratiche di transumanza verticale stagionale.

Uno studio rivolto al Neolitico delle Alpi Occidentali tra Francia e Svizzera (Chiquet 2019), in particolare nei tre siti chiave di La Grande Rivoire (Isère), Le Chenet des Pierres (Savoie) e La Soie (Valais), ha evidenziato come nel corso del Neolitico sia avvenuto un progressivo incremento nello sfruttamento delle specie domestiche, in particolare degli ovicapri. A Le Chenet des Pierres, l'analisi archeofaunistica ha mostrato una gestione degli ovicapri non limitata alla sola produzione di carne: la presenza di individui anziani e i segni di macellazione indicano pratiche di allevamento che probabilmente includevano anche lo sfruttamento di prodotti secondari. Nel sito de La Soie, invece, i dati suggeriscono un modello di allevamento stagionale transumante. I profili di abbattimento, con prevalenza di individui giovani nei livelli estivi, riflettono infatti un utilizzo mirato dei pascoli alpini, in linea con una strategia produttiva adattata ai ritmi ecologici dell'ambiente montano. La caccia di ungulati selvatici come cervo, camoscio e stambecco era comunque significativa, soprattutto durante i primi stadi di occupazione dei siti.

Un'ulteriore importante indagine dal versante francese proviene dal sito della grotta delle Balmes, situata a Sollières-Sardières (Savoia, Francia), il quale copre un arco cronologico che va dal Neolitico medio all'età del Bronzo finale. Lo studio archeofaunistico (Lundström-Baudais, Martin, e Olive 2012) ha permesso di comprendere come le specie domestiche prevalessero nettamente sin dalle prime fasi di occupazione: vi erano principalmente pecore e capre seguite da bovini e suini, questi ultimi poco rappresentati. Per quanto riguarda gli ovicapri, sono soprattutto rappresentati i crani e le estremità distali degli arti; le curve di mortalità mostrano una tendenza all'abbattimento degli animali entro i due anni di età,

coerentemente con una strategia economica orientata alla produzione di carne. Per i bovini, è stato invece osservato un aumento numerico progressivo delle attestazioni dal Neolitico medio al Bronzo antico, seguito da una contrazione nel Bronzo finale. I dati anatomici suggeriscono che le carcasse potrebbero essere state macellate altrove e solo parzialmente trasportate in grotta. Vi sono inoltre testimonianze della presenza di cani presso l'insediamento, come testimoniato da resti ossei giovanili e tracce di masticazione su numerosi frammenti. Per quanto riguarda la componente selvatica, la specie meglio rappresentata è lo stambecco, seguita da cervo, camoscio e capriolo. La presenza di *Capra ibex* è documentata in tutte le fasi, ma con una prevalenza di elementi scheletrici periferici, compatibili con operazioni di scuoiatura e abbandono degli scarti sul posto. Vi sono poi resti di altri animali come la marmotta, la lepre, l'orso bruno, la volpe, la faina, il gatto selvatico e la lince, nonché resti di uccelli tra cui il piviere alpino, il gallo forcello, il picchio verde e la cincia, oltre a un grande rapace non identificato (forse un'aquila o un gipeto). A completare tale quadro si aggiungono infine resti di roditori e anfibi.

Nel complesso, il quadro dello sfruttamento della fauna nel Neolitico dell'Italia settentrionale e delle Alpi francesi restituisce un mosaico di strategie economiche, influenzate dalle condizioni ambientali e dalle tradizioni culturali locali. I dati disponibili mostrano una progressiva affermazione della componente domestica tra Neolitico antico e recente, ma anche una persistenza significativa delle attività venatorie in contesti alpini e prealpini, dove la caccia continuò a rappresentare una risorsa complementare. Le economie miste documentate nelle aree montane suggeriscono una gestione del territorio flessibile, capace di integrare allevamento e sfruttamento delle risorse selvatiche secondo modelli stagionali e altitudinali.

In questo quadro, La Maddalena di Chiomonte si distingue come un sito chiave per comprendere le modalità di adattamento e di sfruttamento delle risorse animali nelle Alpi occidentali durante il Neolitico tardo. L'ampiezza e lo stato di conservazione del campione faunistico, uniti alle possibilità offerte dalle analisi biomolecolari, rendono il sito un punto di osservazione privilegiato per valutare le strategie di sussistenza adottate dalle comunità neolitiche della Valle di Susa. Rispetto ai siti coevi della pianura padana e delle Alpi francesi, Chiomonte colma una lacuna geografica e culturale rilevante. La sua posizione lungo un asse di transito naturale tra area padana e bacino del Rodano colloca il sito in un settore cruciale

per la circolazione di uomini, animali e pratiche economiche. In tal senso, il sito potrebbe contribuire a ridefinire i modelli di popolamento alpino, suggerendo una continuità di occupazione e di sfruttamento delle risorse anche a quote relativamente elevate. Inoltre, l'integrazione tra analisi morfologiche e ZooMS offre prospettive di grande interesse per distinguere in modo più preciso la gestione delle specie domestiche e selvatiche.

Gli aspetti finora meno approfonditi, che Chiomonte permette di affrontare in modo innovativo, riguardano dunque la definizione dei modelli di allevamento alpino, la persistenza delle pratiche venatorie in contesti di economia mista, e la valutazione del ruolo delle aree di quota nella rete insediativa neolitica. Il riesame del materiale, insieme alle nuove datazioni e alle analisi biomolecolari, contribuisce a delineare un quadro più dinamico delle strategie di sussistenza, suggerendo che la Valle di Susa non fosse un'area marginale, ma un nodo attivo di interazione e di sperimentazione economica tra le diverse tradizioni culturali dell'Italia settentrionale e delle Alpi occidentali.

## Capitolo 4. Il caso studio: La Maddalena di Chiomonte

### 4.1 Gli scavi e la stratigrafia

L'area di Chiomonte fu oggetto di interesse sin dal secondo dopoguerra, con il geografo torinese Carlo Felice Capello che studiò gli abitati "trogloditici" del Piemonte alpino, individuando i ripari sotto roccia de La Maddalena utilizzati in età gallica, romana e medievale (Capello 1950). Trascorsero però quasi vent'anni prima di ottenere nuove segnalazioni di evidenze archeologiche presso il sito (A. Bertone et al. 1986), le quali si susseguirono fino alla prima vera e approfondita indagine archeologica del 1986, condotta durante la realizzazione dell'autostrada A32 che collega Torino al traforo del Frejus.



**Figura 15.** L'autostrada A32 realizzata negli anni Ottanta e La Maddalena di Chiomonte oggi, militarizzata e occupata dal cantiere TAV

L'area, che interessa principalmente il versante sinistro del solco vallivo della Dora Riparia, fu dunque oggetto in un primo momento di un sondaggio preventivo lungo l'intero tracciato. Quest'ultimo ebbe luogo con la collaborazione della SITAF, Società Italiana Traforo Autostradale del Frejus, la quale affidò alla società ARKAIA i lavori di prospezione, effettuati sotto la direzione della Soprintendenza Archeologica nelle persone di Luigi Fozzati (per l'epoca pre- e protostorica), di Luisa Brecciaroli Taborelli (Soprintendente Reggente per i Beni Archeologici del Piemonte) e di Luisella Pejrani (per l'età romana e medievale). Il

lavoro consistette in una fase preliminare di indagine geologica e di raccolta di dati di superficie, seguita da sondaggi di limitata estensione lungo il tracciato e presso zone limitrofe. Lo scavo fu quindi eseguito da parte della Cooperativa Archeologica Lombarda (C.A.L.), la società ARKAIA e il Gruppo Archeologico Torinese (G.A.T.) (A. Bertone e Fozzati 2002b).

Il sito fu interessato da numerosi eventi franosi nel corso del tempo. I rapporti tra i depositi di frana e quelli fluvioglaciali della superficie terrazzata mostrano come un primo episodio gravitativo abbia avuto luogo durante la sedimentazione dei depositi fluvioglaciali, mentre un secondo, di maggiori dimensioni, risulti invece posteriore a tali depositi. Gli strati archeologici si impostano sia sull'accumulo di frana che sui depositi fluvioglaciali; la potenza di tali strati è massima in prossimità della base del versante. Sono stati individuati due orizzonti di natura colluviale, che riflettono ambienti e frequentazioni umane differenti: un orizzonte inferiore, con granulometria fine, reperti meglio conservati e strutture archeologiche in posizione d'origine, e un orizzonte superiore, con granulometria più grossolana e la presenza di blocchi franosi (A. Bertone et al. 1986).

Sono stati inoltre riconosciuti due microambienti distinti: la porzione sudorientale dello scavo è collocata sull'area pianeggiante del terrazzo, mentre il versante presenta un andamento accidentato (A. Bertone et al. 1986). La principale problematica riscontrata, emersa sin dall'inizio degli interventi, è risultata essere di tipo stratigrafico: la zona posta alla base del versante era infatti caratterizzata da una massiccia coltre di detriti accompagnata dalla presenza di massi di crollo di enormi dimensioni. Tali blocchi provocarono una dislocazione del detrito, rendendo così difficoltosa l'individuazione della sequenza delle fasi archeologiche. Inoltre, l'area era segnata da una serie di terrazzamenti, i quali avevano ulteriormente compromesso i livelli più alti del deposito. Infine, la zona pianeggiante fu interessata da attività di lavori agricoli, che incisero il terreno per circa mezzo metro. Questo quadro determinò quindi una generale omogeneità dei livelli superiori, sia cromatica che testurale, con terreno "di uniforme colore bruno chiaro e regolarmente sciolto" (A. Bertone e Fozzati 2002a).

Al fine di intervenire nel modo più accurato possibile, gli archeologi eseguirono tagli artificiali di circa 15 cm, ancorando la superficie di scavo a un sistema di assi cartesiani. Vennero mantenuti dei diaframmi tra settori adiacenti per ottenere sezioni di controllo, procedendo per ogni settore in modo autonomo e simultaneo. Tale strategia fu adottata fino

all'individuazione di discontinuità nel terreno e di eventuali unità stratigrafiche non soggette a disturbi esogeni. La fase preliminare, una volta definita l'area d'intervento, ha previsto il posizionamento di capisaldi planoaltimetrici come punti di riferimento. Fu quindi tracciato, mediante un reticolato di funicelle elastiche, un reticolo con maglie di 2 metri di lato per definire le coordinate orizzontali dell'area. Parallelamente, vennero eseguiti sondaggi localizzati per orientare l'intervento, ovvero scavi in profondità (circa 2 m<sup>2</sup>) in zone ritenute interessanti sulla base di indizi in superficie. Terminata questa fase, fu quindi effettuato lo scavo in estensione, condotto in modo localizzato per la natura preventiva dell'intervento. Lo scavo fu eseguito quasi interamente a mano, utilizzando una setacciatrice elettrica su tutto il detrito recuperato (M. Cima, Corino, e Ghidotti 1988).



**Figura 16.** Fotografia degli scavi in corso (Foto d'archivio inedita, per gentile concessione di A. Monticone, pers. comm., 2024).

L'area complessiva indagata con questa metodologia ha un'estensione di circa 12000 m<sup>2</sup>, orientata in senso sud-est/nord-ovest, tra i bordi del terrazzo e le pendici del medio versante sinistro, con frequentazioni preistoriche e preindustriali (A. Bertone e Fozzati 2002b). La stratigrafia completa testimonia fasi insediative dal Neolitico recente all'Età del Rame, dall'Età del Bronzo medio-tardo alla seconda Età del Ferro, oltre a tracce di antropizzazione medievale. Gli eventi franosi succedutisi nel tempo, causati da fenomeni di natura prevalentemente sismica, portarono al ripetuto abbandono del sito (Fozzati 1987). Gli orizzonti superiori hanno restituito un complesso articolato di resti materiali, attribuibile a diverse fasi culturali, ma distribuite all'interno del detrito in maniera disordinata. I livelli inferiori hanno mostrato una sequenza di abitato più contenuta, con tracce di vita neolitica in giacitura primaria.

Durante i primi studi effettuati sui materiali estratti, vennero eseguite alcune datazioni al radiocarbonio da parte del *Centre de Recherches Geodynamiques* di Thonon-Les-Bains (A. Bertone e Fozzati 2002b). I carboni sottoposti ad analisi provenivano dagli orizzonti basali del deposito archeologico, sia ai piedi del versante che sul terrazzo. Per quanto riguarda le prime fasi di occupazione, furono ottenute le seguenti date calibrate:

<b>Datazioni <sup>14</sup>C (BCE)</b>	<b>Settore</b>
3950 – 3640	B15 tg 18
4224 – 3709	B15 tg 18
3908 – 3649	G-H 19 tg 16
3775 – 3045	G-H 19 tg 16
3697 – 3519	G-H 19 tg 16
3784 – 3644	E4p US 182

**Tabella 1.** Datazioni al radiocarbonio relative alla prime fasi di occupazione

I primi cinque campioni provenivano da capanne collocate ai piedi del versante, in particolare da due fosse di combustione scavate nel detrito sterile; l'ultimo è stato raccolto dallo spazio esterno al villaggio, nello specifico in una fossa forse destinata alla cottura di terrecotte. Tali datazioni si collocano dunque nella prima metà del IV millennio BCE. I lembi superiori del deposito del pianoro restituirono le seguenti datazioni, riferibili a due strutture di combustione:

<b>Datazioni <sup>14</sup>C (BCE)</b>	<b>Settore</b>
758 – 401	B3p US 175
509 – 396	B3p US 174

**Tabella 2.** Datazioni riferibili alle strutture di combustione

Dal versante, invece, un solo campione fu oggetto di datazione al radiocarbonio:

<b>Datazioni <sup>14</sup>C (BCE)</b>	<b>Settore</b>
169 BCE – 53 CE	C12 tg 12

**Tabella 3.** Datazioni riferibili al versante

Per quanto riguarda la storia geologica del sito sul versante, immediatamente sotto un orizzonte color nocciola caratterizzato da un abbondante scheletro eterometrico e da una matrice siltoso-sabbiosa, sono state individuate diverse unità grigio-brune con un grado moderato di pedogenesi. Esse corrispondono ai suoli destinati all'abitato, i quali si sono formati direttamente sui detriti prodotti dai più antichi episodi di frana del versante, che hanno a loro volta ricoperto gli accumuli fluviali del terrazzo. Quest'ultimo, invece, mostrava una limitata presenza di unità stratigrafiche sovrastanti il detrito fluviale, con uno spessore medio di circa 50 cm (A. Bertone et al. 1986). La complessa stratigrafia è stata dunque suddivisa in differenti unità, che riflettono diverse condizioni geomorfologiche e ambientali: l'unità A, l'unità B e l'unità C, di seguito descritte (Perotto e Carraro 2002):

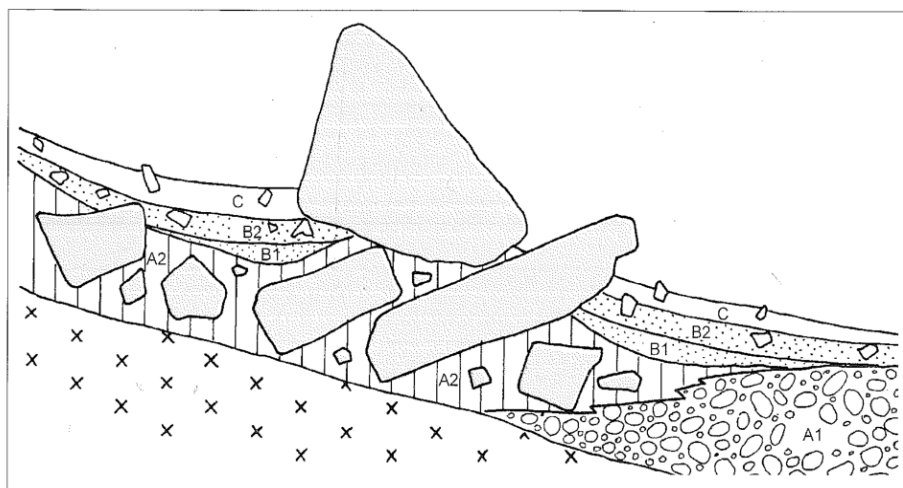
**I. Unità A**, costituita a sua volta da due sottounità principali:

1. **A1**: composta da depositi fluvio-glaciali caratterizzati da ghiaie sabbiose grossolane e sporadici massi angolosi, originati dal ritiro dell'antico ghiacciaio e rimaneggiati da corsi d'acqua. Tali depositi hanno creato una superficie pianeggiante, la quale ha favorito l'insediamento antropico;
- **A2**: accumulo di frana imponente che copre un'area di circa 25 ettari, costituito prevalentemente da blocchi di grandi dimensioni, spesso arrotondati in superficie a causa di fenomeni di alterazione chimico-fisica. Questo accumulo ha subito fenomeni erosivi, creando una topografia irregolare con conoidi detritici che hanno offerto ripari naturali.

**II. Unità B**, legata alla presenza antropica, suddivisa in due sottoinsiemi:

- **B1**: strato principale associato a frequentazioni umane, caratterizzato da una matrice limoso-argillosa scura, ricca di materiale organico e reperti archeologici;
- **B2**: Livello successivo con maggiore frazione sabbiosa e presenza di blocchi provenienti da frane recenti. Include reperti archeologici in posizione secondaria, suggerendo una fase di maggiore instabilità geomorfologica, con episodi di crollo e dilavamento successivi alla frequentazione principale del sito.

**III. Unità C**, prevalentemente colluviale e sterile dal punto di vista archeologico, la quale testimonia la persistenza dell'instabilità del versante fino a epoche recenti.



**Figura 17.** Le diverse unità stratigrafiche individuate (Perotto e Carraro 2002)

## 4.2 L'abitato

Il villaggio, esposto a sud e prossimo a una fonte d'acqua, si originò da una comunità di origine chasseuriana che scelse come zona d'insediamento l'area di contatto tra il pianoro e il basso versante. I resti sono stati rinvenuti in prevalenza in giacitura primaria, all'interno di un deposito colluviale a lenta sedimentazione. Le fasi di sviluppo più tardive sono di dubbia interpretazione, essendo state soggette a un consistente evento franoso che colpì l'abitato nel corso della seconda metà del IV millennio BCE. Tale fenomeno sigillò il deposito archeologico, sconvolgendo però il tetto; a ciò si aggiungono gli interventi di terrazzamento del terreno, realizzati già a partire dalla preistoria, che hanno reso ancora più ardua la comprensione delle ultime fasi dell'insediamento (A. Bertone, Fedele, e Gaj 2002).

La pianta del villaggio risulta casuale e determinata principalmente dalla configurazione del terreno, con piccole abitazioni spesso addossate alle pareti orientali dei macigni, realizzate sulla base della direzione dei venti e dell'esposizione al sole (Fozzati 1987). Nel settore nordorientale dello scavo, alla base del versante, è venuto alla luce uno spazio residenziale di circa 700 m<sup>2</sup>, collocato su una paleosuperficie con un dislivello non superiore ai 5 metri, il quale prosegue lasciando intendere uno sviluppo verso nord-est. Alcuni sondaggi eseguiti presso i massi di frana confermano un'estensione del nucleo residenziale per almeno un centinaio di metri e 1500 m<sup>2</sup> di superficie, così come i resti rinvenuti verso il pianoro nella stessa direzione attestano che l'attività del villaggio si sia svolta per almeno ulteriori 800 m<sup>2</sup>. A circa 25 metri dalle abitazioni, lungo il bordo di un piccolo stagno alimentato da una

sorgente vicina, è stata poi rinvenuta una serie di ampie fosse di combustione probabilmente ad uso industriale, estese su una superficie leggermente inferiore a 100 m<sup>2</sup>. Oltre ai focolari rinvenuti presso lo stagno, analoghe strutture di combustione di minore dimensione sono emerse presso l'area residenziale, una o due per capanna. Non sono risultate identificate strutture difensive.



**Figura 18.** Focolare piatto H 19/16 (Bertone e Fozzati 2002a)

Le capanne, poste a diretto contatto con il terreno e localizzate soprattutto seguendo la disposizione dei grandi massi di crollo, risultano distanziate tra loro da intervalli che vanno approssimativamente dai 2 ai 10 metri. Esse erano di piccole dimensioni (circa una decina di metri quadrati) e prodotte in gran parte con materiale deperibile dell'insediamento (A. Bertone, Fedele, e Gaj 2002). I macigni presenti erano utilizzati come pareti e come strutture portanti delle case, spesso costituite da semplici tettoie spioventi direttamente addossate ai grandi massi. Alcune capanne erano costituite da pareti forse in graticcio o in tessuto (A. Bertone et al. 1986), ancorate con pali infissi verticalmente nel terreno o con qualche filare di pietre disposto a formare un muretto, mentre altre con pianta circolare erano autoportanti (Fozzati 1987).

La loro forma risulta variabile. Un edificio dalla pianta irregolarmente quadrangolare è l'unico a presentare pali di circa 15 cm di diametro, con una quinta buca in posizione centrale. Un'altra capanna di forma circolare mostra invece tracce di pali di dimensioni inferiori, disposti all'interno in maniera inclinata, dettaglio che fa pensare a un utilizzo correlato al focolare; la struttura autoportante ipotizzata è a forma conica, realizzata con pali inclinati e convergenti. Un ulteriore edificio di natura enigmatica è stato scavato al confine meridionale dell'insediamento. La struttura è composta da un allineamento di tre buche di palo con un

diametro non superiore a 15 cm, seguito da ulteriori tre buche che ruotano attorno a una buca finale con un diametro tra 30 e 40 cm. Questa configurazione è associata a quattro fosse di combustione di dimensioni variabili e a una vasta depressione riempita da un materiale ricco di sostanza organica, nel quale sono inglobati numerosi frammenti di manufatti ceramici e litici disposti in maniera caotica, indizi che suggeriscono la funzione di catino di spurgo. Inoltre, il pavimento dell'intero complesso evidenzia tracce di attività di scheggiatura della selce. È plausibile, quindi, che il complesso non fosse destinato a un uso abitativo, bensì a pratiche di tipo industriale.



**Figura 19.** Capanna G-L 19-20/16. Cerchi: frammenti di terracotta; triangoli: manufatti in selce; esagono: ascia di pietra levigata (Bertone e Fozzati 2002a)

I pavimenti delle abitazioni erano talvolta regolarizzati con lastricati di ciottoli o livellati (A. Bertone et al. 1986). Un insieme ordinato di pietre compattate tra loro alla base di una superficie leggermente inclinata suggerisce poi la funzione di trattenimento dei detriti dell'insediamento (A. Bertone, Fedele, e Gaj 2002). Le abitazioni non mostrano segni di rifacimento, per cui dovrebbero essere state abitate per tempi relativamente brevi, circa un decennio, mentre alcune costituivano semplici ripari. All'interno le capanne non erano suddivise in vani, ma vi era un utilizzo specifico di alcune zone, ad esempio come "laboratorio" in cui si producevano gli attrezzi d'uso domestico o per attività legate alla tessitura: ciò è suggerito dalla presenza di concentrazioni di fusaiole o di percussori. Le strutture di combustione risultano frequenti e di due tipi: focolari semplici di dimensioni

ridotte collocati all'interno delle abitazioni e fosse di grandi dimensioni, poste all'esterno (Fozzati 1987).

L'insediamento de La Maddalena di Chiomonte presenta significative affinità con l'organizzazione urbanistica chassea del medio-basso bacino del Rodano: gli abitati, ad esempio, sono realizzati da costruzioni leggere e di breve durata, mostrando un'organizzazione poco complessa (Beeching 1999). Una possibile interpretazione è che i grandi insediamenti chassea fossero collocati in un quadro di vita collettiva semisedentaria, con centri adibiti ad incontri periodici per più gruppi specializzati in diverse attività economiche (Phillips 1988). Presso il sito de La Maddalena sono emerse prove di attività artigianale legata soprattutto alla lavorazione della terracotta e alla scheggiatura della pietra, così come la presenza di oggetti esogeni (ad esempio, le "biglie" in pietra verde tipiche della Francia meridionale o le scodelle a bocca quadrata di area padana). Si è dunque ipotizzato che questo villaggio fosse un centro di mercato ad uso periodico.



**Figura 20.** Visione aerea dell'area archeologica con indicati l'abitato, la necropoli e l'area cerimoniale

### 4.3 Il cimitero

Oltre all'abitato, circa cinquanta metri a sud-est del sito de La Maddalena di Chiomonte è presente un'area funeraria coeva e verosimilmente della stessa comunità. Il cimitero venne alla luce nel 1986 ed è formato da tombe isolate, a cassetta o a cassone di lastroni litici, definite "ciste" (Fedele 2002a). L'uso della cista litica con tombe di tipo "Chamblandes", sepoltura diffusa lungo il V-IV millennio, sembra orientare verso le regioni del Lemano e del Vallese (A. Bertone e Fozzati 1998). Si tratta di sepolture dalla forma parallelepipedica a pianta

rettangolare, con fondo in terra e lastrone di copertura. Lo scavo fu svolto dalla Cooperativa Archeologica Lombarda (C.A.L.) nell'ambito dei lavori eseguiti sulla zona meridionale del pianoro e i resti studiati da Francesco Fedele (Fedele 2002a). Due tombe, denominate T1 e T2, vennero alla luce nel novembre 1986; un secondo gruppo di sepolture fu poi scoperto all'inizio del 1987 e scavato da C.A.L. in collaborazione con Arkaia.

Presso quest'area cimiteriale neolitica, sono emerse altre otto tombe (T3-T10) e un'ulteriore struttura a cista. Complessivamente, sono dunque presenti dieci tombe a cista su un'area pianeggiante di circa 210 m<sup>2</sup>, oltre a una struttura tipo cista con storia deposizionale anomala e un'area cerimoniale. In aggiunta alle tombe neolitiche, venne scavata nell'estate 1987, presso l'estremità nordoccidentale della zona cimiteriale più antica, una tomba isolata risalente alla II età del Ferro. Prima di essere adibita a cimitero, quest'area fu soggetta ad attività artigianali e domestiche, come dimostrato da una fossa interpretata come possibile forno per la cottura della ceramica o per lo stoccaggio delle derrate alimentari.



**Figura 21.** Particolare della tomba T4 (Fedele 2002a)

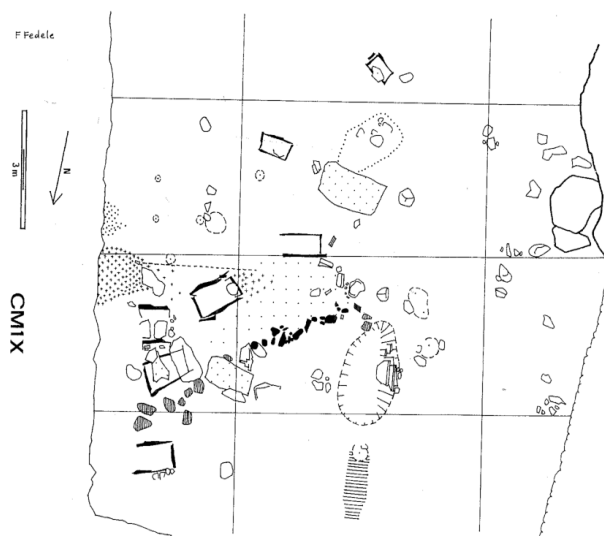
Per quanto riguarda le tombe neolitiche, due sono collocate in posizione isolata rispetto al restante nucleo, forse a causa della distribuzione dettata dalla geomorfologia locale. Tutte le salme sono state deposte sul fianco sinistro con capo rivolto a est, con rito funerario che escludeva la presenza di un corredo. Alcuni corpi sono stati oggetto di una deposizione primaria della salma, mentre altre tombe presentano una deposizione secondaria del solo cranio o della sola mandibola. Alcune sepolture sono poi risultate vuote, di cui una di dimensioni molto ridotte rispetto alle altre, forse destinata ad ospitare un bambino (Fedele 1988, 2002a).

L'area interpretata come rituale comprendeva un "recinto cerimoniale" presso un piccolo spiazzo leggermente incavato, probabilmente collocato tra le prime tombe realizzate. Presso

tale area erano presenti blocchi e grandi ciottoli conficcati verticalmente nel suolo in modo quasi rettilineo, accanto ai quali è stato rinvenuto un monolito alto 72 cm, forse un pilastro rituale. L'area posta a sud-est del cimitero comprendeva inoltre una zona di combustione presso la quale fu bruciato un palco di cervo, pavimentato con pietre e ciottoli, comprendente un grosso blocco lungo 90 cm, alto circa mezzo metro e con cima piatta, forse posto intenzionalmente durante l'ultimo periodo di utilizzo. Sempre presso quest'area sono state scavate alcune buche di palo che potevano sostenere una piattaforma (Fedele 2002a).

Vi è la possibilità che l'utilizzo del cimitero sia cessato improvvisamente a causa di uno o più eventi naturali di tipo catastrofico, come suggerito dalle deformazioni strutturali di alcune sepolture. Oltre all'area cimiteriale, isolati resti umani sono stati rinvenuti anche presso l'abitato, in particolare resti cranici e denti. Una possibile spiegazione, che chiarirebbe anche la presenza di tombe vuote o riportanti solamente pochi distretti scheletrici, è che almeno alcuni dei resti umani sparsi derivino dall'azione di animali su salme esposte all'aria per scarnificazione. Un'ulteriore ipotesi è che le salme dei defunti fossero manipolate a più riprese, e che le tombe riflettano dunque momenti diversi di tale programma adempiendo via via a diverse funzioni (Fedele 1988).

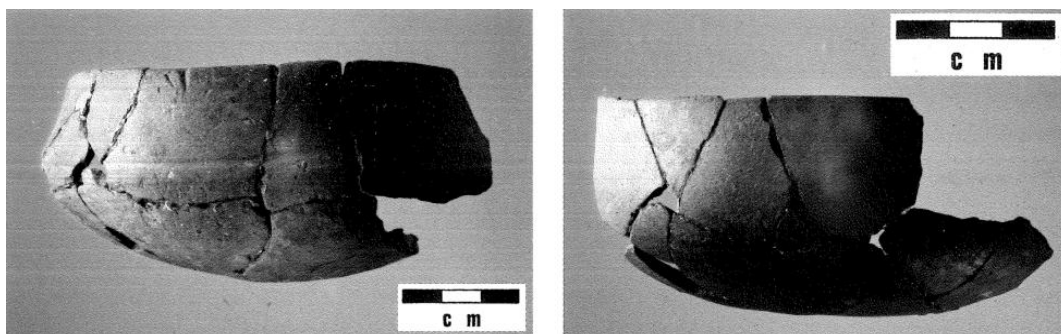
Per quanto riguarda la presenza di ossa animali all'interno delle tombe, è stata rinvenuta solamente una mandibola di ovicaprino immaturo presso la tomba T4, contenente le spoglie di un individuo adulto presumibilmente di sesso maschile, posta alle spalle del defunto (Fedele 2002a).



**Figura 22.** Pianta del cimitero. Originale di F. Fedele basato su rilievi C.A.L.

## 4.4 La cultura materiale

Il corpus principale dei **reperti ceramici** provenienti da La Maddalena di Chiomonte appartiene allo Chasseano: le principali tipologie ceramiche riscontrate sono tazze carenate e vasi globulari di dimensioni variabili, vasi con ampio collo e spalla ridotta, diversi bicchieri e bugne con perforazioni. Altri reperti rilevanti sono le numerose fusaiole lenticolari, le quali dovevano servire per la produzione di filati medi o medio-grandi (A. Bertone, Burdese, et al. 2002). Tra le ceramiche chasseane i recipienti “carenati”, ovvero scodelle basse e vasi a corpo globoso e collo distinto di diametro variabile con fondo arrotondato, costituiscono oltre un terzo dell’intero complesso (A. Bertone e Fedele 1991).



**Figura 23.** Scodelle carenate dagli orizzonti neolitici de La Maddalena (A. Bertone, Burdese, et al. 2002)

Il materiale ceramico de La Maddalena mostra però un afflusso di materiali e di idee da aree differenti e di ampio raggio. Oltre alla dominante cultura di Chassey, il sito sembra fosse compreso in una rete di scambio con aree mediterranee, come dimostrato dalla presenza di ossidiana sarda e di conchiglie di *Dentalium*, così come di oggetti di origine provenzale, in particolare scodelle a profilo sinuoso, scodelle emisferiche decorate internamente con un solco parallelo al bordo, anse tubolari “a cartuccera” e cordoni multiforati. Di origine provenzale sono anche l’avanzata produzione di strumenti in selce ad alto indice laminare e i ciottoli sferoidali (“biglie”) in pietra levigata (A. Bertone e Fozzati 1998). La relazione con il mondo nord-alpino è attestata per la presenza di elementi Cortaillod-Saint Léonard-Rössen, in particolare recipienti con profilo ad “S”, scodelle con tacche impresse sulla carena e una giara a collo distinto, mentre il rapporto con la Pianura Padana è suggerito dal rinvenimento di elementi appartenenti alla cultura dei Vasi a Bocca Quadrata (A. Bertone, Burdese, et al. 2002; Padovan 2017). Alla cultura VBQ sono attribuibili nello specifico un beccuccio di

scodella e una pintadera, sebbene questi costituiscano un complesso di oggetti di dimensioni ridotte e separato da quello principale.

Presso La Maddalena di Chiomonte sembra infatti configurarsi una situazione culturale “ribaltata” rispetto al sito di San Valeriano di Borgone, collocato a circa venti chilometri di distanza nella bassa Valle, il quale ha restituito manufatti in “stile meandro-spiralico” della cultura VBQ con sporadiche tracce di ceramiche chassee e pochi oggetti in selce (come quasi ovunque nella Padania occidentale): è stata ipotizzata l’esistenza di una zona di confine culturale lungo il tratto medio-basso della Dora Riparia, forse in relazione al “salto” di Susa, che separa gli orizzonti del pieno Neolitico padano da quelli transalpini (A. Bertone et al. 1986; A. Bertone 1988b).

I materiali in **terracotta** rinvenuti presso i livelli superiori riflettono le perturbazioni subite dal deposito di natura sia naturale che antropica. Si tratta prevalentemente di frammenti medio-piccoli deposti in modo caotico, provenienti da associazioni culturali eterogenee. Gli orizzonti inferiori hanno invece restituito materiali meglio conservati. Le condizioni di giacitura di questi ultimi mostrano come tali manufatti fossero distribuiti per la maggior parte nei pressi delle capanne, alla base del versante (A. Bertone, Burdese, et al. 2002).

Gli impasti delle terracotte risultano omogenei per quanto riguarda il Neolitico e le fasi interpretate come successive. Lo studio seguito dalla società Arkaia (A. Bertone, Burdese, et al. 2002) al microscopio polarizzatore ha rivelato la presenza di inclusi litici e mineralogici eterogenei, corrispondenti in gran parte con l’ambiente locale, mentre un minor numero di campioni hanno mostrato congruenza con peridotiti e serpentiniti appartenenti al Massiccio di Lanzo e affioranti allo sbocco della Valle di Susa o le ofioliti della Falda Piemontese diffuse nella bassa Valle di Susa e nella zona di Cesana-Colle del Monginevro. Ciò indica un approvvigionamento effettuato in parte a distanze maggiori, nonostante il rifornimento di materie prime avvenisse principalmente presso le zone limitrofe all’abitato.

Oltre alle ceramiche, sono stati rinvenuti oltre duemila **oggetti litici scheggiati**, prevalentemente in selce (A. Bertone 2002). Anche in questo caso si registra una sedimentazione caotica presso gli strati superiori del deposito. Alcuni reperti rinvenuti mostrano una qualità tecnologica maggiore rispetto agli standard della zona montana in cui sono stati trovati, il che suggerisce una loro possibile provenienza esotica. Le fonti di

approvvigionamento individuate sono collocate presso il medio-basso versante orientale del Rhône: la selce grigia opaca e la selce marrone provengono probabilmente dagli affioramenti del Cretacico superiore del massiccio del Vercors meridionale, mentre i litotipi a dominanza bruno-gialla e rosa sembrano avere come origine affioramenti cretacici ed oligocenici che affiorano nella Provenza occidentale. L'uso di materiale locale sembra essere limitato al quarzo e alla quarzite, rinvenuti in bassa quantità. Tra gli strumenti provenienti dagli orizzonti chasseani vi sono trapezi, foliati, grattatoi, raschiatoi, troncature, bulini e accendini. Tali oggetti presentano affinità stilistiche con i complessi chasseani provenzali e del medio-basso Rodano, mentre la presenza di piccole schegge e lamelle riporta a insediamenti pedemontani con cultura dei Vasi a Bocca Quadrata: la Maddalena si configurerebbe come un luogo dove si importavano manufatti in selce provenienti dall'altra sponda delle Alpi, che venivano poi trasformati, usati localmente e diffusi lungo la fascia pedemontana (A. Bertone 2002).

Per quanto riguarda l'**industria litica levigata**, gli strati neolitici e post neolitici hanno fornito circa 400 resti, in particolare lame di asce e accette, percussori, scalpelli, mole e biglie (Delcaro 2002). La Maddalena di Chiomonte doveva essere un centro autonomo di produzione di asce e accette utilizzate per abbattere gli alberi e lavorare il legno, come si può dedurre dalla massiccia presenza di percussori e frammenti di mole abrasive, così come la presenza di scarti di lavorazione in pietra verde. Le principali materie prime utilizzate sono eclogiti, Na-pirosseniti, giadeititi e serpentiniti. Il sito di Chiomonte si trova in una posizione intermedia tra il massiccio ad ofioliti metamorfiche del Gran Paradiso e quello del Monviso: è dunque probabile che da queste aree provengano le rocce metamorfiche comunemente note come "pietre verdi", con le quali, a partire dal Neolitico fino alla prima Età del Bronzo, venivano realizzate le tipiche lame di ascia. Inoltre, essendo situato lungo una delle principali rotte di scambio di materiali con i bacini chasseani d'oltralpe, il sito rappresentava un importante centro di raccolta e lavorazione delle pietre verdi (Delcaro 2002).

Uno studio più recente, che ha adottato un approccio multi-analitico comprendente aspetti mineralogici, petrografici e morfo-tipologici (Giustetto et al. 2020) ha evidenziato come la maggior parte degli strumenti fosse realizzata in pietre verdi, ovvero rocce con pirosseni sodici e pirosseni sodici e granato, con un numero più limitato di oggetti in serpentinite. I materiali provenivano probabilmente dall'area del Monviso, senza escludere altre località come la catena montuosa Orsiera-Rocciavré e la bassa Valle di Susa. Inoltre, la presenza di

oggetti semilavorati e rotti suggerisce che Chiomonte fosse un sito manifatturiero di secondo livello, ovvero un luogo di produzione in cui avvenivano solo alcune fasi della lavorazione degli strumenti litici, coinvolto nel processo prima della distribuzione o del completamento finale degli oggetti.

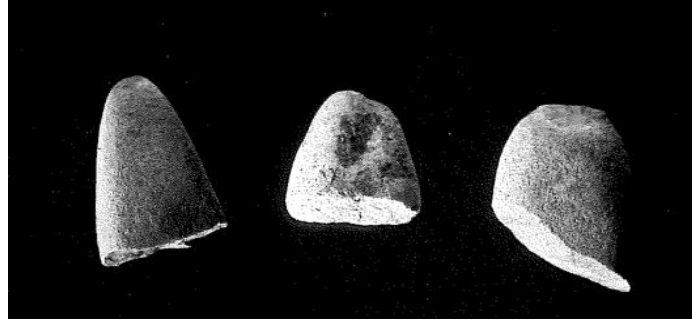


Figura 24. Frammenti di abbozzi di lame di ascia (Delcaro 2002)

Sono stati infine rinvenuti diversi **manufatti ossei**, provenienti dall'ambito culturale chasseano, riportanti tracce di lavorazione e di utilizzo (Gaj e Maestro 2002):

- Tre impugnature in palco/corno: una realizzata con palco di capriolo, una in palco di cervo e una da specie indeterminata;
- Un manufatto identificabile come possibile stiletto, attribuito ad orso o cane;
- Undici punteruoli o lesine: due ricavati da ovicaprino domestico o capriolo, quattro da ovicaprino o stambecco, quattro da ovicaprino e il restante non identificato;
- Due pendagli forati realizzati in osso di bue e palco di cervo;
- Due frammenti di scalpelli in osso di cervo;
- Tre spatole o stecche per la lavorazione della ceramica realizzati con una costola di bue e un ulteriore osso di animale non identificato.

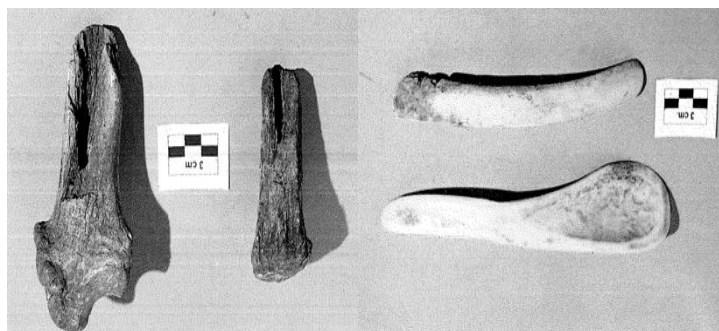


Figura 25. Impugnature in palco animale (a sinistra) e spatole per la lisciatura di manufatti ceramici (a destra) (Gaj e Maestro 2002)

Nonostante l'assenza di tracce archeobotaniche riferibili a specie agronomiche, vi sono abbondanti strumenti riferibili a un'economia cerealicola, in particolare grandi lame di asce, accette e (forse) zappe di pietra levigata, elementi in selce di falcetti composti e macine a sella (A. Bertone 1988b). Va tuttavia considerato che l'assenza del dato carpologico può riflettere anche una reale marginalizzazione delle attività agricole, eventualmente su base climatica, e non solo un problema di conservazione o di campionamento. In tale prospettiva, la documentata elevata presenza di ungulati selvatici — in particolare del cervo — nel complesso faunistico della Maddalena di Chiomonte risulta coerente con un rafforzamento delle attività venatorie in fasi di contrazione dell'economia cerealicola, una dinamica osservata anche in contesti neolitici circumalpini a nord dello spartiacque alpino (Schibler, Hüster-Plogmann & Jacomet 1997).

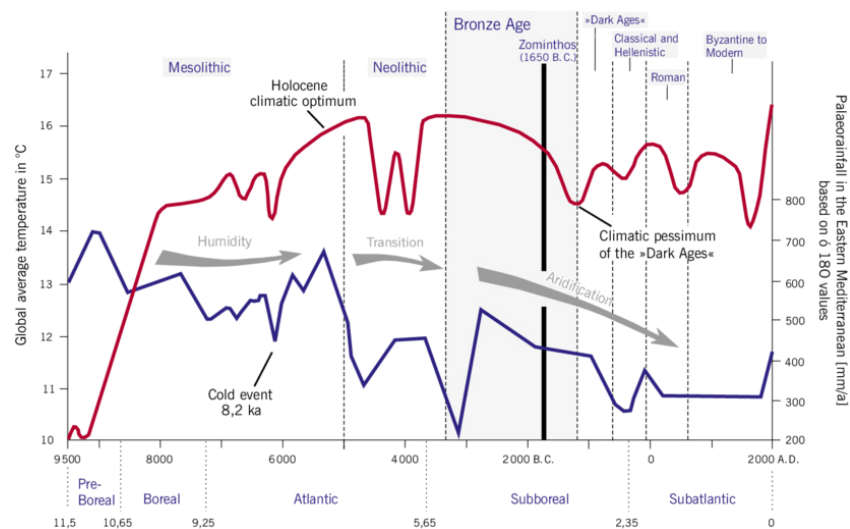
#### 4.5 L'ambiente e il paesaggio

Il settore della valle in cui è ubicato il sito di Chiomonte-La Maddalena corrisponde al contatto tra due unità strutturali differenti: il Massiccio d'Ambin, di età pretriassica e caratterizzato da gneiss aplitici a grana fine, e il complesso mesozoico dei "Calcescisti con pietre verdi", comprendente calcari dolomitici, carnioli e calcescisti (A. Bertone et al. 1986). Più in particolare, il sito archeologico è collocato sul versante sinistro della Valle di Susa, in prossimità dello sbocco nella valle principale dell'incisione della Valle Clarea. L'evoluzione morfologica dell'area considerata è attribuibile principalmente all'azione del ghiacciaio della valle principale (ghiacciaio Segusino) e del ghiacciaio della Valle Clarea, le cui posizioni e configurazioni sono mutate nel tempo in relazione alle condizioni climatiche. Chiomonte sorge infatti su un terrazzo glaciale, l'ultimo e più recente.

Per quanto riguarda il clima che doveva essere presente a La Maddalena di Chiomonte, la presenza di ripetuti livelli di prodotti colluviali testimonia fasi di piovosità concentrata, non molto dissimili dall'attuale (A. Bertone et al. 1986). Il periodo di frequentazione tardo neolitica del sito si colloca nella fase di transizione tra la fase finale dell'Atlantico e il Subboreale superiore. Il V millennio a.C. fu caratterizzato da condizioni generalmente caldo-umide, con estati calde e inverni miti, da cui la definizione di "optimum climatico". Tra il V e il IV millennio a.C. si registrò inoltre una fase di riavanzata glaciale nota come oscillazione fredda di Piora I, indicativa di temperature annue mediamente inferiori (A. Bertone et al. 1986).

Nella regione alpina occidentale, la fase finale dell'Atlantico coincise con lo sviluppo del querceto misto su bassi e medi versanti, con sottobosco a nocciolo, e con la diffusione del bosco di abete fino a circa 1900 m s.l.m., al di sopra del quale si sviluppavano formazioni a pino cembro e mugho; localmente, il limite superiore del bosco poteva superare i 2000 m. In una prospettiva più ampia, studi paleoambientali recenti basati su archivi alpini ad alta quota mostrano come la conclusione dell'optimum climatico olocenico e l'inizio del Subboreale siano caratterizzati da una riorganizzazione delle condizioni climatiche, con segnali di raffreddamento e una maggiore variabilità ambientale, seppur con marcate differenze regionali (Badino et al. 2018). Nei bacini subalpini e prealpini, le sequenze polliniche indicano, tra tardo Atlantico e Subboreale, una riorganizzazione della copertura forestale, con una progressiva espansione del faggeto (*Fagus sylvatica*) a medie altitudini e una contrazione del querceto misto, mentre alle quote più elevate persistono cinture forestali a conifere, secondo dinamiche osservate in diversi contesti centro-europei (Rey et al. 2017).

La ricostruzione dell'ambiente e del clima del passato costituisce pertanto uno strumento utile per l'interpretazione dei fenomeni culturali; tuttavia, le dinamiche insediative e socio-economiche del Neolitico devono essere comprese come il risultato di un intreccio complesso di fattori ambientali e sociali, piuttosto che come una risposta diretta e univoca alle variazioni climatiche (Budja 2023), pur riconoscendo il ruolo che l'optimum climatico della fase finale dell'Atlantico può aver avuto nel favorire l'accessibilità alle risorse forestali e la frequentazione delle aree di frontiera alpina (Fedele 1992).



**Figura 26.** Le diverse fasi climatiche che si susseguirono tra i 9500 anni e i 2000 anni BCE (Siart ed Eitel 2013)

Il rinvenimento di materiale vegetale carbonizzato durante gli scavi condotti a La Maddalena ha consentito di inferire diversi aspetti relativi a come doveva essere l'ambiente del passato. Lo studio archeobotanico è partito da campioni di terra di dimensioni variabili. I carboni sono stati generalmente raccolti a vista, ad eccezione di pochi frustuli ritrovati isolati sul terreno. I singoli campioni sono poi stati sottoposti a flottazione, dopo aver separato nella maggior parte dei casi il materiale più fine mediante setacciatura a 1 e 2 mm (R. Nisbet 1988). Sono stati raccolti prevalentemente legni utilizzati per accendere il fuoco, ma anche frutti, principalmente ghiande seguite da nùcole di faggio (Renato Nisbet 2002). Presso la Valle di Susa, l'età glaciale fu caratterizzata da un ambiente steppico, con vegetazione composta prevalentemente da Graminacee e *Artemisia*, cespugli di ginepro e sporadica presenza di pino silvestre. Il popolamento forestale era predominato dal querceto misto, il quale restò tale fino all'Atlantico, momento nel quale si formarono estese foreste di abete bianco; queste si ridussero fino quasi a scomparire al passaggio tra Subboreale e Subatlantico, circa 2800 anni fa, sostituite dalla faggeta.

Gli studi effettuati presso il sito di Chiomonte-La Maddalena sono riferibili a due complessi: un primo datato tramite radiocarbonio tra i 4224-3640 anni BCE e associato a materiali chasseani, e un secondo post-Chasseano di incerta collocazione, che hanno portato complessivamente all'individuazione di 12 *taxa* vegetali. Nei contesti chasseani, la ripartizione percentuale delle specie mostra uno sfruttamento ad ampio raggio di nove di essi, i quali rappresentano quattro diverse tipologie forestali:

- **Pineta:** rappresentata da pino silvestre e locali espansioni di abete bianco. Si tratta dell'associazione più estesa e più prossima al sito preistorico, collocata sulla zona superiore del versante;
- **Bosco misto a latifoglie:** rappresentato da querce, olmi, carpini e aceri;
- **Margine boschivo/aree aperte in corso di ripopolamento:** indicate dalla presenza di noccioli, pruni e betulle. Queste ultime sono specie fortemente eliofile, a indicare una probabile apertura di nuovi spazi, magari per il pascolamento degli ovicaprini;
- **Ambiente di ripa:** rappresentato dall'ontano.

Non vi sono tracce di cereali, ma questi sono stati rinvenuti presso contesti culturali simili vicini, ad esempio in Val Chisone (R. Nisbet e Biagi 1987). Tutti i focolari analizzati sono caratterizzati dall'essere composti da un numero limitato di *taxa*, con massimo due specie

dominanti: ciò indica una selezione del legno, la quale suggerisce lo sfruttamento massiccio di soli due ambienti forestali per l'accensione dei fuochi, ovvero la pineta e il bosco misto a latifoglie (Renato Nisbet 2002). La presenza limitata di specie legnose nei focolari potrebbe però anche dipendere da un atteggiamento selettivo da parte della comunità locale, basato ad esempio sulle proprietà delle diverse tipologie di legname utilizzato come combustibile, la produzione di fumo, le pratiche rituali etc. (R. Nisbet 1988).

I dati antracologici mostrano come i limiti inferiori della pineta composta da *Pinus sylvestris*, il cui limite superiore doveva essere collocato a circa 2600 metri, fossero molto più bassi rispetto agli attuali, e dunque prossimi all'insediamento preistorico. Un'ulteriore ipotesi è che l'area limitrofa all'insediamento sia stata disboscata per motivi agropastorali nell'arco di qualche centinaio di metri, rendendo così indispensabile lo sfruttamento di risorse forestali non collocate nell'immediata prossimità del villaggio. Veniva utilizzato il legno di piante sia giovani che adulte, come si evince dalla presenza di carboni che conservano decine di anelli di crescita. Si raccoglievano anche legni che giacevano a terra da tempo e in parte degradati da attacchi fungini, evidenziabili, ad esempio, dalle ife rinvenute nei vasi del legno di quercia.

Queste informazioni suggeriscono quindi una gestione forestale focalizzata soprattutto sulle aree immediatamente circostanti e sopraelevate del versante, ovvero la pineta. Tuttavia, nel lungo periodo questo approccio potrebbe aver reso il terreno maggiormente soggetto all'erosione dovuta al disboscamento su pendii piuttosto acclivi. È infine possibile che a Chiomonte fosse stato realizzato un qualche tipo di terrazzamento, finalizzato sia al consolidamento del terreno, sia alla coltivazione, pratica attestata già nel Neolitico nell'ambiente alpino (Renato Nisbet 1983).

## 4.6 Dopo il Neolitico

Lo scavo dei livelli ritenuti post-chasseani ha evidenziato un forte fenomeno di crollo, caratterizzato da blocchi rocciosi di grandi dimensioni che hanno causato discontinuità nelle paleosuperfici, rendendo complessa l'analisi e l'interpretazione dell'area. Il deposito di frana, disomogeneo e poco compatto, deve aver favorito la mobilità verticale del detrito in sinergia con gli interventi antropici, determinando così condizioni di giacitura secondaria per i materiali archeologici (A. Bertone, Caranzano, et al. 2002).

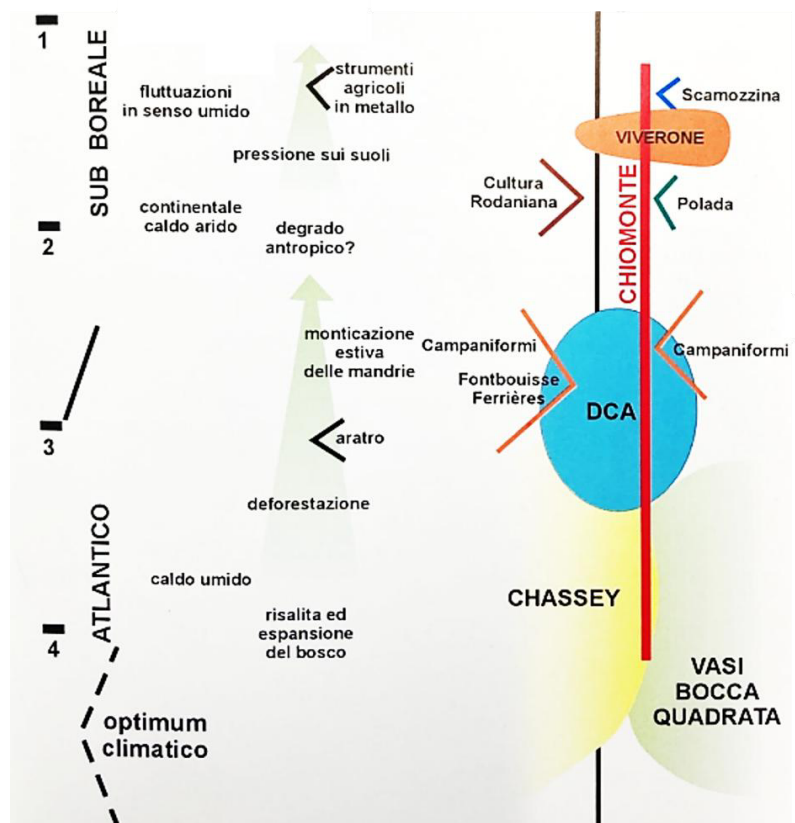


Figura 27. Evoluzione di clima, ambiente e culture (A. Bertone et al. 1987)

Il quadro generale del Bacino della Dora Riparia e dell'intero settore delle Alpi Cozie e Graie tra la seconda metà del IV e l'inizio del III millennio BCE appare lacunoso e difficile da ricostruire. Presso l'area padana si osserva una contrazione del popolamento VBQ nelle zone pedemontane, fenomeno la cui interpretazione resta problematica. In letteratura tale riduzione è stata talvolta messa in relazione a trasformazioni ambientali, ma allo stato attuale delle conoscenze non è possibile verificare se, già nel Neolitico recente, si siano effettivamente verificati episodi di deforestazione intensiva e di conseguente erosione dei suoli su scala tale da incidere in modo significativo sul popolamento. Considerata la consistenza demografica delle comunità e il carattere progressivamente più mobile degli insediamenti, ipotesi di questo tipo devono essere valutate con cautela, anche alla luce del fatto che evidenze più chiare di impatti ambientali marcati risultano documentate soprattutto a partire dall'età del Bronzo. In questo contesto, i contatti con le comunità chassee potrebbero essersi intensificati, portando a una riduzione delle differenze materiali tra i due gruppi. Tuttavia, è importante ricordare che

tali differenze non corrispondono necessariamente a confini netti tra popolazioni distinte, ma riflettono piuttosto dinamiche di interazione e scambio culturale.

La Maddalena, così come alcuni siti minori della Valle di Susa e delle valli Chisone e Arc, mostrano un'evoluzione locale con caratteri autonomi della cultura chassea. Per descrivere questo fenomeno è stata adottata la definizione di Gruppo Dora-Chisone-Arc, o D.C.A. (A. Bertone 1990).

Per quanto riguarda le fasi post-chassee de La Maddalena, si osserva una contrazione dell'occupazione, con materiali distribuiti esclusivamente nell'area nord-occidentale della zona indagata. Le condizioni degli strati superiori non hanno consentito di identificare sequenze stratigrafiche utili per ricostruire gli eventi intercorsi tra la fine del III e l'inizio del II millennio a.C. Non sono state individuate vere strutture di abitato, ma solamente opere di terrazzamento e aree di spietramento, probabilmente connesse a pratiche agricole. Alla luce della natura frammentaria delle evidenze disponibili, non è possibile formulare ipotesi attendibili in merito all'andamento demografico delle comunità D.C.A. né alle eventuali cause ambientali o climatiche che potrebbero aver influito sulle modalità di frequentazione del sito. I manufatti presenti sono di fattura locale, con scarse testimonianze di oggetti culturalmente affini all'ambiente Saône-Rhône. Il limitato afflusso di materiali esogeni era però compensato dall'adozione del bagaglio tecnologico D.C.A. alle materie prime locali, principalmente ofioliti e osso (A. Bertone, Caranzano, et al. 2002).

Le evidenze culturali calcolitiche comprendono grosse olle fornite di cordonature lisce, parallele e orizzontali sul corpo, oltre a terrecotte decorate con impressioni a cannuccia. Sono presenti anche frammenti di tradizione véraziana, a sottolineare l'influenza transalpina, nonché sporadiche intrusioni di tipo campaniforme. Il sito non ha restituito oggetti in bronzo, ma sono stati rinvenuti recipienti caratterizzati da scelte stilistiche riconducibili al Bronzo Antico della Cultura Rodaniana. Le tracce del Bronzo medio sono sporadiche, rappresentate in particolare da frammenti di anse ad ascia, scodelle a carena alta e resti di terrecotte decorate con coppelle a centro rilevato, accompagnate da scanalature orizzontali parallele, attribuibili agli orizzonti della cosiddetta "Cultura di Viverone" (A. Bertone et al. 1986). Non sono invece emerse evidenze riferibili al Bronzo Finale.

Terminata la sua funzione abitativa nella prima metà del I millennio BCE, il pianoro de La Maddalena mostra soltanto tracce di frequentazione sporadica nei secoli successivi. Di particolare rilievo è una sepoltura individuale databile al IV secolo BCE, collocata in corrispondenza dell'antico cimitero chasseano, risalente a oltre tremila anni prima. Si tratta di una donna deposta con corredo in bronzo, probabilmente appartenente a un'élite locale (Fedele 2002a).

## 4.7 La storia museale

A seguito dello scavo d'emergenza, il sostegno della Soprintendenza Archeologica del Piemonte e del Comune di Chiomonte portarono alla creazione nel 1989 del **Civico Museo Archeologico di Chiomonte**, una struttura caratterizzata sia dalla gestione volontaria, sia dalla sua funzione di laboratorio didattico dedicato alla ricerca archeologica (A. Bertone 1989, 1994). La scoperta del sito ebbe grande risonanza presso le testate giornalistiche locali, accendendo la curiosità del pubblico, il quale poteva approfondire la storia del proprio territorio presso il museo inaugurato nell'edificio seicentesco di Palazzo Levis sotto la guida di Aureliano Bertone.

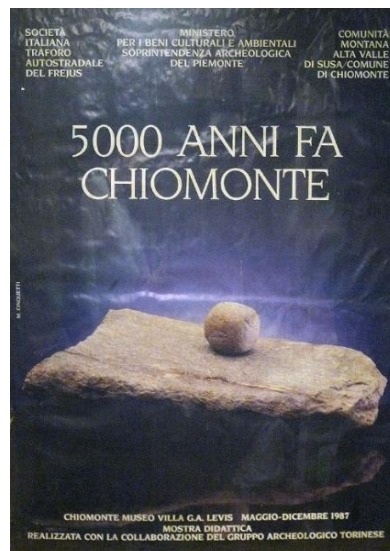


**Figura 28.** Alcuni titoli di giornale relativi al sito de La Maddalena (in alto a sinistra: Luna Nuova, 01/08/2000; in alto a destra: Corriere, 08/11/2003; in basso a sinistra: Luna Nuova, 08/09/2000; in basso a destra: Il venerdì di Repubblica, anno II n. 24)

Si trattava dunque di un museo del territorio ma, anche in considerazione delle sue dimensioni ridotte, esso presentava un forte aspetto laboratoriale, rivolto principalmente alle scuole. A differenza di molti musei, questo spazio non nacque a partire da una collezione, e la sua rilevanza emerge dalle parole di Aureliano Bertone: “Più che gli oggetti raccolti, è importante che la gente afferri la dimensione ecologica” assunta dall’indagine archeologica condotta a La Maddalena (A. Bertone 1989). Nel 1987 venne dunque allestita una mostra a scopo

divulgativo dal titolo “5000 anni fa. Chiomonte”, a cura della Soprintendenza Archeologica del Piemonte, con la collaborazione dei soci del G.A.T., quando la prima fase degli interventi era ancora in corso. Essa era incentrata più sulle metodologie che sui risultati degli scavi, i quali potevano essere osservati attraverso visite presso il cantiere (A. Bertone 1988a).

I criteri espositivi della mostra permanente del museo erano fondati sul presupposto che gli oggetti, presentati come identità isolate dal contesto, perdessero qualsiasi valore educativo: la presentazione di reperti costituisce infatti un veicolo che può stimolare il pubblico a comprendere concetti ad essi collegati (Binni e Pinna 1989). Da qui l’utilizzo abbondante di pannelli illustrativi, con la scelta di privilegiare l’esposizione di oggetti dotati di particolare carica emotiva (A. Bertone 1989), che spingono i visitatori a porsi domande e a voler approfondire ciò che si cela dietro quei reperti.



**Figura 29.** Locandina della mostra a Palazzo Levis del 1987

Il percorso museale era suddiviso in diverse unità tematiche. Un primo spazio era dedicato al concetto di ambiente e ai grandi fenomeni che ne hanno determinato l’evoluzione nelle Alpi Occidentali; seguiva l’illustrazione dei fini, dei limiti e dei metodi della ricerca archeologica, nonché l’analisi dell’archeologia come scienza sociale. L’unità finale era poi focalizzata sui risultati degli scavi, presentati secondo un criterio volutamente antropocentrico, con l’intento di sottolineare l’eccezionale ampiezza del popolamento neolitico di Chiomonte e la sua capacità di “controllo” dell’ambiente (A. Bertone 1989). A rendere l’esperienza più immersiva contribuivano inoltre un plastico in scala 1:10.000 della media Valle della Dora

Riparia, campioni di selce e ossidiana che potevano essere manipolati dagli utenti e calchi interattivi di una tomba e di un focolare.

Il museo venne poi trasferito nel 2004 presso l'area archeologica, all'interno di un'adiacente **cascina** denominata “**La Maddalena**” per la presenza di una piccola edicola sulla facciata principale. Qui l'esposizione, completamente rinnovata, era articolata su due piani, con un percorso di visita organizzato secondo un ordine cronologico. I visitatori potevano osservare manufatti ceramici, litici, tracce delle abitazioni e tombe della necropoli neolitica, per terminare con la ricca sepoltura femminile del IV secolo BCE, seguita da un'escursione presso la contigua area archeologica. Erano inoltre presenti attività di laboratorio per le scuole, svolte sotto la guida di archeologi.

Tale sede, tuttavia, ebbe vita breve. Chiomonte è infatti divenuta nota alla cronaca nazionale per via degli scontri tra cittadini e Stato legati alla realizzazione della linea ferroviaria ad alta velocità Torino-Lione (TAV). L'area archeologica non fu immune a tale progetto di vasta portata e la tutela del patrimonio culturale e dell'ambiente venne relegata in secondo piano. L'area antistante il sito archeologico fu infatti individuata quale sede per la realizzazione di un tunnel geognostico, ritenuto necessario per effettuare indagini preventive sul terreno in vista della costruzione del tunnel principale. Il 22 maggio 2011, venne dunque istituito un presidio permanente con l'obiettivo di ostacolare l'inizio dei lavori (*la Repubblica - Torino.it* 2011). Il 27 giugno dello stesso anno, 2500 agenti delle forze dell'ordine sfondarono il blocco dei manifestanti sulla strada dell'Avanà, servendosi di una pala meccanica e lanciando gas lacrimogeni CS. Avanzarono dunque verso l'area de La Maddalena con 41 mezzi blindati (*Corriere della Sera* 2011; *la Repubblica - Torino.it* 2011). L'area della necropoli neolitica risultò danneggiata a causa del passaggio dei mezzi pesanti, e le autorità procedettero all'occupazione tanto del sito archeologico quanto del museo. Attualmente, l'accesso all'area è precluso da barriere e posti di blocco, adibita a cantiere, e tutti i reperti sono stati di conseguenza trasferiti nei depositi del **Museo di Antichità** dei Musei Reali di Torino (*La Stampa* 2012; Diciotti 2012).



**Figura 30.** A sinistra: cartello stradale indicante l'ex museo e parco archeologico de La Maddalena (Diciotti 2012); a destra: i danni subiti dall'area archeologica dopo il passaggio dei mezzi pesanti delle forze dell'ordine (foto d'archivio)

Custoditi all'interno di circa 150 cassette, i reperti provenienti da Chiomonte e il loro elevato potenziale informativo sono stati sottratti alla fruizione pubblica per diversi anni. Una parte del materiale è stata oggetto di studio e pubblicazione (A. Bertone e Fozzati 2002a), con alcuni reperti ceramici e litici successivamente riesaminati in anni più recenti (Padovan 2017; Ferrero, Padovan, e Restano 2018; Giustetto et al. 2020); la maggior parte del lotto, tuttavia, venne classificata come “non diagnostico” e, pertanto, non sottoposto ad analisi approfondite.

All'interno del lotto di materiale considerato come “non diagnostico”, è però stata mantenuta l'associazione tra reperti, immagazzinati separatamente in base alla categoria (ceramica, reperti faunistici e campioni di terra), alla quadrettatura di scavo (indicata con coordinate cartesiane, X in lettere e Y in numeri) e ai tagli, ovvero le unità di profondità non stratigrafiche (ciascuna di circa 15 cm) adottate per ovviare alla, talvolta insormontabile, difficoltà di identificare precisamente le US.

Nel 2019, una convenzione di ricerca tra i Musei Reali di Torino (MRT) e il Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi (DBIOS) dell'Università di Torino ha dato avvio alla convenzione quadro quinquennale intitolata “#BONES. Archeologia biomolecolare e biografia dell'oggetto”, la quale ha offerto l'opportunità di integrare nello studio materiali faunistici precedentemente considerati come non diagnostici, attraverso l'applicazione di metodologie proprie dell'archeologia biomolecolare.

A tale iniziativa è inoltre connesso il progetto denominato “APICI: prodotti fermentati nelle Alpi Piemontesi tra Cambiamento climatico e Innovazione”, finanziato dalla Fondazione CRT (2022-24). Nel corso di due anni è stato quindi possibile applicare metodi biomolecolari quali ZooMS, analisi dei residui organici e datazioni radiocarboniche di nuova generazione allo studio di reperti organici provenienti da diversi contesti antichi, attualmente conservati nei depositi archeologici dei MRT, tra cui il sito de La Maddalena di Chiomonte.

## 4.8 Lo studio pilota sulle archeofaune

La collezione faunistica di Chiomonte conta diverse migliaia di reperti, facendo di essa il più importante campione animale della prima metà del IV millennio mai recuperato nell’Italia nord-occidentale. Un primo studio fu effettuato da Francesco Fedele, all’epoca direttore dell’Istituto e del Museo di Antropologia dell’Università di Napoli, a fine anni Ottanta (Fedele F., 1989 - *L’abitato neolitico di Chiomonte “La Maddalena” (IV millennio a.C.): Studio pilota dei reperti faunistici*. Segusium - Società di Ricerche e Studi Valsusini, pp. 31–62), seguito da un secondo pubblicato all’interno della monografia su La Maddalena di Chiomonte nel 2002 (Fedele F., 2002 - *Le Faune Archeologiche o “Archeofaune”. 6000 Anni di Storia sulle Alpi Occidentali - La Maddalena di Chiomonte*, pp. 38–52). I reperti faunistici provenienti da Chiomonte-La Maddalena furono raccolti durante le campagne di scavo senza l’impiego di metodi sistematici di recupero dei microresti: micromammiferi e altri microvertebrati risultano infatti assenti nella collezione, verosimilmente perché non raccolti sul campo (Fedele 1989).

Nel primo studio pilota sono stati presi in esame 545 reperti privi di un preciso contesto di provenienza, di cui 490 elementi faunistici ordinari e 55 manufatti di origine animale. La “saturazione” del numero di specie dopo circa 300 reperti ha suggerito una buona rappresentanza dell’intera collezione (Fedele 1989). Nel corso del secondo studio sono stati presi in esame 247 reperti, scelti in modo da rappresentare contesti neolitici intatti, riesaminando i reperti già analizzati riferibili a età neolitica. Per quanto riguarda lo studio del 2002, sono stati compresi resti indicati come “post-neolitici” o “provenienti da contesti indeterminati o impuri”, interpretati come appartenenti a fasi più recenti della frequentazione preistorica del sito o di natura intrusiva più o meno tarda (Fedele 2002b).

Le principali problematiche emerse durante le analisi sono collegate alla discriminazione degli erbivori, in particolare nei casi in cui i resti risultano frammentari o poco diagnostici. Sebbene la variabilità intraspecifica di bovini e cervidi — legata al dimorfismo sessuale e, nel caso dei bovini, anche alla possibile presenza di razze differenti in territori discreti — non sia ancora pienamente caratterizzata per la Valle di Susa nel Neolitico, la discriminazione interspecifica tra bovini e cervidi costituisce invece un ambito di studio consolidato nell'archeozoologia. Esistono infatti criteri morfologici dedicati alla distinzione tra *Bos taurus* e *Cervus elaphus*, sebbene la loro applicazione possa risultare problematica in presenza di resti fortemente frammentati o incompleti (Prummel 1988). In questo contesto, i lavori di Fedele hanno rappresentato un primo contributo fondamentale per la caratterizzazione della variabilità locale e per l'impostazione di criteri di confronto applicabili ai contesti archeofaunistici della Valle di Susa.

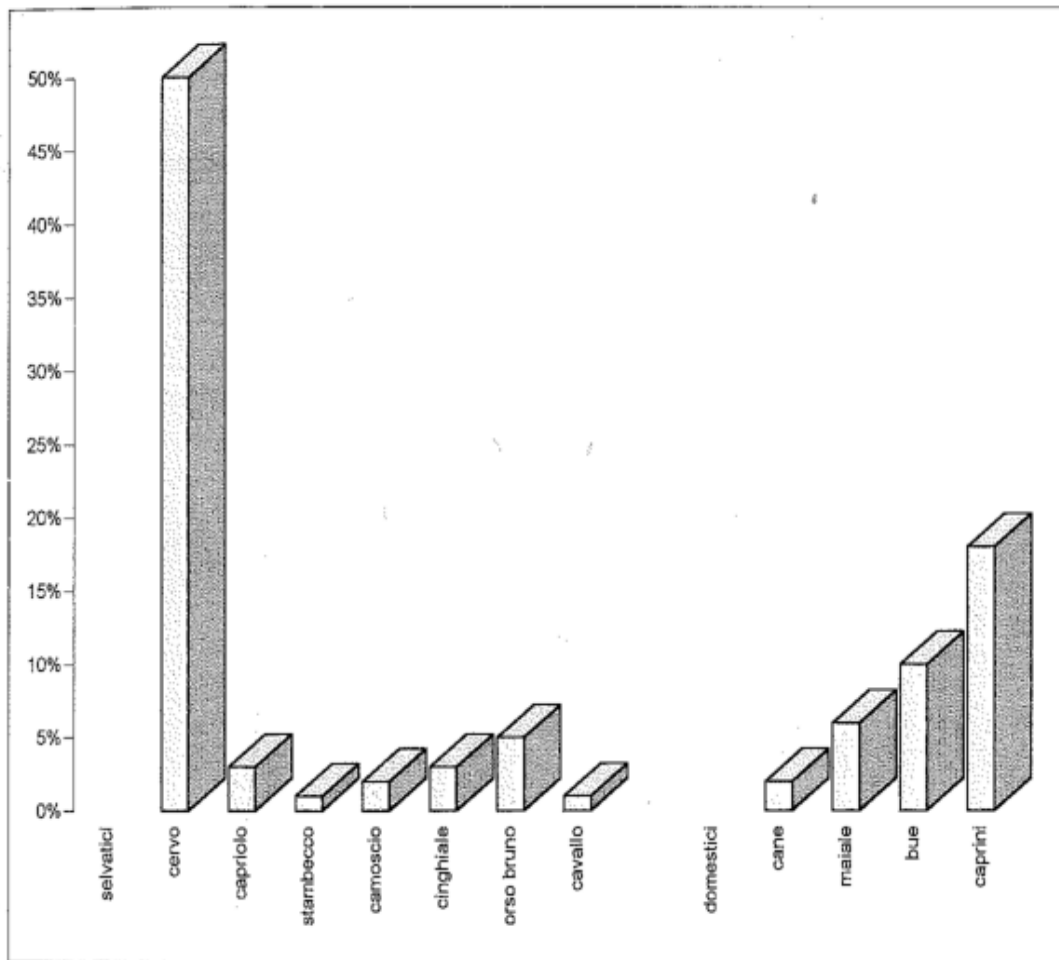
Inoltre, più della metà dei pezzi presentava superfici dallo stato "smussato e frusto" a causa della corrosione da acidi umici, rendendone maggiormente difficile la determinazione morfologica. La scelta compiuta da Fedele (così come nel presente studio di dottorato) è stata quella di non calcolare il numero minimo di individui, trattandosi di uno scavo esteso e non disponendo di dati sufficienti per tenere conto della dislocazione topografica dei reperti (Fedele 1989, 2002b).

I cervidi costituiscono il gruppo più consistente dell'insieme: il cervo nobile (*Cervus elaphus*) risulta la specie più abbondante, con frequenza del circa 50% in ogni contesto, documentata da decine di individui di varia statura ed età con un chiaro dimorfismo sessuale. A seguire, fra gli erbivori selvatici sono attestati il capriolo (*Capreolus capreolus*), lo stambecco (*Capra ibex*) e il camoscio (*Rupicapra rupicapra*). Capriolo e camoscio risultano più frequenti nei contesti ritenuti neolitici e sono presenti in quantità simile, mentre lo stambecco aumenta nei contesti post-neolitici o indeterminati con una *sex ratio* di 9 a 1 a favore dei maschi. Nel record sono assenti micromammiferi e altri microvertebrati (con l'eccezione di un chelone di tartaruga del genere *Emys*). La presenza dell'orso bruno (*Ursus arctos*) è indice di un ambiente umido forestale, e suggerisce che la caccia fosse orientata all'ottenimento di pellicce, data la temperatura presente in contesto alpino. Vi è inoltre attestazione del tasso (*Meles meles*) e della volpe (*Vulpes vulpes*).

Tra i domestici vi è prevalenza di ovicaprini, seguiti da bovini e suini. Il bue domestico (*Bos taurus*) doveva avere secondo Fedele dimensioni molto ridotte. L'osservazione relativa alle dimensioni particolarmente ridotte dei bovini de La Maddalena non costituisce tuttavia un unicum: bovini di piccola taglia sono infatti documentati anche nel Neolitico tardo di Fivè in Trentino-Alto Adige (Jarman 1975) e in diversi insediamenti svizzeri (Bopp-Ito et al. 2018; Wright 2021), in un quadro che si discosta dalle dimensioni generalmente più grandi dei bovini attestati nell'Italia settentrionale almeno fino alla fine dell'età del Rame. La distinzione morfologica è stata tentata per quanto riguarda capra (*Capra hircus*), pecora (*Ovis aries*), stambecco e camoscio. La capra sembra prevalere nettamente sulla pecora in tutti i contesti. La distinzione tra maiale (*Sus domesticus*<sup>2</sup>) e cinghiale (*Sus scrofa*) non è sempre stata possibile, ma la maggior parte dei resti è stata attribuita alla forma domestica. Tra i domestici vi è poi la presenza del cane (*Canis familiaris*): presso Chiomonte è stata attestata una forma oligodonte, caratterizzata da agenesi del primo premolare mandibolare in tutte le classi di età, fenomeno considerato un effetto della domesticazione ma comunque poco comune. Si trattava di cani di taglia piccola e morfologia costante, che venivano almeno occasionalmente mangiati.

---

<sup>2</sup> In questo elaborato, per la distinzione tra forme selvatiche e domestiche, è stata utilizzata la nomenclatura suggerita da Gentry, Anthea, Juliet Clutton-Brock, e Colin P. Groves. 2004. «The naming of wild animal species and their domestic derivatives». *Journal of archaeological science* 31 (5): 645–51.



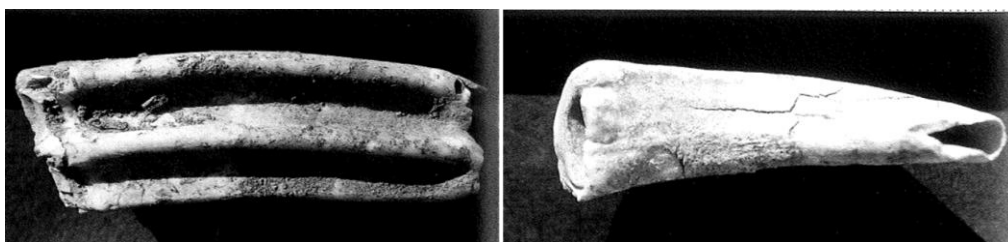
**Figura 31.** Composizione delle archeofaune neolitiche studiate da F. Fedele (Fedele 2002b)

Sono inoltre stati individuati due reperti di cervide di dubbia identificazione, che Fedele ha supposto potessero appartenere a specie “*rare o impossibili da un punto di vista zoogeografico*”. Si tratta di un grande epistrofeo che, per dimensioni e morfologia, non è stato escluso potesse essere appartenuto ad un alce (*Alces alces*) o addirittura a un estinto megacero (*Megaloceros giganteus*), e un frammento di palco palmato che potrebbe essere appartenuto a un daino (*Dama dama*). Tuttavia, a Chiomonte sembra fossero presenti enormi cervi adulti maschi di grandi dimensioni (*stags*), mentre il palco palmato potrebbe rientrare nella variabilità morfologica di *Cervus elaphus*. Questi reperti non hanno conservato collagene, rendendo impossibile effettuare ulteriori analisi biomolecolari, come descritto nel sottocapitolo 6.2.

Ulteriori resti “problematici” sono costituiti da un molare superiore e da un incisivo provenienti da contesti ritenuti neolitici e identificati come *Equus ferus*. Tali rinvenimenti

erano stati interpretati come possibili tracce di una popolazione relitta di cavallo selvatico nel Piemonte olocenico. È noto, infatti, che il cavallo selvatico andò incontro, nel corso dell'Olocene, a un progressivo declino in gran parte dell'Europa, probabilmente in relazione ai cambiamenti climatici e alla conseguente espansione delle coperture forestali e alla riduzione degli ambienti aperti (Sommer et al. 2011; Leonardi et al. 2018), risultando generalmente assente dai contesti neolitici dell'Europa meridionale (Bökönyi 1987; Sommer et al. 2011). Tuttavia, è stata messa in evidenza la persistenza di enclaves di cavalli selvatici in ambito nordalpino anche in epoca neolitica avanzata, documentate in particolare nell'area della Germania sud-occidentale, dove *Equus ferus* risulta ancora presente in contesti insediativi del Neolitico recente, come nel sito di Reute-Schorrenried (Baden-Württemberg), interpretato come area di caccia specializzata (Steppan 2010). In questa prospettiva, l'eventuale presenza di resti attribuibili a *Equus* presso La Maddalena, qualora confermata, potrebbe inserirsi in un quadro più ampio di persistenze regionali relitte della specie in aree marginali o ecologicamente favorevoli.

Resta tuttavia impossibile procedere a qualsiasi verifica diretta, dal momento che i due reperti attribuiti da Fedele al genere *Equus* non sono stati rinvenuti nel lotto faunistico attualmente conservato presso i Musei Reali, precludendo ulteriori analisi morfologiche o biometriche. Di conseguenza, l'ipotesi della presenza di *Equus ferus* a La Maddalena deve essere considerata con estrema cautela e mantenuta esclusivamente come segnalazione problematica, non ulteriormente verificabile allo stato attuale delle conoscenze.



**Figura 32.** A sinistra: *Equus*, molare superiore 5049 (FF); a destra: *Equus*, incisivo inferiore 928 (FF) (Fedele 2002b)

A completare il quadro dei resti inusuali, sono infine stati trovati due coproliti da contesti non neolitici o indeterminati, uno di cervide e uno probabilmente di cane.

Quasi tutte le ossa non cotte, soprattutto i frammenti di minori dimensioni, sono stati dissolti dal terreno, digerite dagli acidi organici, a parte rari casi di seppellimento rapido in terre meno attive, quali potevano essere le ceneri dei focolari. Fedele ha individuato cinque differenti “abiti” dei reperti animali causati da differenti modalità di cottura e diverse storie deposizionali o post-deposizionali, i quali sono stati utilizzati anche per le analisi archeozoologiche condotte nel presente elaborato:

1. **Bianco gessoso:** ossa non cotte, demineralizzate, più o meno friabili;
2. **Cotto (indefinito):** ossa dure ma senza segni evidenti di combustione, grigiastre, giallognole o dall’aspetto “porcellanaceo”, forse bollite;
3. **Arrossato, arrostito:** ossa dure e ben conservate, da cottura probabilmente su fiamma, spesso riportanti percussioni di macellazione;
4. **Bruciacchiato:** ossa irregolarmente bruciate o arrostitite;
5. **Carbonizzato e/o calcinato.**

In diversi omeri e radii di bue e cervo è stato notato un contrasto tra la diafisi, arrostita e troncata, e l’epifisi non combusta. Lo svuotamento delle ossa per l’ottenimento del midollo risulta frequente, riservato non solo alle ossa lunghe, ma anche alle falangi e alle mandibole. Sulle ossa lunghe si agiva a livello delle estremità diafisarie, tramite percussione con pesanti ciottoli o mannaie litiche (*choppers*). Le ossa venivano spezzate in maniera standardizzata, con l’intenzione di ridurre la carne in pezzatura minuta e preparare le diafisi per l’estrazione del midollo tramite bollitura. I segni più diffusi sono le fratture da percussione di macellazione, seguite da tracce di taglio su ossa di capra e stambecco eseguiti, secondo analisi microscopica, con arnesi in selce. Vi sono poi diversi casi di recisione dei palchi di cervo e capriolo, utilizzati per la realizzazione di manufatti. Le morsicature da parte di carnivori risultano frequenti e imputabili a cani, mentre le roscature da parte di piccoli roditori sono più rare.

La fauna descritta è una fauna “antropica”, ovvero un’aggregazione dovuta all’attività umana. Per estrapolare informazioni di ordine ecologico e ambientale, bisogna dunque tenere in considerazione tale filtro culturale. Nel complesso, le specie attestate durante questo studio pilota riflettono un ambiente forestale, moderatamente rupestre. La predazione di specie quali i cervidi, l’orso e il cinghiale doveva infatti avvenire per lo più in ambiente boschivo; l’unica specie prettamente rupicola è il camoscio, presente però con bassa frequenza. Per quanto

riguarda lo stambecco, secondo Fedele non è possibile inferire che durante il Neolitico questa specie frequentasse solamente le altitudini più elevate e la sua frequenza rimanderebbe di più a un'ecologia di medio-basso versante, piuttosto che alla frequentazione umana delle altitudini. Complessivamente la caccia aveva un ruolo fondamentale, soprattutto nei confronti del cervo, con un'attività venatoria orientata verso individui adulti. Le analisi condotte da Fedele per quanto riguarda le specie domestiche indicano modalità di sfruttamento differenziate, riconducibili sia alla produzione di beni primari (come la carne) sia a quella di beni secondari (come latte, pelli o forza lavoro). In particolare, i dati relativi agli ovicaprini mostrano una combinazione di abbattimenti di giovani e adulti, compatibile con un'economia che sfruttava sia la carne sia il latte, mentre la gestione dei bovini sembra orientata anche all'impiego per la trazione e per la produzione di materiali secondari. I suini, al contrario, risultano allevati quasi esclusivamente a scopo alimentare.

## Capitolo 5. Materiali e Metodi

### 5.1 Studio bibliografico, analisi della documentazione e selezione dei materiali

Una prima presentazione riguardante gli scavi da poco iniziati presso Chiomonte-La Maddalena venne pubblicata sul volume **numero 22** di *Segusium* nel **1986** (A. Bertone et al. 1986). La rivista prende il nome dalla Società di Ricerche e Studi Valsusini, la quale si propone di tutelare il patrimonio storico, artistico, paesaggistico e culturale della Valle di Susa e zone limitrofe, promuovendo studi, indagini sul linguaggio e sul folklore locale e diffondendo quindi, con pubblicazioni, la conoscenza riguardante la natura, i monumenti e la storia locali. Un'ulteriore pubblicazione a carattere maggiormente divulgativo uscì poi in occasione dell'omonima mostra a Palazzo Levis nel 1987, edita da Arkaia, la società che si occupò degli scavi, con il titolo "*5000 anni fa. Chiomonte*" (titolo poi corretto nella seconda edizione in "*6000 anni fa. Chiomonte*").

Nel **1988**, a scavi ancora in corso, fu pubblicato un primo volume di atti in occasione del 25° anno di fondazione di *Segusium*, sul **numero 25** della sua rivista. Nello stesso anno, una relazione riguardante i lavori uscì sul volume **n. 8** dei **Quaderni della Soprintendenza Archeologica del Piemonte**. Il primo volume interamente dedicato di *Segusium* fu seguito da una seconda monografia l'anno successivo, a scavi conclusi (*Segusium n. 27*); nell'introduzione, il presidente dell'associazione Giulio Fabiano augurava che il Bollettino potesse "*continuare ad essere di aiuto al percorso da seguire, affinché l'area archeologica de La Maddalena ritorni alla luce, per essere conosciuta, visitata, studiata e utilizzata e che si determinino eventi tali da avere la possibilità - in un prossimo futuro - di essere di richiamo, sia per lo studioso che per il turista interessato alle scoperte del nostro passato*" (Fabiano 1989).

Il quadro più esaustivo degli studi condotti venne pubblicato nel **2002**, all'interno della monografia "**6000 anni di storia sulle Alpi occidentali: la Maddalena di Chiomonte**", Edizioni Nautilus, a cura di Aureliano Bertone e Luigi Fozzati. Uscito a diciotto anni dalla scoperta archeologica, quest'opera a più mani riporta un bilancio scientifico degli studi effettuati sino a quel momento. Ulteriori studi riguardanti principalmente l'industria ceramica e litica uscirono poi in tempi più recenti (Padovan 2017; Giustetto et al. 2020).

Oltre alle relazioni tecniche di carattere più generale (Fozzati 1987; Barberis e Occelli 2013), sono stati analizzati i documenti disponibili prodotti durante i lavori, recuperati dalla Dott.ssa Alessia Monticone dei Musei Reali di Torino. Si tratta principalmente di appunti redatti a mano dall'archeologo Aureliano Bertone, spesso non contestualizzati e di difficile interpretazione. Nel corso dei trentotto anni intercorsi dalla consegna della documentazione di scavo, inoltre, una parte è stata smarrita.

Il primo passo per il ristudio di questo complesso sito è stata la necessaria selezione di materiali significativi, dato l'elevato numero di reperti, effettuata sulla base di alcuni dei documenti redatti da A. Bertone. La cronologia del sito, già nota per la sua complessità, comprende fasi neolitiche in giacitura primaria, sigillate dalla frana che colpì il villaggio nella seconda metà del IV millennio BCE, seguite da strati successivi alterati verticalmente sia dall'evento naturale, sia dalla costruzione di terrazzamenti. In attesa dei risultati delle datazioni al radiocarbonio (che richiedono tempi laboratoriali lunghi) e con l'obiettivo iniziale di approfondire la poco documentata età del Bronzo del sito, si è fatto quindi riferimento a due documenti contenenti appunti di scavo. Il primo (Figura 33) riporta i quadrati e i tagli attribuiti al cosiddetto "tetto di frana": le analisi hanno avuto inizio su reperti provenienti da quadrati e tagli inviati a datazione, situati al di sopra di questo supposto "tetto chasséano". La seconda selezione di materiali è stata condotta sulla base di un ulteriore schema tracciato da Bertone (Figura 34), nel quale sono indicate le fasi da lui attribuite al Bronzo antico e al Bronzo medio-tardo.

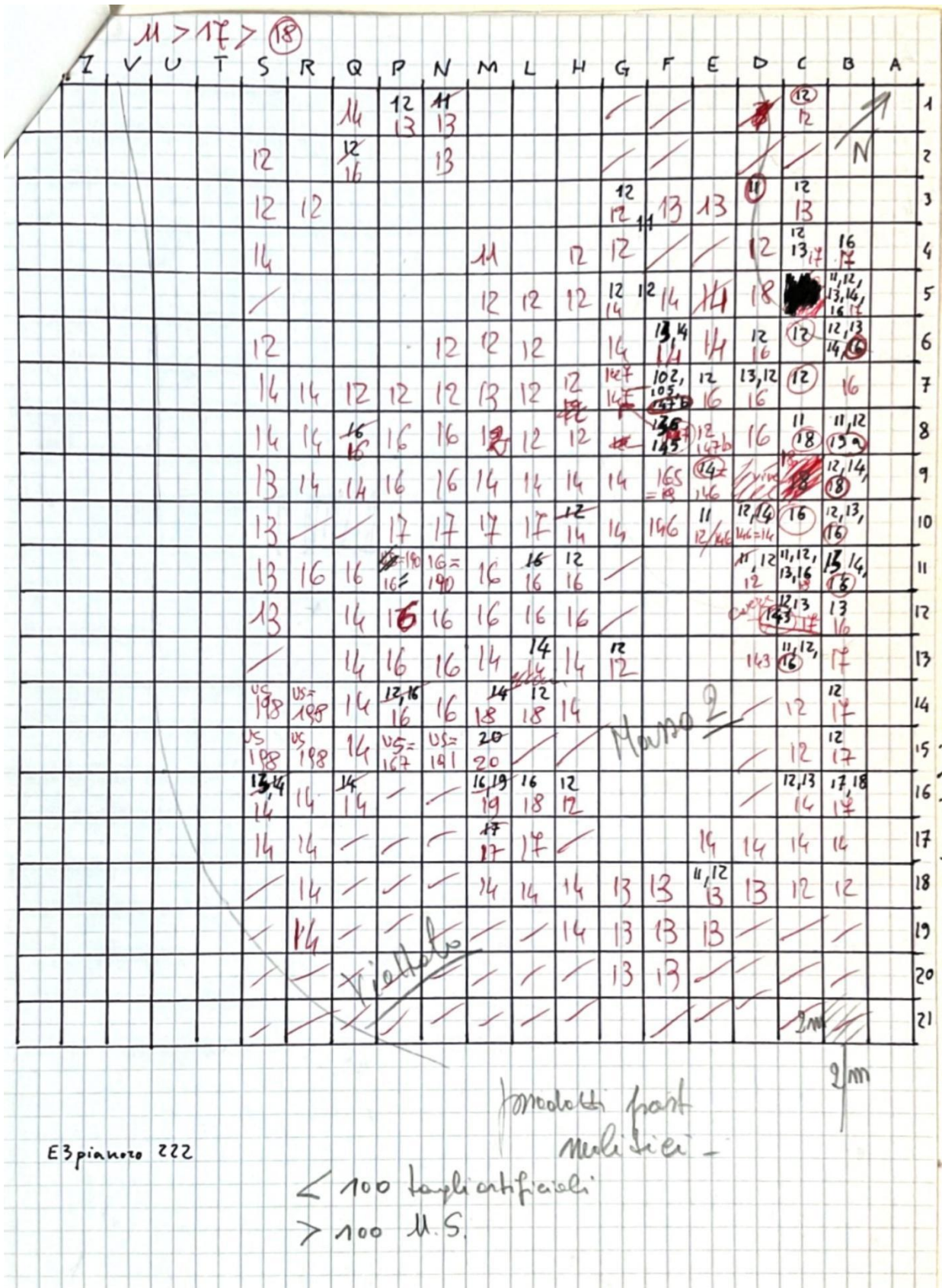
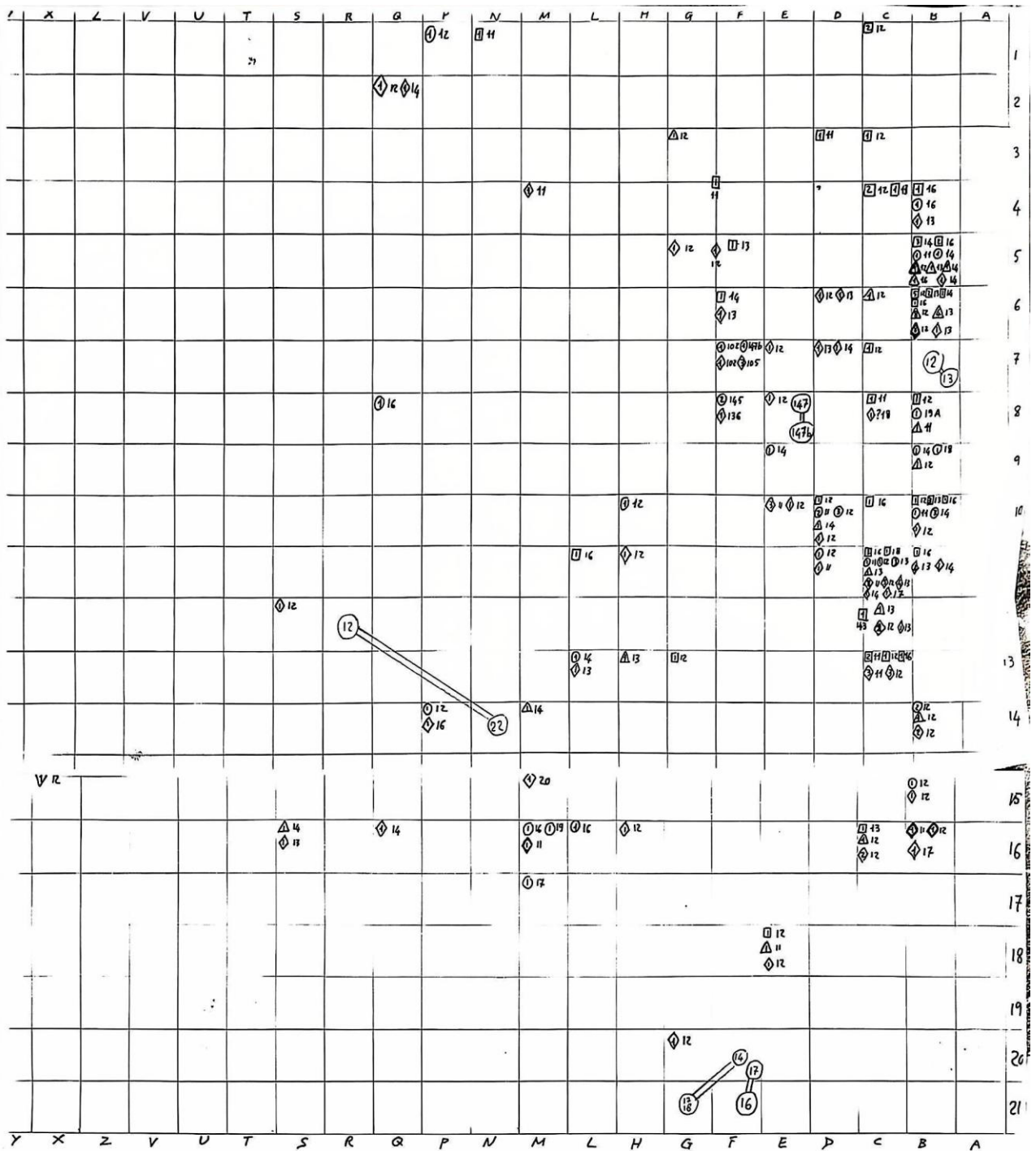


Figura 33. Documento redatto da Aureliano Bertone con indicati i quadrati e i tagli corrispondenti al tetto di frana



Chiomonte Fasi post-chasseane  
 □ Neolitico finale - calcolitico ○ Bronzo antico △ Bronzo medio-tardo  
 ◇ indeterminato Bronzo-Ferro  
 n: numero dei reperti ; US: dopo il simbolo

Figura 34. Documento redatto da Aureliano Bertone riportante le fasi interpretate dall'archeologo come Neolitico finale – calcolitico, Bronzo antico, Bronzo medio-tardo e indeterminato Bronzo-Ferro

Sono dunque stati recuperati e studiati tutti i sacchetti provenienti dai seguenti quadrati e tagli/US, per un totale di 237 resti: B4 tg 13, B5 tg 11, B5 tg 13, B5 tg 16, B6 tg 13, B10 tg 14, C11 tg 13, D10 tg 14, F7 US 147b, F8 US 145, H11 tg 13, L13 tg 14, M14 tg 14, M14 tg 17, M17 tg 17.

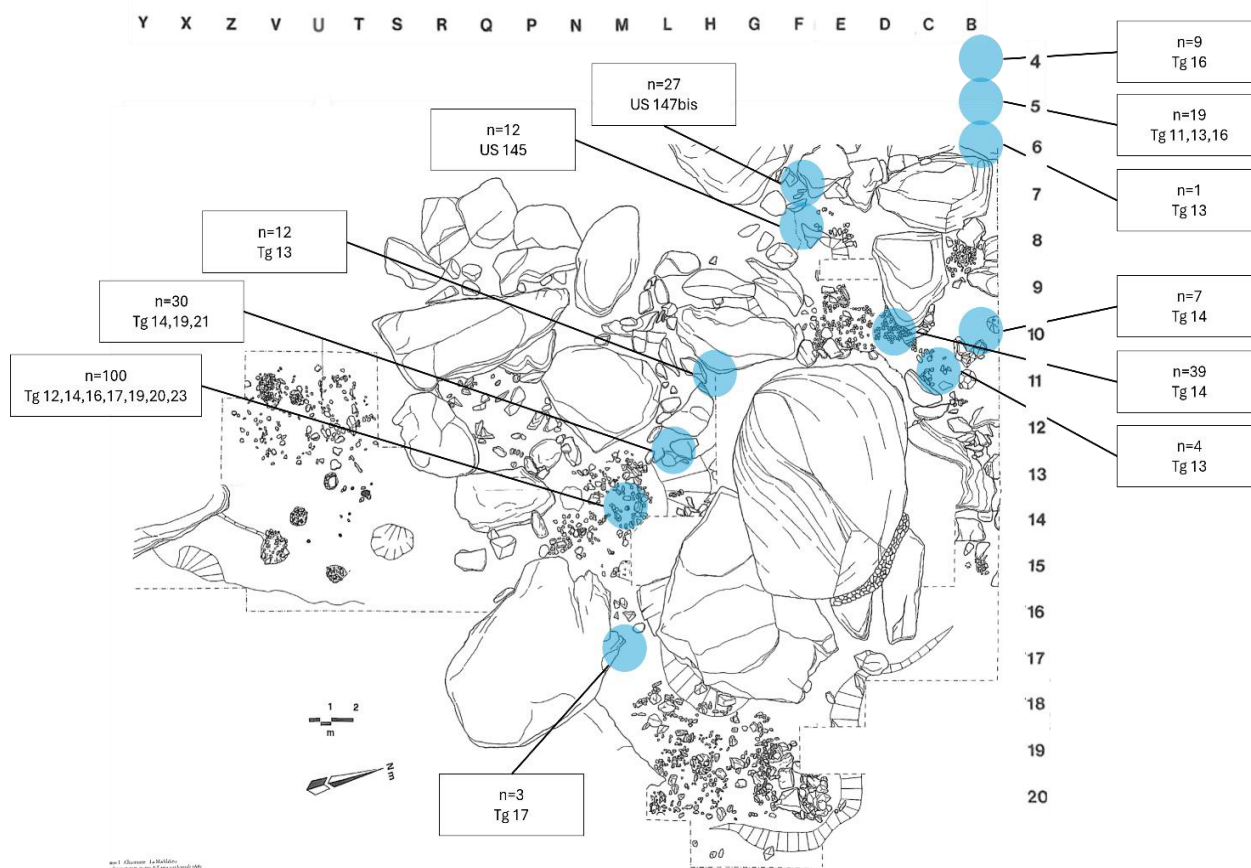
Vista la buona conservazione del materiale proveniente dal quadrato M14 e il rinvenimento di alcuni reperti interessanti da tale sezione, sono stati studiati ulteriori 32 reperti provenienti dai tagli 12, 16, 19, 20 e 23.

Tra i reperti oggetto di analisi, vi sono poi tre rocche petrose selezionate per essere sottoposte ad analisi del DNA antico: due di queste presumibilmente neolitiche, provenienti dallo studio pilota di Francesco Fedele, e una terza recuperata dal quadrato L13 tg 21. Tali reperti rappresentavano le uniche rocche petrose rinvenute complessivamente all'interno delle cassette esaminate e, non essendo identificabili con certezza su base morfologica al momento del recupero, sono state successivamente sottoposte ad analisi ZooMS, come discusso più avanti nella tesi.

Vi è infine una mandibola di carnivoro dal quadrato L13 tg 19, per un totale di **265** reperti archeofaunistici analizzati in totale.

M	L	H	G	F	E	D	C	B	
								13	4
								11 13 16	5
								13	6
				147b 145					7
									8
									9
						14		14	10
		13					13 13		11
									12
	14 21 19								13
14 (14) 17 (17) 12 16 19 20 23									14
									15
									16
17									17

**Figura 35.** Immagine riassuntiva dei materiali selezionati – in viola: tagli e quadrati sottoposti a datazione al radiocarbonio collocati sopra il “tetto neolitico”; in blu: fasi interpretate da A. Bertone come Bronzo antico; in arancione: fasi interpretate da Bertone come Bronzo medio-tardo; in giallo: altri materiali



**Figura 36.** Disposizione spaziale dei reperti analizzati

Una volta selezionato il materiale oggetto di studio, ha avuto inizio un vero e proprio “scavo nelle cassette”. Il materiale all’interno dei depositi si è presentato nella maggior parte dei casi suddiviso in ceramica (sigla AT), litica (sigla LT) e fauna (sigla PM) – anche se, in alcuni casi, faune e ceramiche sono risultate mescolate tra loro all’interno della stessa cassetta - e a sua volta ripartito secondo i tagli di scavo. È stato dunque necessario recuperare i sacchetti provenienti dalle fasi selezionate, sostituendo quelli usurati dal tempo ma mantenendo le etichette originali.

## 5.2 Datazioni al radiocarbonio

Otto campioni osteologici, costituiti da frammenti ossei privi di caratteri diagnostici utili a un’attribuzione tassonomica affidabile, sono stati inviati presso il **Center for Isotope Research dell’Energy and Sustainability Research Institute, University of Groningen**, al fine di ottenere datazioni al radiocarbonio aggiornate, senza essere sottoposti ad ulteriori analisi biomolecolari.

Codice campione	Quadrato+Taglio/US
MRT 223	H11 tg 13
MRT 297	M14 tg 14
MRT 514	M14 tg 19
AB1 4974	M14 tg 19
AB1 6181	H14 tg 20
MRT 261	H11 tg 17
MRT 510	M14 tg 17
MRT 522	M13-14 US 234

**Tabella 4.** Campioni selezionati per l'ottenimento di nuove datazioni al radiocarbonio

Il protocollo di trattamento dei campioni per estrarre il collagene da sottoporre a datazione ha seguito il metodo descritto da Dee et al. (2020), di seguito riassunto:

- **Decalcificazione:** i frammenti ossei sono stati immersi in un acido debole (HCl, 2-4% p/v, a temperatura ambiente) per almeno 24 ore. Le porzioni ossee sono dunque state separate e conservate in acqua deionizzata per la preparazione successiva. La decalcificazione è stata ritenuta completa al termine dell'effervescenza e quando i frammenti sono risultati di consistenza molle e flessibile;
- **Risciacquo:** i frammenti decalcificati sono stati accuratamente risciacquati con acqua deionizzata fino al raggiungimento della neutralità;
- **Trattamento con NaOH:** il materiale è stato esposto a una soluzione di NaOH all'1% per circa 30 minuti al fine di rimuovere gli acidi umici, seguito da ulteriori risciacqui fino alla neutralità;
- **Trattamento acido secondario:** è stato applicato un secondo trattamento acido (HCl, 4% p/v) per 15 minuti, seguito da un ulteriore risciacquo fino alla neutralità;
- **Gelatinizzazione:** la frazione di collagene è stata denaturata in gelatina mediante incubazione in acqua deionizzata acidificata (pH 3) a 80°C per 18 ore;
- **Filtrazione:** il materiale gelatinoso disciolto in soluzione è stato filtrato attraverso una maglia da 50 µm per rimuovere particelle estranee, per poi essere completamente essiccato;

- **Cristallizzazione:** il prodotto cristallino essiccato è stato raschiato dalle pareti dei recipienti di vetro e pesato per procedere alla datazione.

### 5.3 Analisi archeozoologiche

Il primo passo dello studio archeozoologico sui **265 reperti** di Chiomonte selezionati è consistito nella determinazione del tipo di elemento scheletrico analizzato e nell'identificazione tassonomica dell'animale a cui tale resto apparteneva. L'analisi si è dunque concentrata su reperti, spesso frammentati, per i quali era possibile riconoscere almeno l'elemento anatomico, pur in assenza di una determinazione del *taxon*. La scelta di limitare l'indagine agli elementi identificabili almeno a livello scheletrico (es. tibie, femori, mandibole etc.) risponde all'esigenza di garantire dati affidabili e comparabili, senza disperdere risorse su frammenti scarsamente informativi. Studi recenti hanno evidenziato come la selezione mirata di specifici elementi scheletrici possa costituire una strategia di campionamento utile in contesti caratterizzati da forte frammentarietà o da una limitata disponibilità di materiale, consentendo una prima valutazione della composizione faunistica anche a partire da un numero ridotto di reperti (Nims et al. 2020). Tuttavia, l'archeozoologia rimane una disciplina intrinsecamente quantitativa e, per giungere a valutazioni statisticamente attendibili — ad esempio in ambito biometrico o nella ricostruzione delle classi di età e di sesso — richiede campioni numericamente ampi. Approcci basati su selezioni mirate devono pertanto essere considerati strumenti di supporto o preliminari, e non sostitutivi di analisi fondate su insiemi faunistici estesi.

Per la determinazione sono stati utilizzati diversi atlanti osteologici riportanti le principali specie domestiche e selvatiche presenti sull'arco alpino, di seguito riportati:

- France, Diane. 2009. *Human and Nonhuman Bone Identification: A Color Atlas*. CRC Press.
- Pales, Léon, Claude Lambert, e Michel-Alain Garcia. 1971. *Atlas ostéologique pour servir à l'identification des mammifères du quaternaire: Tête, rachis, ceintures scapulaire et pelvienne, membres : carnivores, homme, herbivores (2 v.)*. Editions du Centre national de la recherche scientifique.
- Schmidt, Elisabeth. 2022. *Atlas of Animal Bones for Prehistorians, Archaeologists and Quaternary Geologists*. Elsevier Publishing Company.

- Hillson, Simon. 1996. *Mammal Bones and Teeth: An Introductory Guide to Methods of Identification*. Institute of Archaeology, University College London.

Le analisi archeozoologiche sono state condotte presso la sala studio dedicata dei **Depositi di Antichità dei Musei Reali di Torino**. Oltre agli atlanti, di grande utilità è stato il confronto con la collezione zoologica di riferimento del Professor Giacomo Giacobini, custodita presso il **Museo di Anatomia Umana Luigi Rolando** a Torino.

Durante le analisi è inoltre stata presa nota per ogni reperto delle porzioni conservate, del lato (quando individuabile) e dell'abito (ovvero colore e consistenza, utilizzando i criteri definiti da Fedele ed elencati nel sottocapitolo 4.8 dell'elaborato), nonché eventuali tracce di modifiche biologiche e antropiche come quelle date dall'esposizione al calore, pattern di fratturazione particolari, tracce di taglio (*cut marks*) e segni di masticazione da parte di carnivori ed elementi riconducibili all'età degli individui quali epifisi non fuse. I dati completi sono consultabili nelle Appendici dell'elaborato, all'interno della tabella A, nella sezione B) del Materiale supplementare.

Sui dati ottenuti, integrati con analisi di tipo ZooMS come dettagliato nel sottocapitolo successivo, è stata eseguita un'analisi di tipo quantitativo, per quantificare la rappresentanza delle specie nel campione faunistico. È stato dunque conteggiato il NISP (*Number of Identified Specimens*), ovvero il conteggio di quante ossa di una determinata specie sono state trovate. La decisione di non calcolare il Numero Minimo di Individui (NMI) è motivata da ragioni metodologiche legate in primo luogo alla risoluzione cronologica e deposizionale del lotto analizzato. Le nuove datazioni al radiocarbonio collocano infatti i reperti all'interno del Neolitico tardo, ma su un arco temporale ampio, compreso tra il 3942 e il 3373 BCE, senza consentire l'attribuzione puntuale dei singoli resti faunistici a orizzonti cronologici sincroni. Tale quadro è ulteriormente complicato dalla documentata complessità stratigrafica del sito, caratterizzato da rimaneggiamenti post-deposizionali, refits tra livelli differenti e mescolanza dei materiali dovuta sia a processi naturali sia ad attività antropiche successive. In assenza di unità cronologiche ben definite, il calcolo dell'NMI avrebbe comportato un'elevata probabilità di sovrastima e una ridotta significatività interpretativa. Considerato inoltre che l'NMI è riconosciuto come uno dei parametri più problematici nella quantificazione faunistica

in contesti complessi e non risolti cronologicamente<sup>3</sup>, si è scelto, in continuità con l'impostazione adottata negli studi precedenti sul sito, di limitare l'analisi quantitativa al NISP, ritenuto più affidabile nelle condizioni date.

## 5.4 Analisi ZooMS

### Selezione dei reperti

I resti sottoposti ad analisi di tipo ZooMS sono stati selezionati all'interno del lotto di materiale precedentemente analizzato tramite metodologia archeozoologica classica, utilizzando le due metodologie in modo integrato e complementare, al fine di ottenere un quadro faunistico il più nitido possibile. Eliminando infatti la soggettività dell'interpretazione morfologica per i reperti più difficili da riconoscere, soggetta a *bias* anche all'occhio più esperto, l'obiettivo è stato quello di aumentare la significatività statistica del NISP delle specie presenti e ampliare i dati sui profili scheletrici (Torres-Iglesias et al. 2024). Sono stati sottoposti a metodo ZooMS i reperti rimasti indeterminati anche a seguito di confronto con la collezione di riferimento, così come quelli di identificazione incerta principalmente tra capra/pecora e bue/cervo, animali dalla simile morfologia ossea. In totale, sono stati selezionati e analizzati **138 reperti**.

Campionamento e analisi di laboratorio sono state effettuate presso il laboratorio **ArchaeoBiotics** del Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi dell'Università di Torino. Per le successive analisi è stato utilizzato lo spettrometro di massa MALDI-TOF dell'**Open Lab DSV**, Dipartimento di Scienze Veterinarie, Università di Torino.

### Precauzioni contro il rischio di contaminazione e campionamento

Dal momento della deposizione al momento della scoperta, l'insieme delle proteine originarie del campione va incontro a diagenesi e degradazione. La contaminazione esterna può poi avvenire durante lo scavo, negli ambienti museali e nel corso della manipolazione dei reperti in laboratorio (Hendy et al. 2018). Al fine di minimizzare tale rischio, le analisi sono avvenute

---

<sup>3</sup> Per una trattazione esaustiva si rimanda a Reitz E.J., Wing E.S., *Zooarchaeology*, Cambridge University Press, 2008, pp. 205–216.

in un laboratorio dedicato agli studi su materiale antico, indossando tuta da laboratorio e guanti in lattice. Per ciascuna fase di studio sono stati realizzati dei bianchi procedurali, al fine di rilevare eventuali contaminazioni da parte di plastiche e reagenti. Trattandosi di reperti ampiamente maneggiati nel corso del tempo, l'area selezionata per il campionamento è stata inoltre decontaminata strofinando la superficie con una salvietta imbevuta in candeggina e, successivamente, in acqua ultrapura. Ciò ha permesso di ottenere spettri più puliti e di identificare con maggiore facilità i residui di contaminazione da collagene umano durante le analisi dei dati.

Sono quindi stati prelevati, con l'ausilio di pinze ricoperte da foglio in alluminio, circa 50 mg da ciascun campione, prediligendo la frazione di osso compatto ed assegnando un nuovo codice di laboratorio interno iniziante con sigla "PALTO". Tra ogni campionamento, tutti gli strumenti utilizzati e il piano di lavoro (ricoperto anch'esso da un foglio di alluminio sostituito ogni volta) sono stati puliti con etanolo, in modo tale da ridurre il rischio di contaminazione.

## Demineralizzazione

Al fine di eliminare la frazione minerale, all'interno di ciascuna provetta Eppendorf LoBind contenente i 50 mg di sottocampione sono stati aggiunti 500 µL di una soluzione acquosa di acido cloridrico (HCl 0.6 M). Le porzioni di osso (*chip*) poste in HCl sono poi state monitorate fino al raggiungimento di una consistenza spugnosa e semitrasparente. La durata di questo procedimento si è rivelata variabile da campione a campione, vista la stretta correlazione con la compattezza ossea di ciascuno. In linea generale, i campioni contenenti HCl sono stati posti in frigorifero a 4°C per circa 24 ore e, nei casi in cui non era stata raggiunta la consistenza desiderata, la mattina seguente si è proceduto con la rimozione di 400 µL di HCl e l'aggiunta di altrettanti, ponendo le provette all'interno di un termoagitatore alla temperatura di 22 °C così da velocizzare la reazione e poter proseguire con gli step successivi.

## Estrazione del collagene

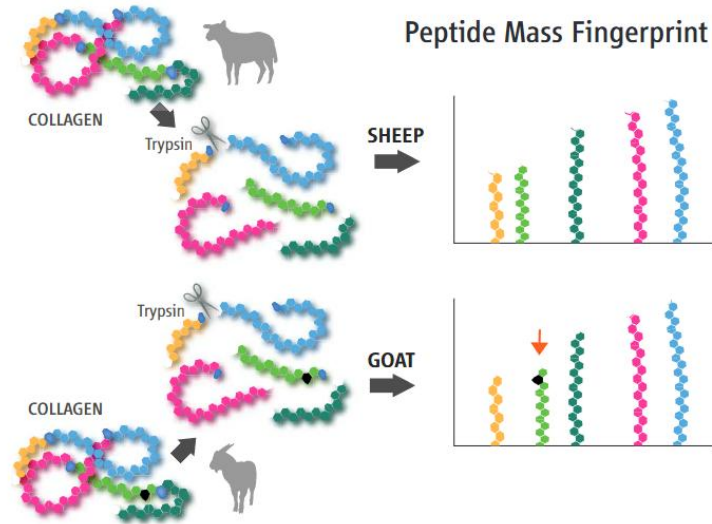
All'inizio di questa fase, il collagene risulta diviso in due frazioni: collagene solubile (ASM, ovvero *Acid Soluble Matrix*) e collagene insolubile (AIM, ovvero *Acid Insoluble Matrix*). Per estrarre la frazione ASM, dopo aver centrifugato i campioni in HCl a 13000 RPM per 3

minuti, l'acido è stato trasferito all'interno di nuove provette prestando attenzione a non disturbare il pellet rimasto sul fondo. Esse sono poi state mantenute a 4°C, in attesa dello step di ultrafiltrazione. Il pellet residuo, corrispondente alla frazione AIM, è dunque stato sottoposto a gelatinizzazione, procedimento che consente di far perdere al collagene la sua caratteristica struttura fibrillare a tripla elica. Sono quindi stati aggiunti 500 µL di bicarbonato di ammonio ((NH<sub>4</sub>)HCO<sub>3</sub>) a ciascun campione, ponendoli poi all'interno del termoagitatore con una leggera agitazione di 200 RPM alla temperatura di 65°C per 60 minuti.

## Ultrafiltrazione e digestione

Per questo step sono state utilizzate provette filtranti da 3 kDa. Dopo aver pulito il filtro facendoci passare attraverso 300 µL di acqua HPLC-grade, le frazioni AIM e ASM sono state riunite e filtrate tramite aliquote da 250 µL, centrifugando ed eliminando il filtrato a ogni passaggio. La stessa operazione è poi stata eseguita con due aliquote da 250 µL di bicarbonato di ammonio, controllando il pH dell'ultimo filtrato tramite l'utilizzo di cartine tornasole, che doveva risultare maggiore a 7.5. Il retentato è quindi stato trasferito all'interno di nuove Eppendorf LoBind da 1,5 mL, utilizzando due aliquote di bicarbonato di ammonio da 250 µL.

Per effettuare la digestione del collagene è stata utilizzata la tripsina, un enzima appartenente alla classe delle idrolasi, coinvolto in natura nel processo di digestione. Esso scinde il legame peptidico C-terminale degli aminoacidi arginina (R) e lisina (K), dando dunque dei peptidi "triptici" che terminano in R o in K. Sono stati aggiunti 2 µL di tripsina a ciascun campione, sottoponendoli dunque al vortex per circa 20 secondi ciascuno. Le provette sono state infine trasferite in un termoagitatore impostato su una temperatura di 37 °C e un'agitazione di 200 RPM, lasciando la soluzione in incubazione per circa 12-18 ore.



**Figura 37.** Il ruolo della tripsina (Travis et al. 2010)

## Acidificazione e purificazione

Terminata la digestione, i campioni sono stati rimossi dall'incubatore e centrifugati per circa 3 minuti a 13000 RPM. Sono poi stati aggiunti 20  $\mu\text{L}$  di acido trifluoroacetico (TFA -  $\text{C}_2\text{HF}_3\text{O}_2$ ) in soluzione al 10%, affinché il pH scendesse sotto il valore di 2, così da poter bloccare l'azione dell'enzima.

Per eseguire questo passaggio sono stati utilizzati dei puntali Pierce Zip-Tip in resina C18 (Pierce C18 Tips, 100  $\mu\text{L}$ , Thermo Scientific), colonne cromatografiche costituite da una resina composta da molecole con 18 atomi di carbonio che permettono di catturare, concentrare ed eluire i peptidi, rimuovendo i sali dalla soluzione in cui sono immersi. Sono state impiegate due differenti soluzioni: la prima, “*wetting*”, composta per il 50% da acetonitrile ( $\text{C}_2\text{H}_3\text{N}$ ) e per la restante metà da 0.1% TFA in acqua HPLC; la seconda, “*equilibration*”, composta da solo 0.1% TFA. 400  $\mu\text{L}$  di ciascuna soluzione sono stati posti in due differenti provette, mentre una terza Eppendorf vuota è stata utilizzata per scaricare il contenuto della pipetta.

Partendo dalla soluzione “*wetting*”, è stata prelevata un'aliquota di 100  $\mu\text{L}$ , poi questa è stata scaricata nell'apposita provetta vuota per due volte consecutive. Lo stesso procedimento è poi stato effettuato per quanto riguarda la soluzione “*equilibration*”. Il puntale vuoto è poi stato inserito nella Eppendorf contenente il campione, eseguendo *pipette mix* per venti volte, terminando l'operazione sempre con il puntale vuoto. Si è ripetuto per due volte il carico-

scarico di 100  $\mu\text{L}$  di soluzione “*equilibration*” e poi “*wetting*”, scaricando però il contenuto della pipetta all’interno della nuova Eppendorf LoBind anziché in quella destinata agli scarti. L’intero procedimento è stato eseguito senza svuotare del tutto la pipetta dal suo contenuto se non nell’ultimo step all’interno della LoBind finale, mantenendo la molla dello strumento in continua tensione.

## Concentrazione

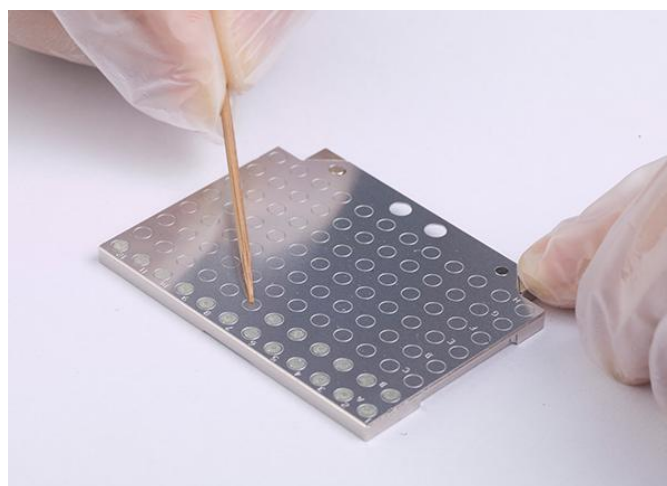
Questa fase di analisi è stata realizzata utilizzando un concentratore SpeedVac. Il macchinario è stato acceso per venti minuti impostandolo sul programma D-AQ, per poi inserire le Eppendorf aperte contenenti i peptidi da concentrare. Il programma è stato dunque impostato sulla modalità V-AQ con tempo infinito, in modo da far evaporare la soluzione. Questo procedimento è durato alcune ore ed è stato necessario un controllo ogni 45 minuti circa per accertarsi del livello di evaporazione del liquido. Una volta pronti, i peptidi concentrati sono stati posti in frigo.

## Spotting

La preparazione per lo spettrometro deve essere effettuata la settimana precedente alle analisi MALDI-TOF-MS: i campioni, infatti, sono stabili fino a dieci giorni una volta depositi sul MALDI plate (Maldi Plate MSP 96 Target BC - Bruker Daltonik GmbH), la piastra metallica che funge da target per le analisi spettrometria di massa. Tale oggetto presenta dei piccoli spazi circolari (*spot*) su cui porre la soluzione, corrispondenti a delle coordinate alfanumeriche, mentre alcuni spot sono destinati al calibrante. Durante le analisi al MALDI-TOF viene applicata una calibrazione esterna, effettuata utilizzando dei peptidi di massa nota: des-Arg1-bradichinina ( $\text{M}+\text{H}^+$  a  $m/z$  904.681), angiotensina I ( $\text{M}+\text{H}^+$  a  $m/z$  1296.685), Glu1-fibrinopeptide B ( $\text{M}+\text{H}^+$  a  $m/z$  1750.677), ACTH 1-17 clip ( $\text{M}+\text{H}^+$  a  $m/z$  2093.086), ACTH 18-39 clip ( $\text{M}+\text{H}^+$  a  $m/z$  2465.198) e ACTH 7-38 clip ( $\text{M}+\text{H}^+$  a  $m/z$  3657.929) (Buckley et al. 2009). La calibrazione viene dunque applicata ai campioni posti nelle immediate vicinanze dello spot contenente il calibrante. Misurando il tempo impiegato dal peptide carico per percorrere il tubo a vuoto, ovvero il *time of flight*, elementi come l’angolo di incidenza del laser sui diversi spot e il conseguente errore saranno diversi in base alla posizione sul plate.

Prima di procedere con le analisi, è stata presa nota dei codici dei campioni e delle loro rispettive coordinate di posizione. I peptidi sono stati ricostruiti in 10  $\mu\text{L}$  di 0.1% TFA e posti su vortex per almeno 30 secondi ciascuno. Su ogni spot corrispondente sono dunque stati posti 5  $\mu\text{L}$  di campione e, una volta asciutti, su ciascuna goccia sono stati aggiunti 5  $\mu\text{L}$  di matrice CHCA. Il CHCA, o acido  $\alpha$ -ciano-4-idrossicinnamico ( $\text{C}_{10}\text{H}_7\text{NO}_3$ ), si presenta come una polvere di colore giallo e va conservato in frigorifero. Per preparare la soluzione di matrice CHCA, a 10 mg di polvere è stato aggiunto 1 mL di soluzione composta per il 50% di acetonitrile e per la restante metà da 0.1% TFA in acqua HPLC, utilizzando un vortex finché la maggior parte del solido cristallino non sia passata in soluzione. Dopo uno step di centrifuga, sono stati prelevati i 500  $\mu\text{L}$  superiori della soluzione e trasferiti in una nuova provetta, aggiungendo 500  $\mu\text{L}$  di soluzione 50% ACN-0.1% TFA tramite *pipette mix*.

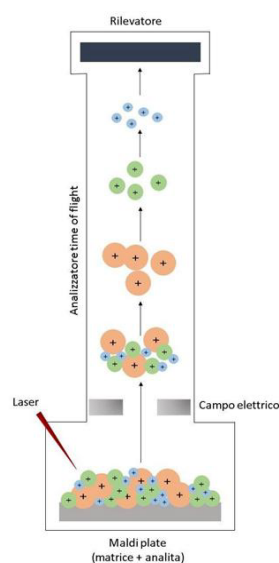
Al fine di evitare contaminazione, a seguito di ogni utilizzo la piastra è stata accuratamente pulita: dopo aver strofinato delicatamente la superficie con un panno di carta umidificato con 2-propanolo e aver risciacquato con acqua deionizzata, il MALDI plate va posto all'interno di un becher di vetro e immerso completamente in 2-propanolo, chiudendo il contenitore con del parafilm. Il becher si posiziona all'interno della vasca del bagno sonico riempita di acqua deionizzata per un processo di sonicazione di due ore. Infine, il bagno di 2-propanolo viene sostituito con una soluzione 30% acetonitrile + 70% (0.1%) TFA, ripetendo l'operazione di bagno sonico.



**Figura 38.** MALDI plate

## Analisi MALDI-TOF-MS

Le analisi MALDI-TOF-MS (*Matrix Assisted Laser Desorption/Ionisation Time-Of-Flight Mass Spectrometry*) sono state effettuate utilizzando uno spettrometro di massa bench-top microFlex (Bruker Daltonics Inc.). La tecnica MALDI-TOF-MS sfrutta un fascio laser per colpire l'analita co-cristallizzato con una matrice, entrambi in fase solida. Si tratta di analisi della durata di millisecondi, in cui il laser viene indirizzato per circa 10-20 volte su ogni spot del plate, contenente ciascuno un singolo campione accompagnato dalla matrice. La matrice possiede delle caratteristiche chimico-fisiche peculiari, le quali consentono di trasferire in parte l'energia del laser che arriva a impulsi al campione da determinare. Questo trasferimento di energia permette di ottenere degli ioni molecolari, ovvero degli ioni ottenuti senza operare alcuna frammentazione, bensì mediante la rimozione di un elettrone. Essi possiedono una carica singola, con numero di atomico ( $z$ ) pari a 1: la loro massa su carica ( $m/z$ ) corrisponderà dunque al valore della massa stessa dello ione molecolare  $[M+H]^+$ . In seguito alla vaporizzazione nel vuoto degli ioni molecolari di matrice e campione, essi vengono accelerati tramite un campo elettrico. I più leggeri, aventi massa  $m/z$ , arrivano per primi al rivelatore di massa. Il detector dello strumento ne rileva dunque il tempo di volo, o *time of flight*, permettendo di discriminare i diversi peptidi. Da questo procedimento si ottengono degli spettri in cui, a ogni picco, corrisponde la massa specifica di un peptide; sulle ascisse è riportato il valore di  $m/z$ , mentre sulle ordinate vi si può leggere l'intensità di ciascun picco ottenuto.



**Figura 39.** MALDI-TOF-MS: strumento utilizzato e rappresentazione schematica del suo funzionamento

## Analisi dei dati

Le analisi MALDI-TOF-MS hanno restituito dei file in formato .mzML, convertiti in file di testo corrispondenti a ciascun campione tramite il software R-Studio. Questi file sono stati analizzati mediante il programma mMass, un software open source che permette l'analisi dei dati ottenuti mediante spettrometria di massa.

Una volta avviato il programma e aperto lo spettro da analizzare, è possibile eliminare il rumore di fondo e aumentare la qualità applicando delle trasformazioni matematiche. Scegliendo il parametro  $S/N$  (*signal-to-noise ratio*) threshold desiderato, vengono poi considerati solamente i picchi che sono un dato numero di volte maggiori rispetto al rumore di fondo in quel punto. Dopo aver effettuato questa serie di operazioni, vengono infine visualizzati i fingerprint molecolari, ovvero i picchi con  $S/N$  maggiore del valore precedentemente impostato e i relativi valori di  $m/z$ . È possibile effettuare uno zoom sullo spettro al fine di visualizzare meglio gli eventuali picchi presenti, i quali possono anche essere selezionati manualmente.

Ottenute tali misure si può procedere comparando i dati ottenuti con una lista di biomarker di riferimento pubblicati su una lista aperta e aggiornata regolarmente dall'Università di York (<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1ipm9fFFyha8IEzRO2F5zVXIk0ldwYiWgX5pGqETzBco/edit?gid=1005946405#gid=1005946405>), la quale contiene numerose specie terrestri e marine con i loro tipici valori di  $m/z$ . Utilizzando i filtri del foglio Excel e selezionando i peptidi marker presenti, è dunque possibile risalire all'identificazione tassonomica del frammento osseo in esame.

Nel corso delle analisi è importante tenere in considerazione che i valori ottenuti tramite mMass potrebbero non essere esattamente gli stessi riportati sul foglio Excel, ma è possibile che ci siano delle variazioni di circa  $\pm 0.10$  Da causate da piccoli errori di calibrazione dello strumento. Inoltre, non tutti i marker sono presenti in tutti gli spettri e non tutti i picchi mostrati corrispondono a un marker, ma può esserci contaminazione data dalla tripsina e dalla matrice. Il livello di risoluzione tassonomica può poi variare a seconda del campione analizzato. Trattandosi di resti abbondantemente rimaneggiati nel corso del tempo, la contaminazione è risultata inevitabile anche mettendo in atto accortezze in laboratorio e procedendo con *bleaching* durante il campionamento. Per ovviare a tale problema, sono stati

utilizzati dei filtri basati su una lista di riferimento contenente i picchi caratteristici del collagene umano, della tripsina e della matrice, in modo da poter individuare più facilmente tali picchi ed escluderli dalle analisi mirate all'identificazione tassonomica dell'animale.

Per ciascun campione analizzato è quindi stata presa nota dei codici identificativi (MRT e PALTO), dell'identificazione tassonomica (Classe, Ordine, Famiglia, Genere, Specie) e dei picchi individuati nelle rispettive posizioni. I dati completi e gli spettri di massa sono scaricabili e consultabili nelle Appendici dell'elaborato, all'interno della tabella B, nella sezione B) del Materiale supplementare. Una volta ottenuti i dati relativi all'identificazione, questi sono stati confrontati con le precedenti analisi morfologiche, assegnando dunque un taxon definitivo al reperto, quando possibile.

## 5.5 Analisi aDNA

Le analisi sono state condotte presso il **laboratorio di Epigenomica e Paleogenomica** dell'**Université Paris-Cité, CNRS, Institut Jacques Monod**, guidato dalla Professoressa Eva-Maria Geigl (EMG) e dal Professor Thierry Grange (TG). Il campionamento, l'estrazione del DNA e la purificazione sono stati svolti sotto la supervisione e in collaborazione con EMG, mentre la costruzione delle librerie, il sequenziamento e le analisi bioinformatiche sono state condotte da TG.

Lo studio si è focalizzato sul DNA antico ottenuto da tre rocche petrose provenienti dalla collezione faunistica di Chiomonte, precedentemente identificate tramite metodo ZooMS, che ha confermato l'ottima preservazione del collagene. Due di questi reperti (FF3438 e FF4415), provenienti dallo studio di Francesco Fedele, sono stati identificati tramite ZooMS come bovino; il terzo (MRT998) è stato classificato come Bovidae/Cervidae (tra le possibili specie *Rupicapra rupicapra*, *Ovis aries*, *Cervus elaphus*, *Dama dama* e *Alces alces*).



**Figura 40.** Le rocche petrose utilizzate per l'analisi del DNA antico a Parigi

La scelta di analizzare esclusivamente rocche petrose è motivata dal fatto che la *pars petrosa* dell'osso temporale presenta una percentuale di DNA endogeno maggiore rispetto alle altre ossa, a causa della sua densità (Parker et al. 2020; Haarkötter et al. 2023) e assenza di rimodellamento dopo l'infanzia, caratteristiche che la rendono ottimale per la preservazione del DNA antico (Pinhasi et al. 2015; Geigl e Grange 2018). A ciascun campione è stato assegnato un nuovo codice identificativo interno: CLM3438, CLM4415 e CLM998.

Nel presente studio, le analisi del DNA antico sono state condotte principalmente allo scopo di valutarne lo stato di conservazione, in vista di eventuali futuri studi paleogenomici più approfonditi, e di confrontare l'efficacia di tale metodologia nell'assegnare un'identificazione tassonomica alle specie rispetto al metodo ZooMS.

### Precauzioni contro il rischio di contaminazione

La contaminazione da DNA esogeno può avvenire in diverse fasi, dallo scavo fino alle analisi di laboratorio. In condizioni ottimali, i resti dovrebbero essere sempre manipolati con guanti decontaminati con ipoclorito e conservati in ambienti freschi e a bassa umidità, evitando l'applicazione di adesivi o consolidanti. Tuttavia, trattandosi di reperti museali derivanti da scavi datati, non è stato possibile garantire la conservazione in tali condizioni. Al fine di minimizzare il rischio di contaminazione durante le analisi paleogenomiche di laboratorio, sono state adottate diverse misure di precauzione (come descritto precedentemente, ad es. in Massilani et al. 2016; Bennett et al. 2019; Parasayan et al. 2024).

Le analisi sono state condotte in un laboratorio chiuso con un gradiente di pressione positiva, dove tutti i materiali sono sottoposti a decontaminazione con candeggina prima dell'ingresso

al fine di evitare contaminazioni da DNA moderno, significativamente più abbondante rispetto alle molecole antiche. Il laboratorio stesso è suddiviso in quattro ambienti separati:

1. un'area di ingresso pressurizzata destinata al cambio degli indumenti e allo stoccaggio dei reperti in condizioni favorevoli;
2. una sala per il campionamento;
3. una sala per l'estrazione e la purificazione del DNA;
4. una sala per la preparazione delle librerie.

Per accedere al laboratorio, gli indumenti utilizzati all'esterno sono sostituiti con abiti designati per l'uso laboratoriale e lavati in candeggina. Inoltre, all'interno del laboratorio vengono indossati una tuta da laboratorio integrale, guanti, cuffia e mascherina, con una tuta da laboratorio addizionale dedicata per ciascuna area analitica. L'area di lavoro e gli strumenti non metallici sono puliti con candeggina dopo ogni sessione di lavoro e a seguito di ciascun campionamento, mentre gli strumenti metallici sono sterilizzati alla fiamma di un becco Bunsen. Al termine degli esperimenti, le aree analitiche, in particolare le micropipette, sono irradiate con luce UV alla distanza più breve possibile (Champlot et al. 2010).



**Figura 41.** Esempio di tuta integrale indossata durante le analisi dell'aDNA

## Campionamento

Il campionamento è stato effettuato secondo metodologie descritte in precedenti studi (es. Bennett et al. 2022), all'interno della prima stanza dedicata del laboratorio. Ciascun reperto è

stato campionato utilizzando un Dremel equipaggiato di disco diamantato sterilizzato alla fiamma, lavorando su di un foglio in alluminio e pulendo superfici e strumenti con candeggina dopo ogni utilizzo. È stata selezionata l'area di osso prossima alla coclea, in quanto nota per offrire un maggior contenuto di DNA endogeno rispetto ad altri elementi scheletrici (Pinhasi et al. 2019), pulendo in primo luogo la superficie mediante un bastoncino in cotone imbevuto in acqua ultrapura e successivamente in ipoclorito di sodio. L'osso è stato quindi polverizzato in azoto liquido con l'ausilio di un Freezer Mill, al fine di prevenire la degradazione termica del DNA (Morales Colón et al. 2018).

La polvere così ottenuta è stata pesata e registrata, prima di essere suddivisa in due porzioni per ciascun campione. Una porzione è stata sottoposta a *bleaching* (trattamento con ipoclorito di sodio puro diluito 1:50, fino a una concentrazione di circa lo 0,1% di cloro attivo), mentre entrambe le frazioni sono state poi lavate tre volte con tampone fosfato di sodio 0,5 M (Korlević et al. 2015). L'ipoclorito di sodio può aumentare la proporzione di sequenze endogene, riducendo talvolta la contaminazione umana, anche se nella maggior parte dei casi comporta librerie meno complesse. Il tampone fosfato favorisce il rilascio del DNA adsorbito sulla superficie ossea, competendo con i gruppi fosfato del DNA per il legame all'idrossiapatite, principale componente inorganico della matrice ossea (Korlević e Meyer 2019).

## Estrazione

L'estrazione del DNA è stata condotta come descritto precedentemente (es. Bennett et al. 2022). Questa fase è stata svolta all'interno della seconda sala designata del laboratorio, sotto una cappa a flusso laminare. Durante questo passaggio, la polvere di osso è stata incubata sequenzialmente in aliquote da 1 mL ciascuna di un tampone composto da 0,5 M di sale disodico dell'EDTA (acido etilendiamminotetraacetico sodico) a pH 8, 250 µg/mL di proteinasi K, 0,14 M di β-mercaptoetanolo e 0,05% di Tween 20.

- L'EDTA agisce come agente chelante per i cationi divalenti come  $\text{Ca}^{2+}$  (componente della matrice ossea) e  $\text{Mg}^{2+}$ , inibendo le nucleasi potenzialmente presenti durante l'estrazione.
- La proteinasi K degrada le strutture proteiche che legano il DNA, facilitandone il rilascio e la successiva purificazione.

- Il  $\beta$ -mercaptoetanololo è un agente riducente che denatura le proteine rompendo i ponti disolfuro, contribuendo inoltre a mantenere un ambiente riducente che protegge il DNA dalla degradazione ossidativa durante l'isolamento.
- Il Tween 20 è un detergente che altera le interazioni lipidiche nelle membrane cellulari, favorendo il rilascio del contenuto cellulare e limitando le interazioni del DNA con le pareti delle provette.

Questo tampone di estrazione degrada l'idrossiapatite e il collagene, i due principali componenti della matrice ossea, rilasciando così il DNA dal campione.

## Purificazione

Il DNA deve essere purificato dai reagenti del tampone di estrazione e da altre sostanze come acidi umici e fulvici, tannini, prodotti della porfirina, composti fenolici, collagene di tipo I e prodotti della reazione di Maillard (Glocke e Meyer 2017).

La purificazione è avvenuta come descritto in studi precedenti (es. Bennett et al. 2022), utilizzando colonne con membrana in silice collegate a un collettore a vuoto (Gorgé et al. 2016) e applicando due protocolli differenti per ciascun campione, in considerazione della variabilità dell'effetto dei diversi tamponi di purificazione sul recupero del DNA e sulla rimozione degli inibitori, valutabile solo tramite test sperimentali diretti:

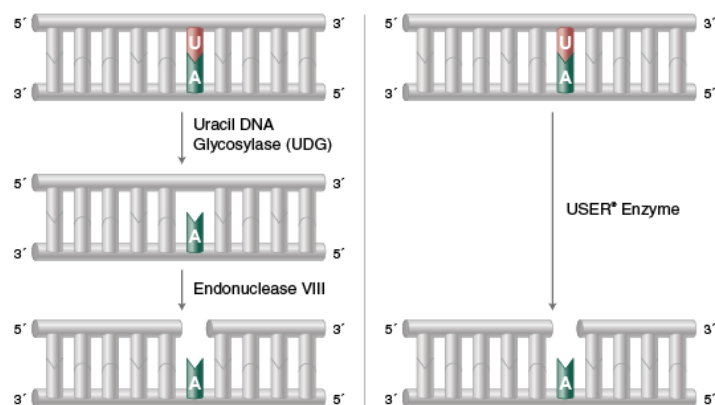
1. Un tampone di legame composto da 5 M guanidina HCl e 40% isopropanolo (5M40), come descritto da Dabney et al. (2013);
2. un tampone di legame composto da 2 M guanidina HCl e 70% isopropanolo (2M70), come descritto da Glocke e Meyer (2017).

Dopo la miscelazione rispettivamente con 500  $\mu$ L e 200  $\mu$ L dell'estratto grezzo, la soluzione è stata caricata e aspirata attraverso la colonna di silice con una pompa a vuoto. Una volta completato il processo, la colonna è stata lavata due volte con 1000  $\mu$ L di tampone di lavaggio PE (contenente 80% etanolo, 20 mM NaCl, 2 mM Tris-HCl, pH 7,5), quindi centrifugata per asciugare. L'eluizione è stata eseguita due volte con 30  $\mu$ L ciascuno di tampone TET irradiato con UV (10 mM Tris/HCl pH 8, 1 mM EDTA pH 8, 0,05% Tween 20).

## Preparazione delle librerie

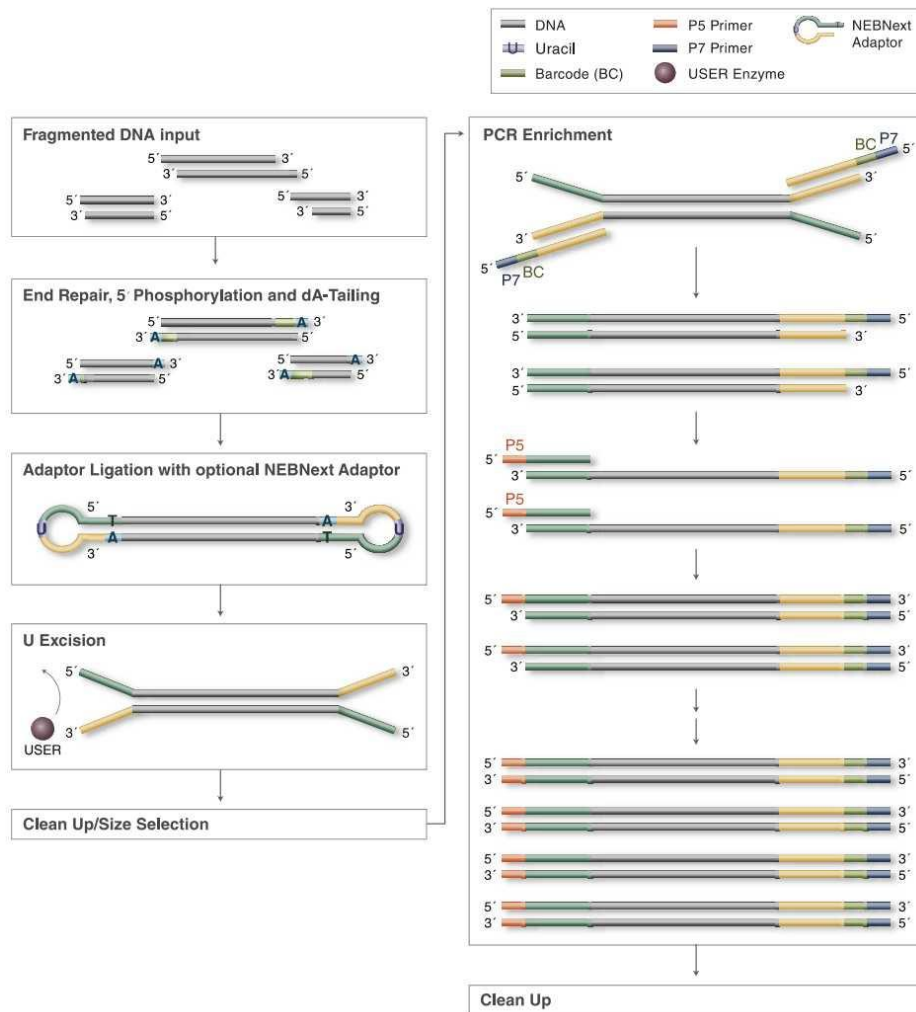
Il passo successivo è stato la preparazione delle librerie di DNA. In questa fase, adattatori e indici sono stati ligati alle estremità del DNA estratto. Gli adattatori, che consistono in sequenze note di DNA, consentono l'ancoraggio del DNA alla cella a flusso del sequenziatore, mentre gli indici, anch'essi sequenze note, permettono l'identificazione e la distinzione di ogni campione dopo il sequenziamento. La reazione a catena della polimerasi (PCR) è stata utilizzata per amplificare il DNA e arricchire le librerie; tuttavia, i suoi prodotti comportano un rischio di contaminazione. Per evitarlo, le fasi successive alla PCR sono state eseguite in un ambiente separato dal laboratorio di DNA antico e situato su un altro piano dell'edificio.

Il DNA antico è costituito da molecole frammentate e degradate, che presentano tipicamente basi mancanti su entrambi i filamenti. La depurinazione, ovvero la perdita di una base purinica (adenina o guanina) da un nucleotide a causa della rottura del legame chimico con conseguente frammentazione, è un fenomeno comune. Un'altra caratteristica del DNA antico è la presenza di uracile, derivante dalla deaminazione della citosina. La presenza di uracile provoca errori di sequenziamento, poiché durante l'amplificazione delle librerie le polimerasi leggono l'uracile come timina (T), introducendo così errori come sostituzioni C→T e G→A. Per affrontare questo problema, il DNA è stato pre-trattato con il mix enzimatico USER (New England Biolabs) prima della costruzione delle librerie. Questo trattamento enzimatico pre-ligazione ha rimosso l'uracile, prevenendo quindi errori di sequenziamento successivi. Sono presenti due enzimi nel mix USER: la uracil-DNA glicosilasi (UDG), che rimuove la base uracile, e l'endonucleasi VIII, che taglia la molecola di DNA nei siti dove l'uracile è stato rimosso, eliminando così i siti abasici risultanti.



**Figura 42.** La uracil-DNA glicosilasi (UDG) catalizza la rimozione di una base uracile, generando un sito abasico (apirimidinico) senza alterare lo scheletro fosfodiesterico. L'attività liasica dell'endonucleasi VIII scinde lo scheletro fosfodiesterico sui lati 3' e 5' del sito abasico, rilasciando il desossiribosio privo di base. L'enzima USER (Uracil-Specific Excision Reagent) integra queste due attività enzimatiche per generare un'interruzione a singolo nucleotide nella posizione del residuo di uracile (neb.com)

Dopo questo procedimento, è stata eseguita la riparazione delle estremità delle molecole di DNA, al fine di rendere tali estremità lisce (*blunt-end*) e dotate di un gruppo fosfato in 5', mediante l'azione combinata della chinasi polinucleotide del fago T4 e della DNA polimerasi del fago T4. Successivamente, è stato applicato un trattamento enzimatico con una DNA polimerasi commerciale, a formulazione non dichiarata, in grado di aggiungere una singola base adenina (dA) all'estremità 3' dei frammenti, come previsto dal protocollo del kit *NEBNext Ultra II DNA Library Prep* per piattaforme Illumina. In seguito, alle estremità 3' con sporgenza dA è stato ligato un adattatore a forma di Y, non indicizzato, contenente una sporgenza di timina (dT) all'estremità 5', complementare alla dA. Le librerie così ottenute sono state infine sottoposte a una prima amplificazione mediante PCR.

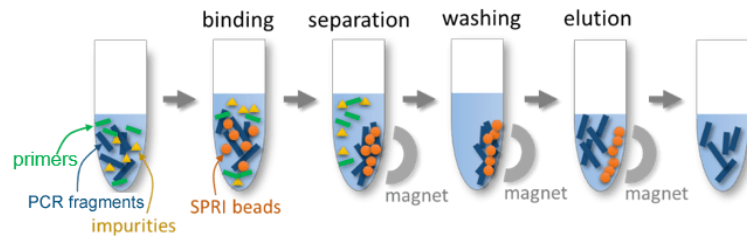


**Figura 43.** Workflow riguardante l'utilizzo del NEBNext Ultra II DNA Library Prep Kit per Illumina (protocols.io)

A questo punto, sono stati aggiunti primer di indicizzazione, brevi sequenze di DNA che vengono attaccate alle estremità dei frammenti in un secondo ciclo di PCR, consentendo sia il legame alla cella a flusso durante il sequenziamento Illumina, sia la distinzione tra campioni multipli nella stessa corsa di sequenziamento (funzionando, di fatto, come codici a barre). Sono stati aggiunti due volte 4  $\mu\text{L}$  di primer indicizzati (*barcoded*) a una concentrazione di 20  $\mu\text{M}$ . Dopo la costruzione delle librerie indicizzate, è stata effettuata un'ulteriore amplificazione PCR. Le librerie sono quindi state incubate a 37 °C per 30 minuti con esonucleasi I, al fine di rimuovere gli adattatori non incorporati.

La purificazione del DNA è stata quindi eseguita mediante la tecnica SPRI (*Solid-Phase Reversible Immobilization*), utilizzando polietilenglicole e cloruro di sodio (NaCl) in presenza di biglie magnetiche, che legano selettivamente il DNA. Le impurità e i contaminanti sono

stati eliminati attraverso lavaggi con etanolo, e il DNA è stato infine risospeso in tampone TET. Al termine di questa fase, il DNA purificato è stato quantificato mediante strumenti come il BioAnalyser, il Qubit e una reazione di qPCR, al fine di stimarne la molarità. Tale stima è fondamentale per calcolare la diluizione corretta in vista del passaggio successivo: il sequenziamento.



**Figura 44.** Purificazione mediante la tecnica SPRI (nucleusbitech.com)

## Sequenziamento

L'ultima fase ha previsto la denaturazione delle librerie nei rispettivi filamenti singoli e il loro sequenziamento tramite piattaforma Illumina MiSeq, una delle tecnologie più diffuse nel campo del Next-Generation Sequencing (NGS).



**Figura 45.** Sequenziatore Illumina MiSeq

Il MiSeq è una piattaforma di sequenziamento su piccola scala sviluppata da Illumina, basata sulla tecnologia di sequenziamento per sintesi. È in grado di sequenziare circa 35 milioni di molecole in 16 ore. I frammenti di DNA, una volta ligati a adattatori specifici, vengono caricati su una cella da flusso che presenta oligonucleotidi complementari immobilizzati sulla sua superficie. Ogni frammento viene quindi amplificato in cluster tramite un processo di

amplificazione a ponte (*bridge amplification*). Durante il sequenziamento, nucleotidi fluorescenti marcati (A, T, G, C) vengono incorporati uno alla volta nei nuovi filamenti di DNA. Dopo ogni incorporazione, il sequenziatore acquisisce un'immagine per identificare la base aggiunta secondo il segnale fluorescente emesso. Questa tecnologia consente di leggere da milioni a miliardi di sequenze in parallelo (a seconda della piattaforma Illumina utilizzata), fornendo dati altamente accurati in tempi relativamente brevi.

## Analisi bioinformatiche

Una volta ottenuti i dati di sequenziamento, sotto forma di file FASTQ, sono state avviate le analisi bioinformatiche. Dopo la rinominazione dei file, è stato eseguito un primo controllo di qualità delle sequenze tramite FastQC (Andrews s.d.), e i report risultanti sono stati aggregati utilizzando MultiQC (Ewels et al. 2016). Successivamente, è stato impiegato il tool leeHom (Renaud, Stenzel, e Kelso 2014) per unire i *paired-end reads* e rimuovere le sequenze degli adattatori.

Le *reads* sono state poi filtrate per eliminare quelle di lunghezza pari o inferiore a 28 paia di basi. In seguito, le sequenze sono state allineate ai genomi di riferimento utilizzando l'algoritmo BWA (Burrows–Wheeler Alignment) (Li e Durbin 2009), generando file in formato SAM, successivamente filtrati e convertiti in formato BAM mediante Samtools (Li et al. 2009), con esclusione delle *reads* non mappate. I genomi di riferimento utilizzati sono stati i seguenti:

- Bue (*Bos taurus*, GCA\_002263795.2)
- Pecora (*Ovis aries*, GCA\_000298735.2)
- Gatto (*Felis catus*, GCA\_000181335.4)
- Cavallo (*Equus caballus*, GCA\_000002305.1)
- Umano (*Homo sapiens*, GCA\_000001405.29)
- Camoscio (*Rupicapra rupicapra*, GCA\_963981305.1)
- Cervo (*Cervus elaphus*, GCF\_910594005.1)
- Alce (*Alces alces*, GCA\_964270355.1)
- Daino (*Dama dama*, GCF\_033118175.1)

I duplicati derivanti dall'amplificazione PCR sono stati rimossi utilizzando il software Picard («Picard» s.d.). Le *reads* sono state ulteriormente filtrate per mantenere solo quelle con un

punteggio di qualità di mappatura (MAPQ) pari o superiore a 10, per ciascun genoma di riferimento. Con Samtools è stato poi contato il numero di *reads* per ciascun file, generando un report finale.

A fini descrittivi e statistici, i file BAM sono stati convertiti in formato SAM per calcolare la lunghezza delle sequenze, la media e la mediana per ciascun campione, producendo un report riepilogativo. Considerata l'origine antica del DNA, le molecole presentano schemi di deaminazione caratteristici e altre firme di danno, che sono state analizzate mediante il software mapDamage (Jónsson et al. 2013), generando rappresentazioni grafiche dei pattern di danneggiamento.

## Capitolo 6. Risultati

### 6.1 Datazioni al radiocarbonio

I risultati delle datazioni al radiocarbonio collocano con certezza il materiale nel Neolitico tardo. Le date calibrate ( $2\sigma$ , probabilità del 95,4%) variano dal 3942 BCE al 3373 BCE. La maggior parte dei campioni si concentra tra il 3770 e il 3650 BCE, suggerendo una fase di occupazione intensa o prolungata all'interno di questo intervallo cronologico.

Codice identificativo	Quadrato+Tg/US	Datazione (BCE)	Probabilità	Datazione (BCE)	Probabilità	C/N
MRT 223	H11 tg 13	3525-3379	68.3	3622-3374	95.4	3.25
MRT 297	M14 tg 14	3527-3378	68.3	3625-3373	95.4	3.19
MRT 514	M14 tg 19	3633-3531	68.3	3635-3527	95.4	3.19
AB1 4974	M14 tg 19	3636-3533	68.3	3640-3528	95.4	3.21
AB1 6181	H14 tg 20	3756-3653	68.3	3770-3650	95.4	3.21
MRT 261	H11 tg 17	3762-3654	68.3	3776-3650	95.4	3.13
MRT 510	M14 tg 17	3780-3709	68.3	3895-3654	95.4	3.20
MRT 522	M13-14 US 234	3895-3711	68.3	3942-3656	95.4	3.14

**Tabella 5.** Risultati delle nuove datazioni al radiocarbonio

I campioni MRT 522 e MRT 510 hanno restituito gli intervalli calibrati più antichi, con MRT 522 compreso tra il 3942 e il 3656 BCE e MRT 510 tra il 3895 e il 3654 BCE. Queste datazioni più antiche potrebbero indicare le fasi iniziali di attività nell'area. Al contrario, MRT 223 e MRT 297 hanno restituito le datazioni più recenti, con intervalli  $2\sigma$  rispettivamente tra il 3622 e il 3374 BCE e tra il 3625 e il 3373 BCE, segnando la fine della sequenza.

### 6.2 Analisi archeozoologiche e ZooMS

L'analisi dei 265 reperti archeofaunistici de La Maddalena di Chiomonte, effettuata integrando metodologia archeozoologica tradizionale e analisi ZooMS, mostra una composizione faunistica mista, con presenza significativa di *taxa* sia domestici che selvatici. Il calcolo del NISP (*Number of Identified Specimens*) mostra una prevalenza di ovicaprini tra le **specie domestiche** (28% dei resti totali), con una prevalenza di capre rispetto alle pecore. Nonostante il NISP totale per tali animali non abbia subito differenze utilizzando le due

tipologie di indagine, l'integrazione delle analisi morfologiche con il metodo ZooMS ha consentito una migliore distinzione tra capra e pecora. Seguono bovini e suini, ma solamente in pochi casi è stato possibile distinguere maiale da cinghiale. Sono inoltre presenti resti di cane domestico. Tra i **taxa selvatici** emerge una netta prevalenza di resti di cervo, che costituisce circa il 15% del totale dei resti analizzati. Sono poi presenti in quantità minore altri erbivori tipici della fauna alpina quali lo stambecco, il camoscio e il capriolo. A completare il quadro della fauna selvatica figurano infine alcuni resti di carnivoro: sono presenti l'orso, la lince (*Lynx* sp.) e il tasso (*Meles meles*).

L'integrazione tra analisi morfologica e metodo ZooMS ha consentito una significativa riduzione del numero di resti ossei non determinati, dal 24% al 4% del totale. Gli undici reperti che non è stato possibile identificare a livello tassonomico hanno mostrato un'assenza totale o una cattiva preservazione del collagene, condizione che ha impedito di ottenere spettri di massa adeguati. Tra questi, due esemplari presentavano evidenti tracce di esposizione a temperature elevate (arrostimento e/o carbonizzazione), condizione nota per compromettere irreversibilmente la struttura del collagene, motivo per cui non sono stati sottoposti ad analisi biomolecolari. I restanti campioni hanno prodotto spettri non diagnostici, verosimilmente a causa di condizioni tafonomiche sfavorevoli legate al contesto sedimentario.

Tenendo in considerazione solamente le analisi ZooMS, tra i 138 resti analizzati con tale metodologia 44 sono stati identificati al livello di famiglia (43 Bovidae/Cervidae, 1 Bovidae/Cervidae/Suidae) e 35 a livello di genere (*Capra* sp.). 21 resti non hanno restituito collagene sufficientemente conservato, condizione imputabile a degrado termico e/o chimico-ambientale. La stabilità delle proteine contenute nelle ossa, infatti, dipende dalla composizione chimica del deposito archeologico e dalla temperatura a cui i resti sono stati esposti. In ambienti a pH acido i cristalli di bioapatite tendono a dissolversi, esponendo la matrice organica a processi di degrado microbiologico. Al contrario, in suoli a pH neutro o alcalino, la componente minerale risulta più resistente. La conservazione del collagene è quindi determinata da fattori quali la composizione chimica del sedimento, la dinamica idrologica del sito e le modalità di trattamento termico cui le ossa sono state sottoposte (Collins et al. 2002; Kendall et al. 2018). I restanti 38 reperti sono stati invece identificati a livello specifico. Integrando i dati ottenuti con osservazioni morfologiche, 19 resti hanno mantenuto un'identificazione al livello di famiglia (Bovidae/Cervidae), 5

determinazione dubbia tra *Cervus elaphus* e *Bos taurus*, e 12 sono stati identificati a livello di genere (*Capra* sp.).



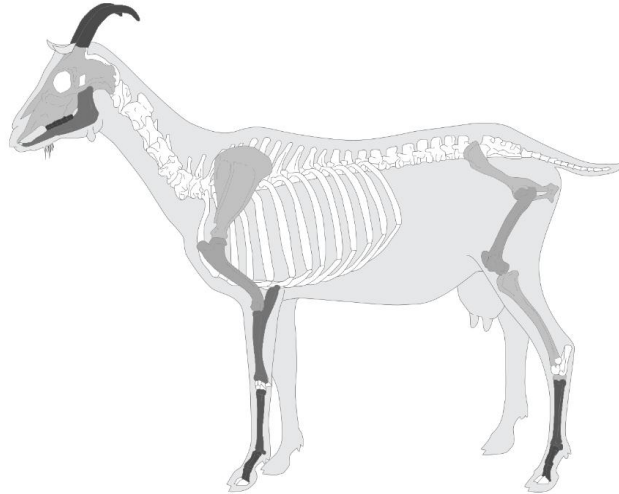
**Grafico 1.** NISP (*Number of Identified Specimens*) dei reperti analizzati. Le barre turchesi mostrano i conteggi NISP ottenuti con sola identificazione morfologica, le barre viola i conteggi ottenuti con integrazione di analisi morfologica e metodo ZooMS per le diverse categorie tassonomiche

Per quanto riguarda la distribuzione anatomica dei reperti analizzati, è complessivamente emersa una netta prevalenza di ossa provenienti dal distretto degli arti (151 reperti), seguito dal cranio (82 reperti) e dallo scheletro assiale (32 reperti).

<b>Cranio</b>	<b>tot. 82</b>	
Neurocranio		29
Mandibole		16
Denti		37
<b>Scheletro assiale</b>	<b>tot. 32</b>	
Vertebre		8
Coste		3
Bacino		8
Scapole		13
<b>Arti</b>	<b>tot. 151</b>	
Ossa lunghe		58
Metapodiali		39
Carpali-Tarsali		13
Falangi		41

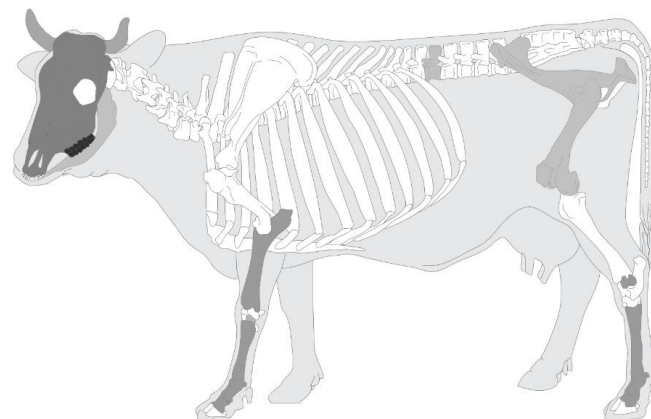
**Tabella 5.** Distribuzione anatomica dei reperti analizzati totali

La distribuzione anatomica dei reperti rinvenuti per ciascuna specie fa emergere alcune differenze tra forme domestiche (bovini e ovicaprini) e selvatiche (bovidi e cervidi). Per quanto riguarda i resti di *Bos taurus*, oltre la metà è costituita da elementi craniali. Oltre a frammenti di neurocranio, denti ed emimandibole, sono presenti due frammenti di corno; seguono elementi degli arti anteriori e posteriori, mentre gli unici elementi dello scheletro assiale sono costituiti da un frammento vertebrale e uno coxale. Gli ovicaprini mostrano anch'essi una prevalenza di elementi craniali, che costituiscono circa il 43% dei resti analizzati di capra, pecora e *Ovis vel Capra*. Seguono ossa distali quali falangi e metapodiali (circa 30%) e altri elementi riconducibili principalmente agli arti anteriori. La capra domestica mostra una distribuzione anatomica simile a quella dei bovini, con circa il 60% di elementi craniali, tra cui 12 frammenti di corno. Gli arti anteriori sono rappresentati da circa il 23% dei resti, mentre non vi sono reperti chiaramente riconducibili agli arti posteriori. Le falangi costituiscono poi circa il 18% di resti identificati come *Capra hircus*. Nel caso della pecora, i resti provenienti dal distretto craniale, come denti e frammenti di emimandibole, sono minori (35%). A differenza delle capre, gli arti posteriori sono maggiormente rappresentati rispetto agli arti anteriori, mentre le falangi costituiscono il 24% dei reperti.



Dessin : Michel Coutureau (Inrap), Vianney Forest (Inrap), 1996. Révision : Jérémie Chombart (Direction de l'Archéologie, Conseil départemental Pas-de-Calais), 2023.  
[Source : Barone (Robert). — Anatomie comparée des mammifères domestiques, Tome I Ostéologie - atlas, Paris : Vigot, 1976, pl. 8, p. 23.]

**Figura 46.** Rappresentazione grafica della distribuzione anatomica dei resti di ovicaprino (con i distretti maggiormente rappresentati di colore più scuro)

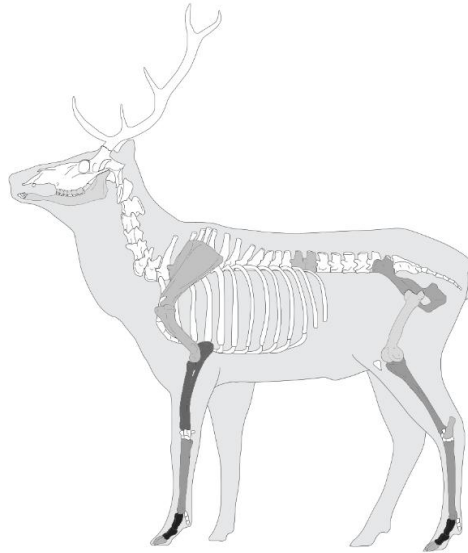


Dessin : Michel Coutureau (Inrap), Vianney Forest (Inrap), 1996. Révision : Jérémie Chombart (Direction de l'Archéologie, Conseil départemental Pas-de-Calais), 2024.  
[Source : Barone (Robert). — Anatomie comparée des mammifères domestiques, Tome I Ostéologie - atlas, Paris : Vigot, 1976, pl. 7, p. 22.]

**Figura 47.** Rappresentazione grafica della distribuzione anatomica dei resti di bovino (con i distretti maggiormente rappresentati di colore più scuro)

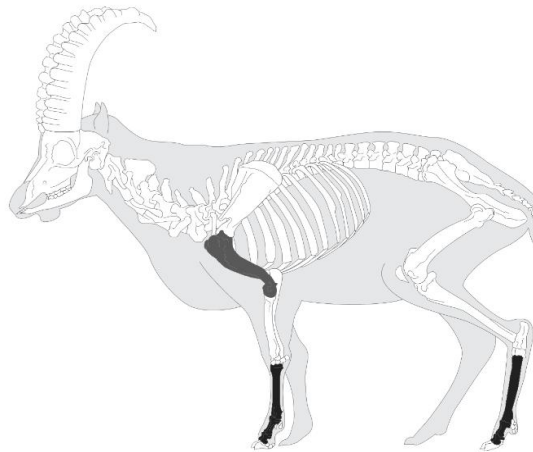
Al contrario delle specie domestiche, gli ungulati selvatici (cervo, stambecco, camoscio e capriolo) mostrano una forte prevalenza di resti appendicolari e un minor numero di resti craniali. Per quanto riguarda *Cervus elaphus*, solamente circa il 5% dei resti sono costituiti da denti o emimandibole, e non sono presenti palchi. Lo stesso valore percentuale rappresenta gli elementi riconducibili allo scheletro assiale. La grande maggioranza dei resti proviene infatti dagli arti anteriori (37%) e posteriori (24%), così come dalle estremità distali, con la presenza di un 29% di falangi. Un simile quadro si presenta per quanto riguarda *Capra ibex*, con assenza di elementi del cranio e più della metà degli elementi provenienti dagli arti anteriori

degli animali, oltre a un 36% di falangi e pochi resti degli arti posteriori. Camoscio e capriolo, nonostante la scarsità di reperti, sono anch'essi rappresentati da ossa lunghe ed elementi appendicolari.



Dessin : J.-G. Ferrière, 2004, Révision : Jérémie Chombart (Direction de l'Archéologie, Conseil départemental Pas-de-Calais), 2024.  
D'après : Cédric Beauval, Michel Coutureau - Dessin du squelette de renne, ArcheoZoo.org, 2003.

**Figura 48.** Rappresentazione grafica della distribuzione anatomica dei resti di cervo (con i distretti maggiormente rappresentati di colore più scuro)

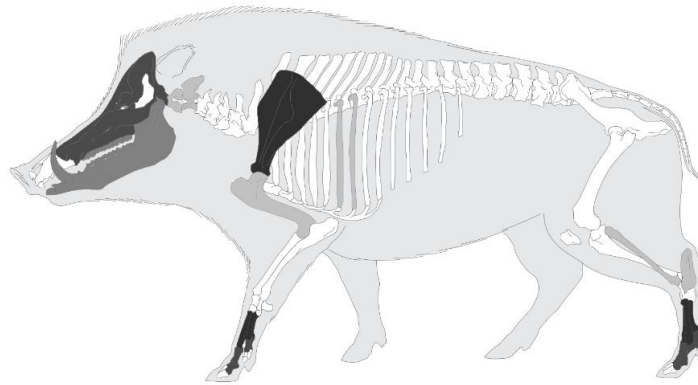


© 2015 ArcheoZoo.org / Michel Coutureau (Inrap)  
D'après : Lydskjeller (Richard), Scierer (Philip Lasker). — The royal natural history. Volume II. London : Warne and Co, 1894, p. 235.  
< <http://www.biodiversitylibrary.org/item/76543#page/263#mode/1up> >

**Figura 49.** Rappresentazione grafica della distribuzione anatomica dei resti di stambecco (con i distretti maggiormente rappresentati di colore più scuro)

Per quanto riguarda i suini, il distretto anatomico meglio rappresentato è quello costituito dalle appendici distali, con un 33% dei resti. Seguono elementi craniali (circa 30%) ed emerge

un 20% di frammenti scapolari. Gli elementi dello scheletro assile sono meglio rappresentati rispetto alle altre specie presenti, anche se non troppo abbondanti.



Dessin Michel Coutureau (Inrap), 2003. Révision : Jérémie Chombart (Direction de l'Archéologie, Conseil départemental Pas-de-Calais), 2024.  
[Source : Pales (Léon), Garcia (Michel A.). — Atlas ostéologique pour servir à l'identification des Mammifères du Quaternaire - Carnivores-Homme. Paris : CNRS éditions, 1981, pl. 45.]

**Figura 50.** Rappresentazione grafica della distribuzione anatomica dei resti di suino (con i distretti maggiormente rappresentati di colore più scuro)

Circa il 16% delle ossa analizzate sono state arrostiti, ossia hanno assunto una colorazione rossastra da riscaldamento, tipica dell'esposizione al fuoco a bassa temperatura o per breve durata. Un ulteriore 16% presenta superfici "bruciacchiate", con macchie nere di bruciatura parziale. Ci sono anche evidenze di combustione intensa: 6 frammenti risultano carbonizzati (neri, completamente bruciati) e 3 calcinati (bianchi e fragili, tipico di esposizione prolungata a temperatura molto alta, in cui la materia organica è del tutto combusta). Tutti i resti carbonizzati o calcinati sono stati identificati come cervo oppure ovicaprino, con l'eccezione di un resto indeterminato. Inoltre, 15 reperti hanno assunto un aspetto bianco gessoso, con consistenza friabile. I restanti reperti risultano di consistenza dura ma senza segni evidenti di combustione, di colore grigiastro, giallognolo o dall'aspetto "porcellanaceo", forse perché sottoposti a bollitura per estrazione di grasso e midollo.



**Figura 51.** Esempi delle diverse tipologie di abito riscontrate. In alto a sinistra: cotto (indefinito) (MRT 725 - omero di *Rupicapra rupicapra*); in alto al centro: arrossato/arrostito (MRT 831 – metacarpo di *Capra ibex*); in alto a destra: bianco gessoso (MRT 846 – astragalo di *Bos taurus*); in basso a sinistra: bruciacchiato (MRT 1001 – omero di *Capra hircus*); in basso al centro: carbonizzato (MRT 978 – tibia di *Cervus elaphus*); in basso a destra: calcinato (MRT 999 – Radio-Ulna di *Cervus elaphus*)

Le ossa si presentano generalmente frammentate, con un 20% composto principalmente da denti e alcuni altri elementi come astragali, falangi e ossa carpali/tarsali, che si sono conservati interamente. Ciò è però imputabile alla loro maggiore resistenza alle modificazioni tafonomiche grazie alla loro struttura compatta e al fatto che erano raramente oggetto di sfruttamento alimentare o di lavorazione. Per quanto riguarda le falangi, solamente poco più della metà (22 su 41) risulta intera, a suggerire una loro frammentazione intenzionale al fine di estrarre il midollo contenuto al loro intero (Solano-García e Moigne 2025), come già notato durante lo studio pilota (Fedele 1989, 2002b).



**Figura 52.** Esempi di prime falangi di *Rupicapra rupicapra* (MRT 678) e *Cervus elaphus* (MRT 856) fratturate longitudinalmente

Oltre alle fratture da macellazione e ai segni di combustione, sui reperti sono state rilevate altre modificazioni di origine antropica o biologica utili per ricostruire le attività sul sito. Su 22 reperti sono stati identificati segni di taglio (*cut marks*) che attestano fasi del processo di macellazione quali scuoiatura ed eviscerazione delle carcasse. I tagli sono presenti su diverse parti anatomiche: i segni sulle falangi sono probabilmente legati allo scuoiamento e al distacco dei piedi dallo stinco, mentre quelli presenti sugli omeri sono indicativi della separazione dell'arto anteriore. I segni rilevati su alcune coste sono riconducibili all'estrazione della carne intercostale e all'apertura della gabbia toracica, mentre quelli presenti su tibie e femori possono essere associati al disosso degli arti posteriori.

Da un punto di vista tassonomico, le ossa con *cut marks* appartengono per la maggior parte al cervo, ma sono presenti anche su resti di suino, ovicaprino e bovide/cervide. Interessante è la presenza di un segno di taglio sul metapodiale di un giovane individuo di orso bruno. Circa il 5% dei resti totali presenta inoltre segni di rosicchiatura da parte di carnivori, più o meno evidenti. Data la presenza nel sito del cane (3 resti identificati), è plausibile che questo animale domestico avesse accesso agli scarti alimentari. Sono inoltre frequenti tracce tafonomiche lasciate dalle radici.



**Figura 53.** A sinistra: astragalo di *Bos taurus* riportante *cut marks*; a destra: processo articolare di epistrofeo appartenuto a *Capreolus capreolus* riportante tracce di masticazione

Data la natura fortemente frammentaria delle ossa analizzate e la presenza di denti isolati, non è stato possibile determinare in modo dettagliato l'età della fauna presente. In totale, vi sono undici resti con epifisi non fuse, ad indicare la giovane età degli individui. Tra questi, un radio e un omero sono stati attribuiti genericamente a Bovidae/Cervidae (giovani di grossa taglia,

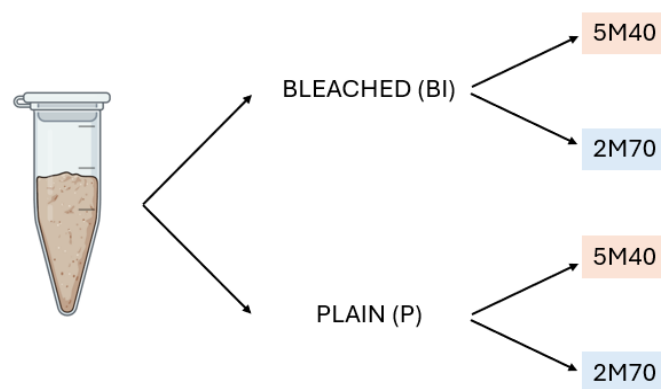
forse vitelli o cerbiatti). Vi sono inoltre un metapodio di suino, verosimilmente cinghiale, con condilo distale non fuso e un femore indeterminato con testa epifisaria non del tutto fusa. Un'emimandibola di *Capra hircus* presenta dentatura decidua (dP4 e frammenti di dP2-3), mentre per *Ovis aries* è presente un incisivo da latte intero. Per quanto riguarda i denti di bovino, un primo o secondo molare inferiore non completamente sviluppato indica la presenza di un individuo immaturo nel campione. Infine, un frammento di metapodiale di *Ursus arctos* risulta non totalmente fuso.



**Figura 54.** Esempi di ossa non fuse appartenute ad individui non adulti. A sinistra: metapodiale di *Ursus arctos*; a destra: condilo distale di un metapodiale determinato come *Sus* sp.

### 6.3 Analisi aDNA

Sono state costruite complessivamente dodici librerie (**3 campioni** x 2 frazioni di polvere *bleached* (BI) vs *plain* (P) - x 2 protocolli di purificazione **5M40** vs **2M70**).



**Figura 55.** Schema riassuntivo dei trattamenti effettuati su ciascuno dei tre campioni analizzati tramite aDNA

Il sequenziatore Illumina legge prima l'estremità 1 (R1) della molecola e poi l'estremità opposta (R2), dando dunque una coppia di *reads* provenienti dallo stesso frammento ma in direzioni contrarie. Dal momento che la maggior parte dei frammenti di DNA antico è più corta del doppio della lunghezza di lettura, che in questo caso è di 75 nucleotidi, le due *reads* si sovrappongono e possono essere unite (*merged*) in un'unica sequenza più lunga e affidabile. Il controllo qualità post-sequenziamento è stato effettuato con leeHom per l'unione dei read paired-end e la rimozione degli adattatori, seguito dal filtraggio delle sequenze  $\leq 28$  bp. I risultati sono riassunti in tabella 6:

Sample	Total Reads	Merged (trimming)	Merged (overlap)	% Merged	Kept PE/SR	% Unmerged	Adapter dimers/chimeras	% Dimer	Reads>28bp	% >28bp
CLM3438_BI_2M70_U	224454	107317	4238	99,40%	437	0,39%	266	0,24%	93940	84,21%
CLM3438_BI_5M40_U	262530	127304	3151	99,38%	640	0,49%	205	0,16%	109603	84,02%
CLM3438_P_2M70_U	250546	121604	2982	99,45%	393	0,31%	335	0,27%	101038	81,10%
CLM3438_P_5M40_U	386138	188889	3204	99,49%	708	0,37%	382	0,20%	156286	81,36%
CLM4415_BI_2M70_U	228988	105657	7786	99,08%	499	0,44%	563	0,49%	98225	86,59%
CLM4415_BI_5M40_U	160194	73284	5763	98,69%	600	0,75%	460	0,57%	67586	85,50%
CLM4415_P_2M70_U	201244	86630	11054	97,08%	810	0,80%	2145	2,13%	86301	88,35%
CLM4415_P_5M40_U	217297	99994	7531	98,97%	785	0,72%	364	0,34%	91430	85,03%
CLM998_BI_2M70_U	150026	71126	3010	98,83%	359	0,48%	525	0,70%	53800	72,57%
CLM998_BI_5M40_U	297667	141680	5692	99,02%	1059	0,71%	450	0,30%	111275	75,51%
CLM998_P_2M70_U	272026	129579	5305	99,17%	659	0,48%	505	0,37%	97789	72,50%
CLM998_P_5M40_U	269670	128052	5544	99,08%	1065	0,79%	232	0,17%	101870	76,25%

**Tabella 6.** Risultati delle analisi condotte con leeHom

Di seguito, sono riportate alcune definizioni per comprendere meglio ogni voce riportata:

- **Total reads:** numero totale di sequenze grezze in uscita dal sequenziatore, dove sia R1 e R2 sono prese in considerazione;
- **Merged (trimming):** conteggio delle *reads paired-end* che sono state unite dopo la rimozione (*trimming*) degli adattatori e delle basi di bassa qualità, prodotte nel caso in cui l'intera sequenza dell'adattatore sia stata letta, come accade con frammenti molto corti. Si tratta di frammenti abbastanza brevi (inferiori a circa 70 bp) da permettere un riconoscimento certo della sequenza dell'adattatore. Dopo l'unione, la sequenza viene letta su entrambi i filamenti;
- **Merged (overlap):** *reads* unite sulla base del rilevamento di sovrapposizioni tra entrambi i filamenti, ma che non contengono adattatori rilevabili con certezza, corrispondenti a frammenti con lunghezze comprese tra oltre 70 bp e circa 140 bp (cioè il doppio della lunghezza di lettura, con una sovrapposizione di almeno 5 bp). Dopo l'unione, queste sequenze vengono lette solo parzialmente su entrambi i filamenti, nella parte centrale del frammento. Si può osservare nella tabella 6 che questi frammenti rappresentano nella maggior parte dei casi meno del 5% dei

frammenti completamente sovrapposti, indicando che la maggior parte dei frammenti presenti in questi estratti antichi ha una lunghezza inferiore a 70 bp;

- **% Merged:** percentuale di (merged trimming + merged overlap) rispetto al numero totale di coppie di lettura, ovvero metà della somma dei frammenti R1 + R2 riportati nella colonna “*Total reads*”;
- **Kept PE/SR:** numero di *reads* che non sono state unite, rimanendo come *paired-end* (PE) o *single-read* (SR). Queste rappresentano sia frammenti molto lunghi, sia sequenze di bassa qualità che contengono troppi errori per poter essere unite in modo affidabile;
- **% Unmerged:** porzione di *reads* non fuse, calcolate utilizzando il precedente valore “*Kept PE/SR*” – valori bassi (<1%) indicano che il dataset è composto principalmente da molecole corte, tipiche di campioni antichi o degradati;
- **Adapter dimers/chimeras:** molecole composte per intero (o in parte) da dimeri degli adattatori o da più complessi artefatti della ligazione;
- **% Dimer:** percentuale di molecole formate dalla ligazione di due adattatori, calcolata utilizzando il valore precedente;
- **Reads > 28 bp:** numero di sequenze con lunghezza utile ( $\geq 29$  bp) dopo aver applicato il filtro;
- **% > 28 bp:** percentuale di queste *reads* informative rispetto al numero totale di *reads* unite. Negli estratti analizzati in questo studio, almeno il 15% delle *reads* unite era troppo corto per essere mappato in modo affidabile successivamente.

Dal momento che durante questo esperimento circa 350 librerie sono state sequenziate simultaneamente su uno strumento MiSeq, fornendo circa 30-35 milioni di coppie di *reads*, il numero totale di *reads* ottenute da ogni libreria dei campioni chiomontini varia da  $0,7 \times 10^5$  a  $2 \times 10^5$  *reads* per libreria. A parità di campione e trattamento, il tampone di legame 5M40 ha restituito mediamente il 20-30% di sequenze in più rispetto a 2M70. Le percentuali di *reads* correttamente unite sono comprese fra il 98,7% e il 99,5%, ad eccezione della libreria CLM4415\_P\_2M70\_U che presenta un valore pari al 97,1 % perché contiene una percentuale maggiore di dimeri di adattatori. Valori così elevati indicano che la quasi totalità delle molecole ha una lunghezza inferiore alla somma delle due *reads* da 75 bp, come previsto per quanto riguarda DNA antico e frammentato. La frazione di *reads unmerged* è sotto l'1% in tutte le librerie, confermando un *trimming* adeguato e l'assenza di contaminazione da

frammenti troppo lunghi. La contaminazione da dimeri/chimere è trascurabile (0,15–0,71 %) tranne che per CLM4415\_P\_2M70\_U, dove raggiunge il 2,13%: tale anomalia potrebbe indicare che solamente una quantità molto piccola di DNA è stata ligata agli adattatori, lasciando un eccesso di adattatori liberi che si sono dimerizzati, oppure che la purificazione dai dimeri di adattatori durante il passaggio di purificazione SPRI della singola libreria è stata insufficiente. Poiché questa fase di purificazione avviene in formato a 96 pozzetti utilizzando una pipetta elettronica a 96 canali, non è possibile eliminare completamente la variabilità tra i pozzetti durante il processo di purificazione.

Dopo il filtraggio, la quota di sequenze > 28 bp varia:

- CLM3438 e CLM4415: 81–88 % – indicano una conservazione relativamente buona;
- CLM998: 72–76 % – riflette una maggiore frammentazione del DNA, con circa un quarto dei frammenti uniti al di sotto della soglia di affidabilità per la mappatura.

Dopo questo passaggio di unione e filtraggio per dimensione, le *reads* sono state inizialmente mappate su quattro genomi di riferimento di specie frequentemente studiate nel laboratorio (bovino, pecora, gatto e cavallo), oltre a *Homo sapiens* per rilevare eventuali contaminazioni. Questo approccio ha permesso innanzitutto di analizzare contemporaneamente librerie preparate da campioni di specie diverse, ma anche di ottenere informazioni sull'affidabilità dell'identificazione della specie dei campioni e sulla possibile presenza di contaminazione umana su ossa animali, che può verificarsi in particolare durante la fase di campionamento. Per i tre campioni neolitici piemontesi, questa strategia ha consentito di identificare quale genoma, tra diverse specie, fosse il più vicino ai campioni analizzati. Poiché il DNA antico è frammentato in pezzi molto brevi, alcune delle *reads* corte possono mappare su più di un genoma, siccome alcune regioni genomiche sono conservate tra specie diverse. Più le specie sono filogeneticamente vicine, maggiore è la proporzione di *reads* che possono mappare su entrambi i genomi.

I risultati ottenuti da questo primo passaggio di mappatura per i tre campioni sono riportati nella tabella seguente:

Sample	Cp	% Mapped <i>H. sapiens</i>	% Mapped <i>B. taurus</i>	% Mapped <i>O. aries</i>	% Mapped <i>E. caballus</i>	% Mapped <i>F. catus</i>
CLM3438_BI_2M70_U	15,61	1,43%	60,96%	35,32%	1,98%	1,70%
CLM3438_BI_5M40_U	16,14	1,52%	68,65%	39,19%	2,06%	1,81%
CLM3438_P_2M70_U	15,02	1,60%	63,70%	37,22%	2,11%	1,82%
CLM3438_P_5M40_U	15,14	1,88%	70,94%	41,20%	2,34%	2,04%

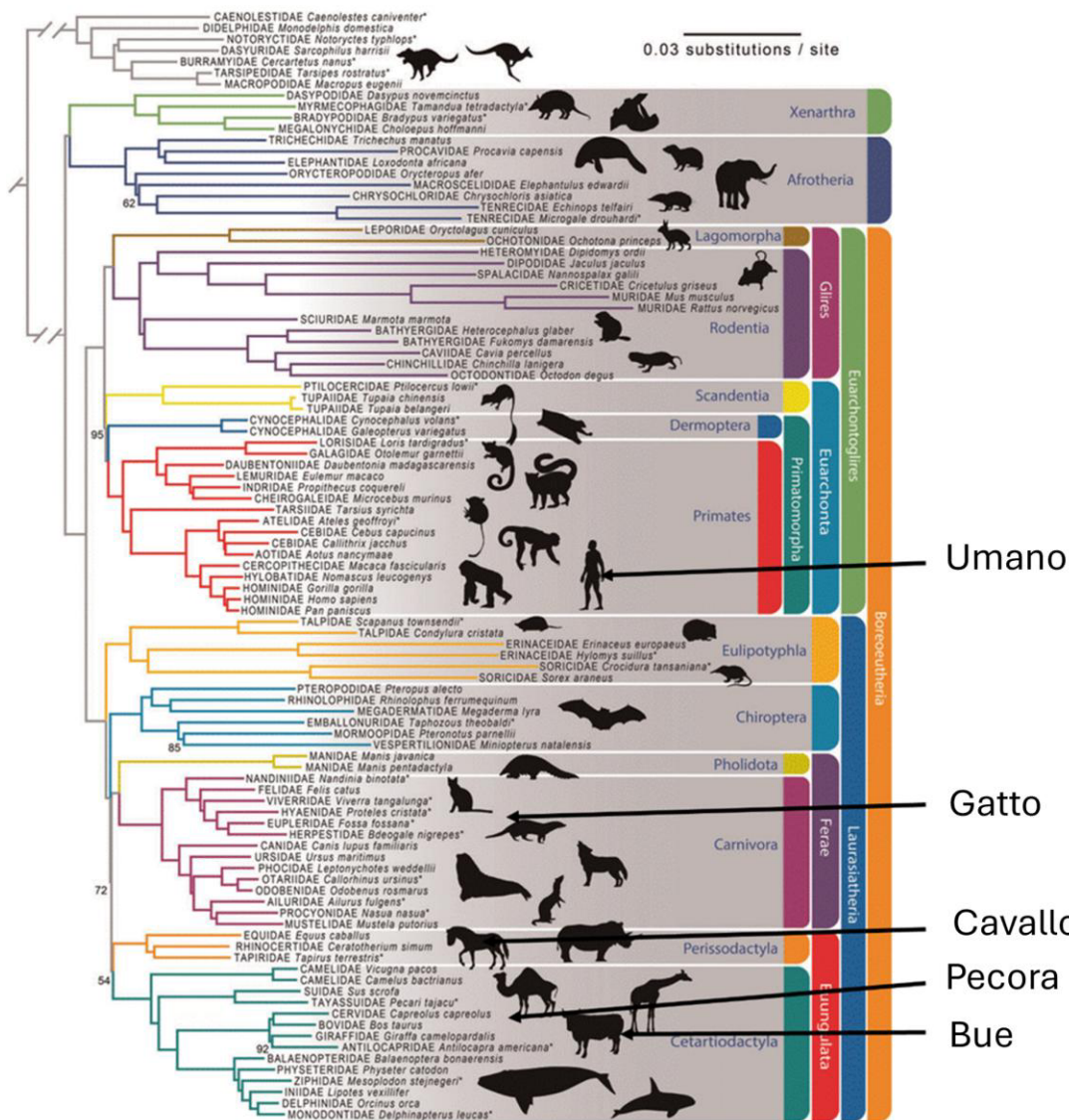
Sample	Cp	% Mapped <i>H. sapiens</i>	% Mapped <i>B. taurus</i>	% Mapped <i>O. aries</i>	% Mapped <i>E. caballus</i>	% Mapped <i>F. catus</i>
CLM998_BI_2M70_U	16,3	0,73%	12,11%	11,27%	0,88%	0,78%
CLM998_BI_5M40_U	17,77	0,60%	10,24%	9,74%	0,82%	0,71%
CLM998_P_2M70_U	17,25	0,52%	8,80%	8,32%	0,68%	0,63%
CLM998_P_5M40_U	17,77	0,60%	9,48%	8,89%	0,76%	0,68%

Sample	Cp	% Mapped <i>H. sapiens</i>	% Mapped <i>B. taurus</i>	% Mapped <i>O. aries</i>	% Mapped <i>E. caballus</i>	% Mapped <i>F. catus</i>
CLM4415_BI_2M70_U	16,95	0,76%	26,38%	16,04%	0,98%	0,84%
CLM4415_BI_5M40_U	16,92	0,74%	27,74%	16,67%	0,96%	0,88%
CLM4415_P_2M70_U	17,11	0,58%	19,69%	11,93%	0,77%	0,67%
CLM4415_P_5M40_U	16,97	0,68%	24,88%	14,76%	0,86%	0,76%

**Tabella 7. Cp (Crossing point):** valore misurato tramite qPCR sulla libreria, che indica il numero di cicli necessari affinché la fluorescenza superi una certa soglia. Valori di Cp più bassi corrispondono a concentrazioni maggiori della libreria; **% Mapped:** proporzione di *reads* mappate su un genoma specifico rispetto al totale delle *reads*

Si può notare come per due dei campioni, CLM3438 e CLM4415, le *reads* mappano con una netta preferenza per il genoma di *Bos taurus*, seguito da un migliore *mapping* sul genoma di pecora, evolutivamente più vicino a quello del bovino rispetto alle altre specie, come mostrato nell'albero filogenetico sottostante. Il campione CLM3438 contiene circa il 60-70% di DNA bovino, indicando che si tratta di un buon campione, mentre il contenuto endogeno di CLM4415 è più basso, intorno al 20-30%, un valore comunque utilizzabile per alcune analisi genomiche a risoluzione inferiore. La situazione di CLM998, più complessa, sarà discussa in seguito.



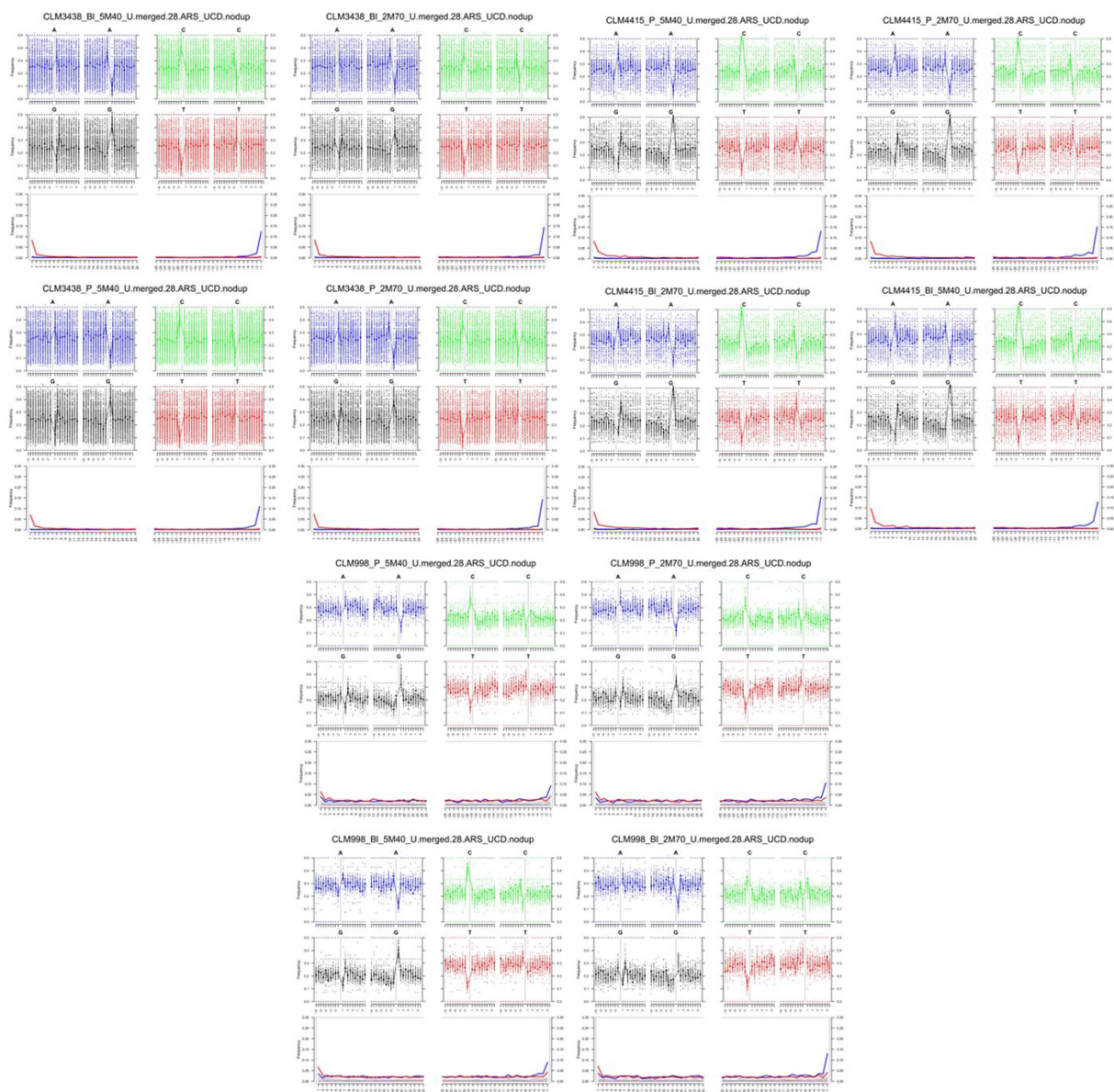
**Figura 56.** Albero filogenetico da Esselstyn et al. (2017) che mostra le relazioni tra i principali *taxa* di mammiferi. La posizione filogenetica della pecora, inizialmente non mostrata, è stata estrapolata da altri alberi filogenetici

La complessità delle librerie non può essere stimata a partire dalle *reads* di sequenziamento con questa bassa copertura, pensata solo per lo screening dei campioni, ma può essere stimata dal valore di Cp ottenuto dalla quantificazione della libreria tramite qPCR dopo la ligazione degli adattatori e prima di qualsiasi amplificazione PCR. Questi valori mostrano che il campione migliore in termini di contenuto endogeno, CLM3438, è anche il migliore in termini di complessità della libreria, poiché presenta il Cp più basso, intorno a 15, un valore tipico di buone (ma non eccellenti) librerie.

Si può prevedere una complessità inferiore per entrambi i campioni CLM4415 e CLM998, che hanno un Cp intorno a 17, un ritardo di 2 cicli che indica che contenevano circa 4 volte meno DNA rispetto a CLM3438. Il trattamento con candeggina ha avuto un effetto molto limitato sui valori di Cp delle librerie corrispondenti, indicando che nel complesso non ha distrutto grandi quantità di DNA. Il *bleaching* ha aumentato leggermente la resa dei campioni di qualità più bassa, CLM4415 e CLM998, mentre non ha avuto alcun effetto positivo sul campione migliore, CLM3438 (se qualche effetto c'è stato, è stato più dannoso che benefico).

Il protocollo 2M70 non ha aumentato in modo significativo la proporzione di DNA endogeno. L'effetto della candeggina e dell'uso di diversi tamponi di purificazione è molto variabile da campione a campione: in alcuni campioni antichi e molto degradati si può osservare un aumento di resa molto significativo, ma ciò non è avvenuto. La purificazione con 2M70 può permettere il recupero di frammenti di dimensioni più piccole quando la distribuzione dimensionale è molto ridotta, ma spesso non è efficiente nella rimozione degli inibitori, producendo frequentemente librerie meno complesse.

L'effetto del trattamento con candeggina dipende dalla distribuzione del DNA endogeno e ambientale rispetto alla matrice minerale dell'osso, e può distruggere sia il DNA endogeno che quello ambientale - talvolta nessuno dei due, talvolta selettivamente il DNA ambientale. Poiché quest'ultima condizione può portare a un miglioramento molto favorevole del contenuto di DNA endogeno, vale la pena provarlo in parallelo quando si vuole massimizzare la probabilità di recupero. Poiché l'effetto dei procedimenti di pre-trattamento e purificazione non può essere previsto, solo test sperimentali diretti possono determinarne l'utilità per ciascun campione. In questo caso, sarebbe stata sufficiente una semplice purificazione senza trattamento con candeggina.

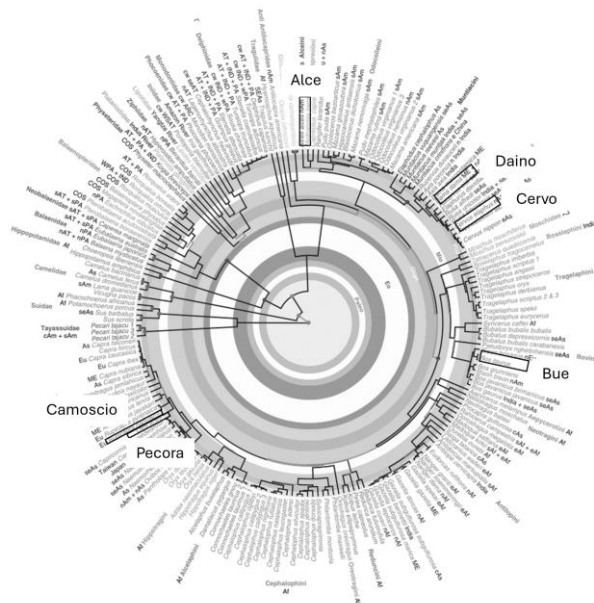


**Figura 57.** Analisi MapDamage

Il trattamento delle librerie con digestione USER pre-ligazione ha ridotto drasticamente le misincorporazioni interne, preservando però quelle essenziali per la validazione dell'antichità. La frequenza di C→T è passata da valori tipicamente elevati riportati in letteratura per librerie non sottoposte a trattamento UDG (Briggs et al. 2007) a circa 10% sul sito -2, restando invece elevata sul nucleotide terminale (-1), poiché l'enzima è particolarmente inefficiente nel rimuovere l'uracile in posizione terminale.

Durante il primo step di mappatura sui genomi di bovino, pecora, umano, gatto e cavallo, i campioni CLM3438 e CLM4415 hanno prodotto circa il doppio di *reads* mappate sul genoma bovino rispetto a quello ovino, mentre CLM998 ha restituito un numero simile di *reads* per entrambe le specie, suggerendo che fosse ugualmente distante filogeneticamente da bovini e ovini e quindi che non appartenesse a nessuna delle due specie. Poiché, parallelamente, non risultava imparentato con cavallo, gatto o umano - e risultava distante da queste specie quanto i due campioni di bovino - ciò ha suggerito che appartenesse a una specie non troppo lontana dai Bovini e dai Caprini, ma separatasi prima della divergenza tra questi due rami.

Dal momento che le analisi ZooMS avevano restituito un insieme di possibili bovidi e cervidi per questo campione, i cervidi erano i candidati più probabili. Per questo motivo, le librerie sono state nuovamente mappate ai genomi di camoscio (*Rupicapra rupicapra*, GCA\_963981305.1), cervo (*Cervus elaphus*, GCF\_910594005.1), alce (*Alces alces*, GCA\_964270355.1) e daino (*Dama dama*, GCF\_033118175.1), utilizzando le stesse impostazioni di allineamento. Tra questi, il camoscio era *a priori* il meno probabile, essendo evolutivamente più vicino alla pecora che al bovino, ma è stato comunque incluso per una dimostrazione più solida dell'identità del campione.



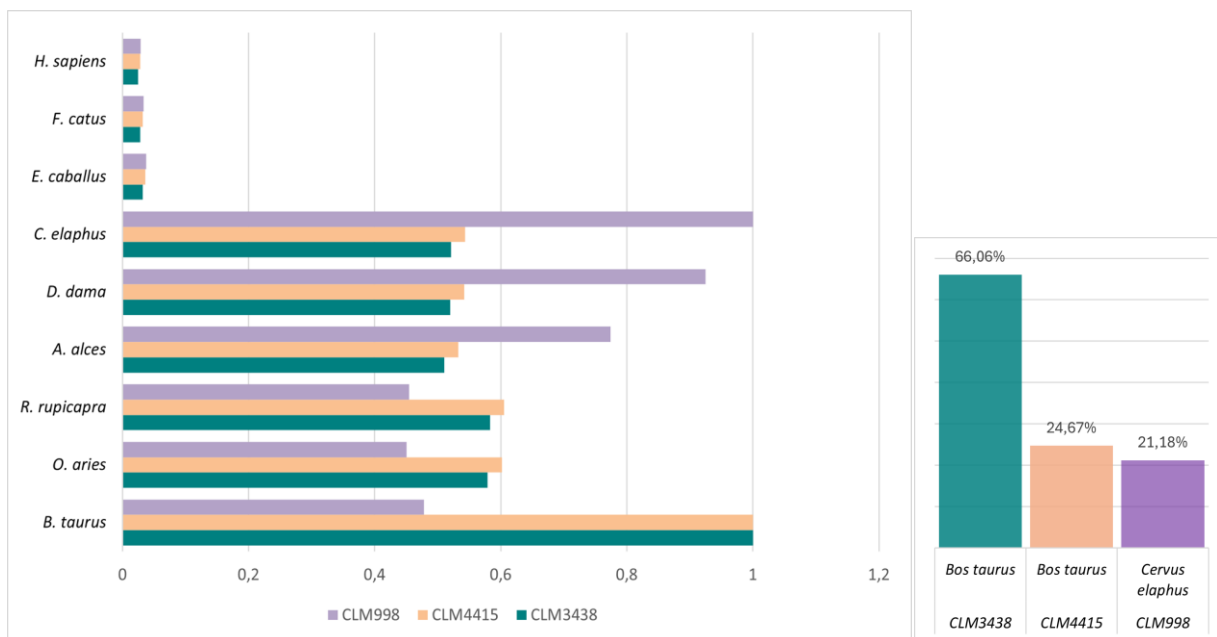
**Figura 58.** Albero filogenetico tratto da Hassanin et al. (2012) con le specie di bovidi e cervidi usati come riferimento

Sample	Cp	% Mapped <i>H. sapiens</i>	% Mapped <i>B. taurus</i>	% Mapped <i>O. aries</i>	% Mapped <i>E. caballus</i>	% Mapped <i>F. catus</i>	% Mapped <i>R. rupicapra</i>	% Mapped <i>A. alces</i>	% Mapped <i>D. dama</i>	% Mapped <i>C. elaphus</i>
CLM3438_BI_2M70_U	15.61	1.43%	60.96%	35.32%	1.98%	1.70%	35.58%	31.24%	31.77%	31.82%
CLM3438_BI_5M40_U	16.14	1.52%	66.65%	39.19%	2.06%	1.81%	39.46%	34.45%	34.97%	35.08%
CLM3438_P_2M70_U	15.02	1.60%	63.70%	37.22%	2.11%	1.82%	37.45%	32.57%	33.36%	33.44%
CLM3438_P_5M40_U	15.14	1.68%	70.94%	41.20%	2.34%	2.04%	41.56%	36.49%	37.12%	37.23%
Sample	Cp	% Mapped <i>H. sapiens</i>	% Mapped <i>B. taurus</i>	% Mapped <i>O. aries</i>	% Mapped <i>E. caballus</i>	% Mapped <i>F. catus</i>	% Mapped <i>R. rupicapra</i>	% Mapped <i>A. alces</i>	% Mapped <i>D. dama</i>	% Mapped <i>C. elaphus</i>
CLM998_BI_2M70_U	16.3	0.73%	12.11%	11.27%	0.88%	0.76%	11.32%	19.20%	22.83%	24.76%
CLM998_BI_5M40_U	17.77	0.60%	10.24%	9.74%	0.82%	0.71%	9.81%	16.62%	19.93%	21.52%
CLM998_P_2M70_U	17.25	0.52%	8.80%	8.32%	0.68%	0.63%	8.42%	14.33%	17.06%	18.43%
CLM998_P_5M40_U	17.77	0.60%	9.48%	8.69%	0.76%	0.68%	9.00%	15.46%	18.46%	19.99%
Sample	Cp	% Mapped <i>H. sapiens</i>	% Mapped <i>B. taurus</i>	% Mapped <i>O. aries</i>	% Mapped <i>E. caballus</i>	% Mapped <i>F. catus</i>	% Mapped <i>R. rupicapra</i>	% Mapped <i>A. alces</i>	% Mapped <i>D. dama</i>	% Mapped <i>C. elaphus</i>
CLM4415_BI_2M70_U	16.95	0.76%	26.38%	16.04%	0.98%	0.84%	16.09%	14.19%	14.40%	14.50%
CLM4415_BI_5M40_U	16.92	0.74%	27.74%	16.67%	0.96%	0.88%	16.74%	14.55%	14.94%	14.96%
CLM4415_P_2M70_U	17.11	0.58%	19.69%	11.93%	0.77%	0.67%	12.03%	10.61%	10.80%	10.81%
CLM4415_P_5M40_U	16.97	0.68%	24.88%	14.76%	0.86%	0.76%	14.87%	13.16%	13.30%	13.34%

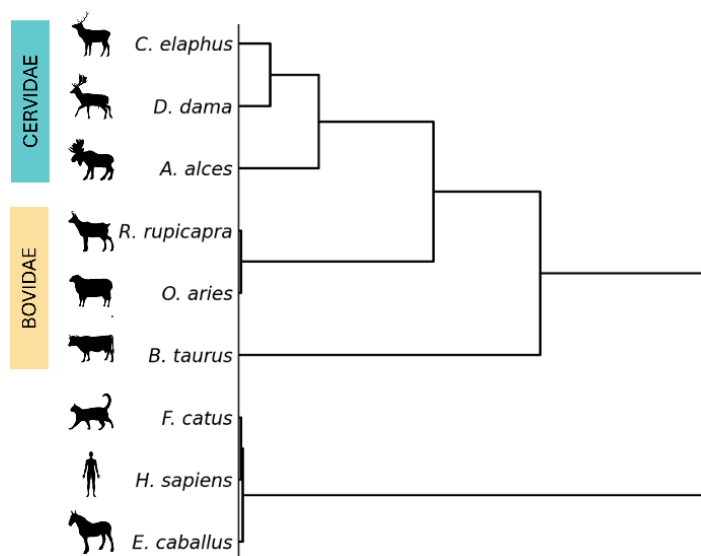
**Tabella 8.** Cp (*Crossing point* - misurato mediante qPCR sulla libreria, indica il numero di cicli necessari affinché la fluorescenza superi una soglia definita. Valori di Cp più bassi corrispondono a concentrazioni della libreria più elevate) e % Mapped (proporzione di reads mappate su di uno specifico genoma in relazione al numero totale di *reads*)

Per ciascun campione è stata calcolata la media dei conteggi delle *reads* mappate su ciascun genoma, considerando tutte le sue librerie. Per confrontare equamente i campioni, dato che alcuni avevano un numero totale di *reads* maggiore, ogni conteggio medio è stato diviso per il valore massimo ottenuto in quel campione. Ciò ha fornito numeri compresi tra 0 e 1, dove 1 corrisponde alla specie che ha ricevuto il maggior numero di *reads* e valori inferiori indicano un numero minore di *reads*. È stata inoltre calcolata la percentuale di tutte le *reads* mappate assegnate alla specie con il maggior numero di *reads* per ciascun campione.

Secondo questi valori normalizzati, CLM3438 e CLM4415 hanno confermato una migliore corrispondenza con *Bos taurus*, mentre CLM998 ha mostrato migliore corrispondenza con il cervo nobile (*Cervus elaphus*). In termini numerici, circa il 66% delle *reads* mappate di CLM3438 sono andate a *B. taurus*, così come circa il 25% di quelle di CLM4415. Circa il 24% di quelle di CLM998 sono andate invece a *C. elaphus*.



**Grafico 2. Sinistra:** Grafico a barre orizzontali dei profili normalizzati di mappatura delle *reads* per i campioni CLM3438 (verde acqua), CLM4415 (pesca) e CLM998 (lavanda). I conteggi delle *reads* sono stati prima mediati tra le librerie per ciascun campione, poi divisi per il conteggio massimo di *reads* mappate del campione stesso, ottenendo valori compresi tra 0 e 1 (dove 1 indica la specie che ha ricevuto la maggiore frazione di *reads* mappate in quel campione). Questa normalizzazione consente un confronto diretto dell'efficienza relativa di mappatura a ciascun genoma di riferimento tra i diversi campioni. **Destra:** Percentuale di *reads* mappate alla specie con il maggior numero di *reads* per ciascun campione



**Grafico 3.** Clustering gerarchico dei nove genomi di riferimento basato sui profili normalizzati di mappatura delle *reads*. Le specie i cui genomi hanno catturato frazioni simili di *reads* si raggruppano insieme, fungendo da approssimazione della prossimità filogenetica. Questo albero contestualizza i risultati della mappatura: clustering più stretto indica una maggiore affinità evolutiva, anche se l'inclusione di ulteriori genomi potrebbe affinare ulteriormente queste relazioni. Le specie outgroup (umano, cavallo e gatto) mostrano assenza di risoluzione filogenetica, ma consentono comunque di restringere il campo dei candidati

Una determinazione filogenetica ad alta risoluzione basata esclusivamente sul DNA mitocondriale avrebbe comportato l'impiego di protocolli di cattura mirata e un notevole aumento della profondità di sequenziamento, con conseguenti maggiori costi e tempi di lavoro. Al contrario, l'approccio *genome-wide* qui adottato consente, in condizioni ottimali di conservazione del DNA come quelle osservate nel sito di Chiomonte, di restringere in modo efficace il campo dei potenziali taxa anche con un numero relativamente ridotto di *reads* ( $\sim 10^5$ ), mantenendo un'elevata accuratezza nella ricostruzione filogenetica. Tale approccio permette inoltre di analizzare simultaneamente centinaia di campioni utilizzando un sequenziatore Illumina di piccole dimensioni come il MiSeq. Utilizzando una profondità di sequenziamento molto maggiore, i due campioni di bovino di questo studio saranno inoltre integrati in un'analisi filogenetica più dettagliata, prevista per ricerche future, al fine di affinare ulteriormente le stime di divergenza e le relazioni evolutive con bovini selvatici e domestici di periodi simili, precedenti e successivi, provenienti dall'Europa e dall'Anatolia.

# Capitolo 7. Discussione

## 7.1 Inquadramento cronologico

I risultati ottenuti dalle nuove datazioni al radiocarbonio collocano tutti i reperti nel Neolitico tardo, mettendo in evidenza la difficoltà di identificare con certezza l'età del Bronzo basandosi sulla sola documentazione disponibile, in un sito caratterizzato da una stratigrafia complessa e alterata sia da fattori naturali che da attività antropiche. La complessità stratigrafica, già emersa durante gli scavi, è stata infatti ulteriormente messa in discussione dalle nuove datazioni, che mostrano una sostanziale contemporaneità tra gli strati superiori e quelli inferiori.

Il team attualmente coinvolto nell'analisi sistematica dei complessi ceramici ha inoltre riscontrato in diverse occasioni dei *refits* (S. Padovan, pers. comm., 2024), ovvero frammenti che, pur provenendo da livelli stratigrafici diversi, risultano parte dello stesso oggetto. Questa evidenza indica che i depositi sono stati rimaneggiati nel tempo a causa di processi post-deposizionali. Tali osservazioni impongono una rivalutazione della stratigrafia e della storia deposizionale del sito, impattato anche dalle successive lavorazioni agricole, in particolare l'impianto dei vigneti: la mescolanza dei materiali è infatti presente tanto in superficie quanto negli strati più profondi.

## 7.2 Strategie di sussistenza

La prevalenza di ovicaprini domestici, seguiti da bovini e suini, conferma quanto già osservato per altri contesti del tardo Neolitico padani (Ferrari et al. 2002; Tecchiati et al. 2020) e d'oltralpe (Lundström-Baudais, Martin, e Olive 2012; Blaise et al. 2010). Il maggior numero di capre rispetto alle pecore è coerente con il contesto ambientale, in cui questi animali agili e ben adattati al terreno montano potevano essere preferiti all'interno delle greggi mantenute su terreni difficili e accidentati (Helmer et al. 2005). Sebbene presenti in quantità minore rispetto agli ovicaprini, i resti di bovino domestico sono ben rappresentati all'interno del campione chiomontino. Questi animali necessitano di ampi pascoli erbosi ed erano probabilmente allevati presso terrazzamenti montani e radure in quota ben esposte, rendendo il sito de La Maddalena luogo ideale per il loro sfruttamento.

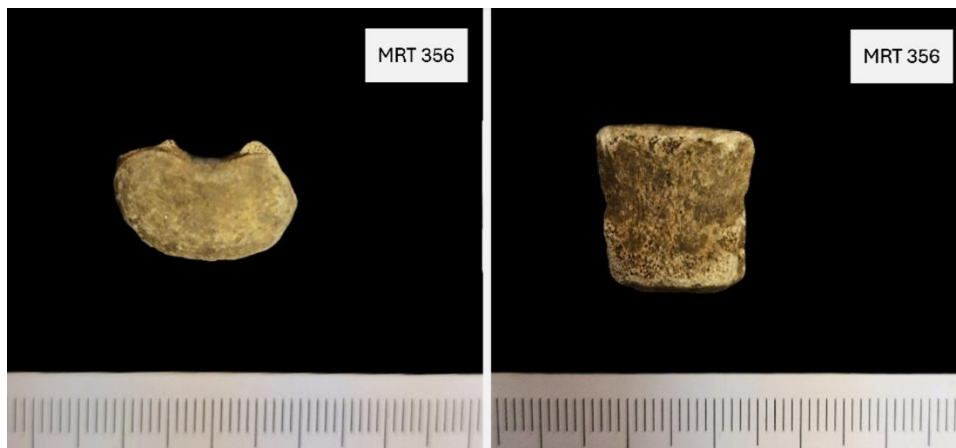
Il gran numero di suini, sia selvatici che domestici, suggerisce un contesto di sovrapposizione ecologica tra le due forme, con tecniche di allevamento semibrado. Tali sistemi favorivano il libero movimento degli animali nei boschi e nelle radure, consentendo un'alimentazione autonoma ma esponendoli anche al contatto genetico con le popolazioni selvatiche (Gentry, Clutton-Brock, e Groves 2004; Rowley-Conwy 2025). Questa strategia di allevamento era probabilmente volta a massimizzare la produzione di carne sfruttando risorse ambientali spontanee come boschi e foreste, ricchi di ghiande e altri alimenti naturali per i suini (Blaise et al. 2010). Inoltre, la scelta di non separare rigidamente le due popolazioni potrebbe essere stata intenzionale, finalizzata ad aumentare la robustezza degli animali domestici e/o a migliorarne l'adattabilità a contesti ecologici variabili.



**Figura 59.** Resti attribuiti a cinghiale (*Sus scrofa*)

I resti di cane domestico confermano poi la presenza di animali da compagnia o da utilità nel sito, ad esempio per la pastorizia o la caccia. La presenza di una vertebra con segni di combustione confermerebbe quanto già osservato da Fedele (Fedele 1989, 2002b), ovvero come questo animale svolgesse un ruolo particolare nelle pratiche alimentari e forse rituali delle comunità di Chiomonte. Sebbene relativamente raro, il consumo del cane è attestato in diversi contesti del Neolitico europeo, con una distribuzione concentrata soprattutto in aree marginali o in particolari contesti culturali (Fedele 1987; T. Argant 2020; Lundström-

Baudais, Martin, e Olive 2012). Le interpretazioni oscillano tra necessità alimentare e significati simbolici; nel caso di Chiomonte, l'assenza di deposizioni complete, ma la presenza di elementi scheletrici trattati come scarto, fa propendere per un uso solamente alimentare.



**Figura 60.** Corpo vertebrale di *Canis familiaris* riportante tracce di combustione

La significativa presenza di animali selvatici, dominata dal cervo, suggerisce un ruolo importante dell'attività venatoria, coerentemente con i risultati archeozoologici provenienti da altri siti alpini e subalpini coevi (Zanetti, Fontana, e Tecchiati 2020). Il numero abbondante di resti di cervo potrebbe riflettere non solo scelte economiche, ma anche esigenze culturali e ambientali specifiche, come la capacità di questi animali di adattarsi a diversi habitat (Ferrari et al. 2002). La presenza di altri ungulati selvatici tipici dell'ambiente alpino, nonostante essi risultino più esigui, attesta uno sfruttamento diversificato delle risorse faunistiche presenti sul territorio. Sono documentati inoltre carnivori come l'orso bruno, la lince e il tasso: sebbene presenti in quantità ridotta, tali ritrovamenti suggeriscono attività venatoria o abbattimento di predatori probabilmente per difesa, per sfruttarne le pellicce o per altri scopi culturali.

In particolare, la lince risulta di particolare interesse, perché identificata per la prima volta tra la fauna del sito. Dopo il Paleolitico, la presenza della lince è documentata in Italia a partire dal Neolitico medio nelle Arene Candide (SV) e nel Neolitico recente di S. Maria in Selva (MC) e Coppetella (AN), così come nell'Eneolitico di S. Maria d'Agnano (BR) e nell'età del Bronzo di Barche di Solferino (MN) e Trasacco (AQ) (Wilkens 2012). Un'ulteriore attestazione neolitica è nota anche presso il Riparo 10 di Aisone, in Valle Stura di Demonte (CN), documentata in studi inediti dell'Università di Torino (tesi di laurea, rel. Prof. Masali e

Prof. Giacobini). Durante l'Ultimo Massimo Glaciale, in Italia settentrionale erano presenti due specie di lince: la lince europea (*Lynx lynx*) e la lince pardina (*Lynx pardinus*) (Rodríguez-Varela et al. 2015). Quest'ultima oggi risulta distribuita solamente nella penisola iberica, ma la sua presenza è attestata sino al sud della Francia fino a circa 2000 anni fa (R. S. Sommer e Benecke 2006). Ciò non ha consentito di assegnare con sicurezza una specie al resto oggetto di analisi: data la distribuzione di *Lynx pardinus* durante l'Olocene e la potenziale identificazione errata tra le due specie dalla simile morfologia, è possibile che il range di distribuzione della lince pardina fosse più vasto in passato (Rodríguez-Varela et al. 2015).



**Figura 61.** Coxale di *Lynx* sp. (a sinistra) ed emimandibola di *Meles meles* (a destra)

Il quadro tassonomico emerso è dunque legato a una comunità agro-pastorale alpina che affiancava all'allevamento di ovicaprini, bovini e suini, un'ancora importante attività venatoria, rivolta soprattutto ai grandi erbivori locali. Questa combinazione di risorse domestiche e selvatiche rientra nei modelli economici noti per altre comunità neolitiche alpine (Lundström-Baudais, Martin, e Olive 2012; Chiquet 2019), nelle quali l'ambiente montano richiedeva flessibilità e un ampio spettro di sfruttamento delle risorse disponibili.

L'analisi della distribuzione anatomica dei resti evidenzia differenze tra le principali categorie faunistiche. Per quanto riguarda gli ovicaprini, vi è una predominanza di elementi craniali, seguiti da falangi e metapodi. Le ossa del cranio e delle estremità delle appendici costituiscono generalmente i resti di scarto più abbondanti a seguito della macellazione delle carcasse, a suggerire un abbattimento sul posto. Nei bovini, il quadro è dominato da resti craniali e mandibolari, con una modesta rappresentazione degli arti e un numero molto

limitato di elementi assiali. Ciò potrebbe essere legato a una macellazione condotta altrove e al successivo deposito selettivo di alcune porzioni nel sito, dunque un trattamento selettivo delle carcasse, con un maggiore smaltimento di porzioni craniali presso l'abitato. Nei cervidi si osserva invece una predominanza di arti e falangi, mentre risultano scarsamente rappresentati gli elementi assiali e craniali. Questo pattern è tipico di uno sfruttamento orientato alla selezione delle porzioni a maggiore rendimento energetico (Binford 1978), e può indicare lo smembramento in loco delle carcasse e il trasporto delle parti più pregiate. I suini presentano infine una distribuzione dominata dalle porzioni distali, seguite da elementi craniali e scapole, a suggerire uno sfruttamento completo della carcassa.

L'alto grado di frammentazione osservato in diverse ossa lunghe può essere attribuito sia a fratture post-deposizionali, sia a interventi intenzionali per l'estrazione del midollo. Tuttavia, i segni diretti di percussione sono rari e la conservazione disomogenea delle superfici ossee limita la possibilità di attribuire con certezza un'azione antropica sistematica. Un numero ristretto ma significativo di falangi mostra tracce di frattura, soprattutto per quanto riguarda gli ungulati selvatici. Lo sfruttamento del midollo in questi elementi potrebbe suggerire una massimizzazione delle risorse in un'economia adattata ad un ambiente imprevedibile quale quello montano. La combustione dei reperti non sembra essere avvenuta in modo sistematico; tuttavia, la presenza anche di ossa arrostate suggerisce attività legate a diversi tipi di cottura e/o smaltimento dei resti tramite il fuoco.

Le specie attestate riflettono un paesaggio a mosaico, prevalentemente forestale, con moderate caratteristiche rupestri suggerite dalla presenza di *Rupicapra rupicapra*. L'attività venatoria avveniva per lo più in un paesaggio boschivo, come suggerito dall'abbondanza di cervidi e dalla presenza di animali quali l'orso, il cinghiale, la lince e il tasso. Il camoscio e lo stambecco, specie che prediligono ambienti di versante d'alta quota, tendono a spostarsi ad altitudini minori verso praterie alpine e foreste di conifere durante i mesi invernali: la loro presenza non è necessariamente indice di battute di caccia oltre il limite boschivo, ma tali specie potrebbero essere state sfruttate durante il periodo più freddo, durante il quale questi animali forse si spingevano più in prossimità dell'abitato. Anche gli animali domestici suggeriscono uno sfruttamento del territorio nella sua interezza: le greggi di ovicaprini potevano infatti essere mantenute anche su pendii maggiormente scoscesi e dalla vegetazione brulla, ambiente a cui le capre domestiche sono ben adattate. I bovini erano probabilmente

gestiti presso praterie erbose e aree di terrazzamento, mentre i maiali presumibilmente erano lasciati in stato semibrado presso zone boschive collocate in prossimità del villaggio.

### 7.3 Potenzialità e limiti delle diverse analisi: verso un approccio metodologico integrato

Il metodo ZooMS, nonostante la sua grande utilità nell'assegnare un'identificazione tassonomica a resti morfologicamente non determinabili, presenta alcune limitazioni. Tali ostacoli si sono presentati principalmente per quanto riguarda la distinzione tra bovidi e cervidi: tenendo in considerazione solamente le analisi di tipo ZooMS, tra i 138 resti analizzati, 44 sono stati identificati solamente a livello di famiglia (43 Bovidae/Cervidae, 1 Bovidae/Cervidae/Suidae) e 35 a livello di genere (*Capra* sp.). 21 resti non hanno restituito collagene sufficientemente conservato, mentre i restanti 38 sono stati identificati a livello specifico. Integrando i dati ottenuti con osservazioni di carattere morfologico, 19 resti hanno poi mantenuto un'identificazione al livello di famiglia (Bovidae/Cervidae), 5 sono rimasti di identificazione dubbia tra *Cervus elaphus* e *Bos taurus* e 12 sono stati identificati a livello di genere (*Capra* sp.).

Le analisi ZooMS possono dare una risoluzione fino al livello di genere, o addirittura di specie, quando la divergenza tra i *taxa* da discriminare e identificare risale almeno a circa cinque milioni di anni fa (Buckley 2018). Ciò è influenzato dal livello di diversità molecolare esistente tra i diversi animali, che ne condiziona dunque la specificità del *fingerprint* molecolare. Nonostante la divergenza tra le famiglie Bovidae e Cervidae risalga a circa 25,5-27,8 milioni di anni fa (Wu et al. 2012), gli animali appartenenti a tali categorie tassonomiche condividono la maggior parte dei picchi caratteristici in comune. Nella maggior parte dei casi, i peptidi che ne consentirebbero la distinzione non sono stati rilevati.

Nell'analisi dei risultati, tra le possibili specie sono state prese in considerazione solamente quelle che erano sicuramente presenti sul sito durante il tardo Neolitico. Non è stata presa nota di *taxa* provenienti da altri continenti, mentre alcune specie come l'alce (*Alces alces*), il daino (*Dama dama*), l'uro (*Bos primigenius*) e il bisonte europeo (*Bison bonasus*) sono state annotate (Appendici, B) Materiale supplementare, Tabella B), benché la loro presenza risulti estremamente improbabile per il periodo e il contesto geografico in questione.

Resti di alce testimoniano la presenza di questo animale sulle Alpi centro-orientali di Austria e Svizzera dall'intervallo tardoglaciale fino al primo Medioevo. Sul versante alpino francese, al contrario, questa specie verosimilmente scomparve già nel Preboreale: i pochi resti attribuiti a contesti neolitici savoirdi o del Delfinato, privi di radiodatazione, rappresentano con ogni probabilità residui di una popolazione ormai in declino (Schmölcke e Zachos 2005). Nell'Italia settentrionale, le attestazioni certe vanno dall'Epigravettiano al Preboreale, provenienti da torbiere e riempimenti lacustri padani e dolomitici (Breda 2001; Braun 2020). Vi sono alcuni resti neolitici alpini attribuiti a questo animale, come un palco cavo proveniente da San Valeriano nella bassa Valle di Susa (R. Bertone e Colombatto 1984) e il reperto chiomontino studiato da Francesco Fedele (Fedele 2002b) precedentemente citato, ma tali identificazioni vanno accolte con prudenza.

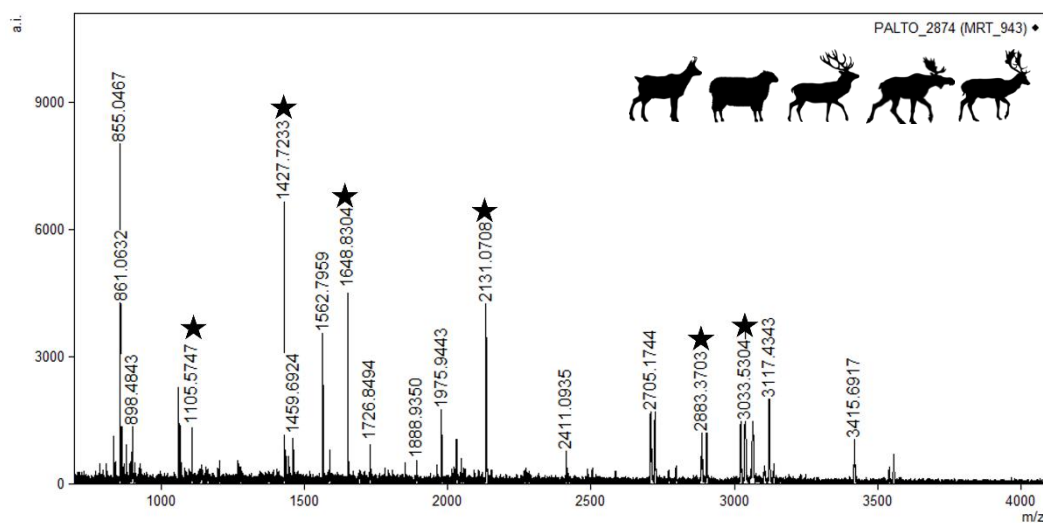
Per quanto riguarda il daino, questa specie sopravvisse durante l'Olocene in rifugi glaciali collocati nell'Europa ponto-mediterranea e balcanica (Hackländer e Zachos 2020). In Italia, alcuni resti sono stati rinvenuti nelle regioni centro-meridionali (Wilkens 2012; Karastoyanova, Gorczyk, e Spassov 2020), ma questo animale risulta assente dal record zooarcheologico dell'Italia settentrionale fino alla sua reintroduzione in epoca romana.

Resti certi di uro neolitico provenienti da siti alpini e prealpini italiani risultano estremamente scarsi: una delle pochissime attestazioni di sicura presenza del bovino selvatico in questo orizzonte cronologico proviene da Castelnuovo di Teolo, nel Padovano (Zanetti, Fontana, e Tecchiati 2020; Agrostelli, Fontana, e Tecchiati 2015). Testimonianze dell'età del Bronzo finale piemontese sono state rinvenute presso la torbiera di Trana (Val Sangone, al confine della Valle di Susa), nella quale l'uro domina la fauna bovina (Bogino 1897). Si tratta tuttavia di interpretazioni ottocentesche e prive di datazioni dirette, da prendere con cautela (Fedele 1983); inoltre, in caso di identificazione corretta, è possibile che le torbiere offrirono uno degli ultimi habitat idonei a tale specie, la quale prediligeva ambienti aperti e umidi.

Infine, per quanto riguarda il bisonte europeo, questa specie sembra essere stata assente dall'areale italiano durante l'Olocene (Benecke 2005). Un unico cranio di *Bison bonasus* è stato rinvenuto presso il sito di Gouffre de la Cabosse (Ain, Alpi Orientali francesi), datato al Neolitico recente (3019-2890 BCE) (Chaix e Valton 2014). In assenza di ulteriori prove, tale traccia va però interpretata come un evento puntuale, forse legato a dispersione individuale o

ad una micro-popolazione relitta sul versante francese, senza evidenza di espansione verso la Valle di Susa.

Tra i 43 resti indeterminati appartenenti alle famiglie dei bovidi e dei cervidi, per la maggior parte dei casi (35 reperti) il ventaglio di possibili specie è rappresentato da *Rupicapra rupicapra*, *Ovis aries*, *Cervus elaphus*, *Alces alces* e *Dama dama*. Due di queste specie appartengono alla famiglia Bovidae (camoscio e pecora), tre alla famiglia Cervidae (cervo, alce e daino). Camoscio e pecora non sono distinguibili tra loro tramite metodo ZooMS, condividendo gli stessi marker, e la stessa cosa vale per cervo, alce e daino. Tutti questi animali hanno in comune i seguenti marker:  $\alpha 1$  508 ( $m/z$  1105,6),  $\alpha 2$  978 ( $m/z$  1180,6),  $\alpha 2$  978 +16 ( $m/z$  1196,6),  $\alpha 2$  484 ( $m/z$  1427,7),  $\alpha 2$  292 ( $m/z$  1648,8),  $\alpha 2$  793 ( $m/z$  2131,1),  $\alpha 2$  454 ( $m/z$  2792,4),  $\alpha 1$  586 ( $m/z$  2883,4),  $\alpha 1$  586 +16 ( $m/z$  2899,4),  $\alpha 2$  757 ( $m/z$  3017,4) e  $\alpha 2$  757 +16 ( $m/z$  3033,4). La distinzione tra bovidi e cervidi è consentita solamente dalla presenza dei picchi in posizione  $\alpha 2$  502:  $m/z$  **1580,8** per **camoscio e pecora**,  $m/z$  **1550,8** per **cervo**, alce e daino. Tuttavia, il marker 1550,8 è stato riscontrato solamente in un caso (reperito MRT 907, epifisi distale di un radio), il quale è stato identificato con certezza come cervo nobile.



**Figura 62.** Esempio di spettro di massa riferibile a *Rupicapra rupicapra*, *Ovis aries*, *Cervus elaphus*, *Alces alces* o *Dama dama*

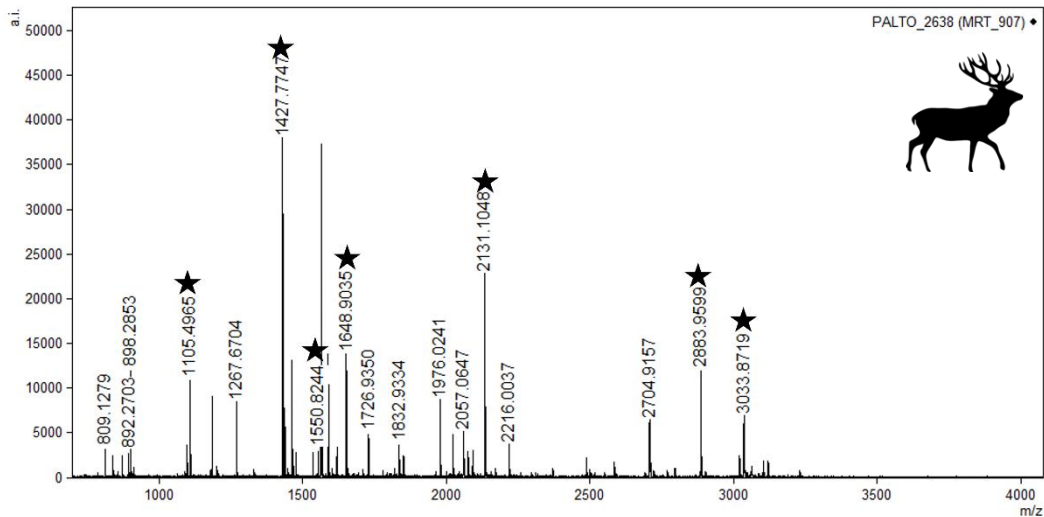


Figura 63. Esempio di spettro di massa riferibile a *Cervus elaphus*

Ulteriori 6 reperti sono rimasti indeterminati tra le specie appena citate e *Bos taurus*, *Bos primigenius* e *Bison bonasus*, altri tre bovini non distinguibili tra loro tramite metodo ZooMS. I picchi caratteristici in assenza dei quali non è possibile distinguere bue, uro e bisonte da camoscio, pecora, cervo, alce e daino sono  $\alpha 2$  978 ( $m/z$  1192,6),  $\alpha 2$  978 +16 ( $m/z$  1208,6),  $\alpha 1$  586 ( $m/z$  2853,4) e  $\alpha 1$  586 +16 ( $m/z$  2869,4). Inoltre, condividono il marker  $\alpha 2$  502 ( $m/z$  1580,8) con *R. rupicapra* e *O. aries* (individuato solamente in un caso, la rocca petrosa FF3438). È comunque stato possibile determinare gli appartenenti ai generi *Bos* e *Bison* in 16 casi.

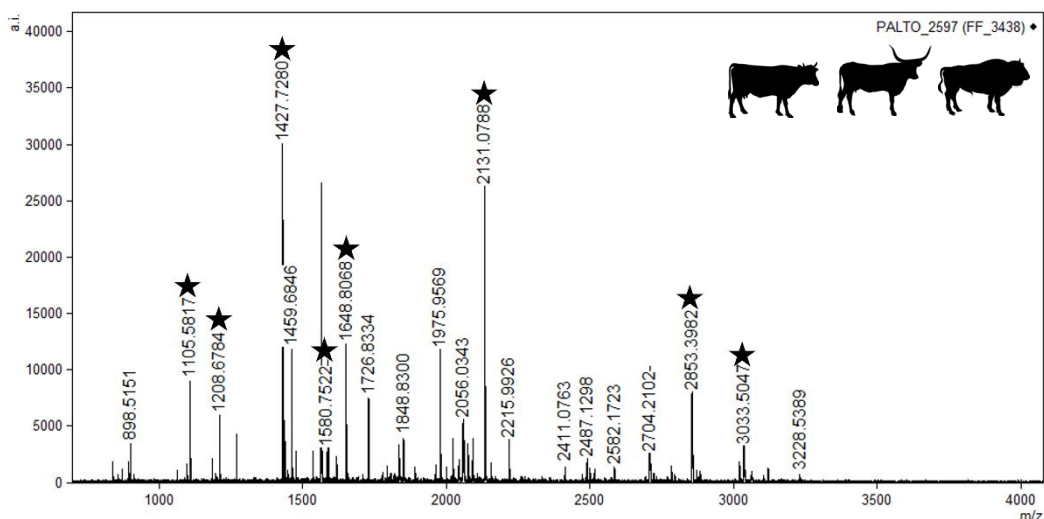
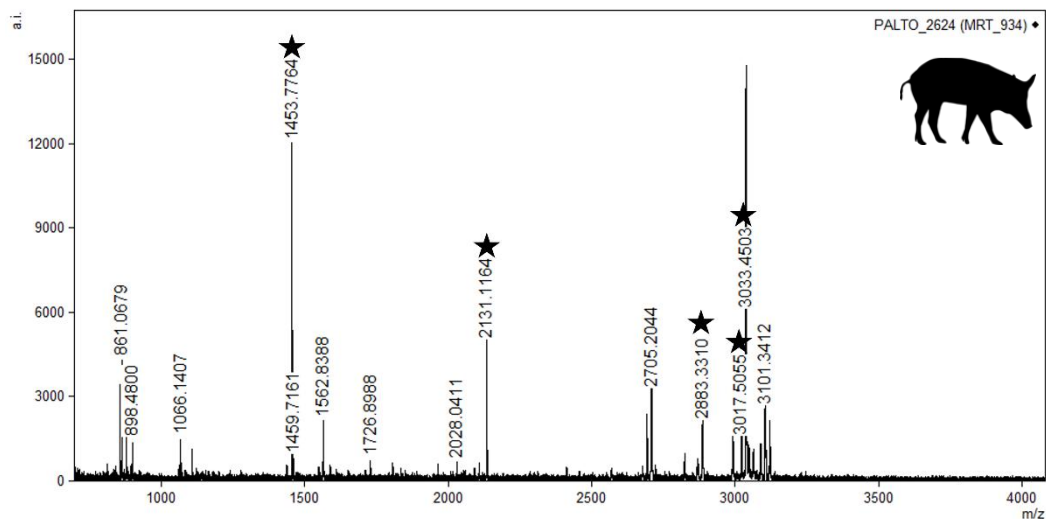


Figura 64. Esempio di spettro di massa riferibile a *Bos taurus*, *Bos primigenius* o *Bison bonasus*

Un reperto ha restituito come possibili specie *R. rupicapra*, *O. aries*, *C. elaphus*, *A. alces*, *D. dama* e *Sus* sp.: il **cinghiale** (non distinguibile tramite ZooMS dalla forma domestica) mostra infatti come marker caratteristici  $\alpha 2$  484 ( $m/z$  **1453,7**),  $\alpha 2$  292 ( $m/z$  **1647,8**) e  $\alpha 2$  454 ( $m/z$  **2820,4**), assenti in tale reperto, ma che ne hanno permesso la sua distinzione a livello di specie per 13 campioni.



**Figura 65.** Esempio di spettro di massa riferibile a *Sus* sp.

Ulteriori due reperti mancavano dei marker necessari per una loro distinzione tassonomica maggiormente dettagliata. Uno di questi ha restituito come possibili *taxa*: *R. rupicapra*, *O. aries*, *C. elaphus*, *A. alces*, *D. dama*, *C. hircus*, *C. ibex* e *C. capreolus*, l'altro *R. rupicapra*, *O. aries*, *C. elaphus*, *A. alces*, *D. dama*, *C. ibex*, *C. hircus*, *C. elaphus*, *A. alces*, *C. capreolus*, *B. taurus*, *B. bonasus*, *B. primigenius*. **Capra domestica** e **stambecco** non sono discernibili tra loro tramite ZooMS, e si distinguono da camoscio e pecora solamente grazie alla presenza dei marker  $\alpha 2$  757 ( $m/z$  **3077,4**) e  $\alpha 2$  757 +16 ( $m/z$  **3093,4**), riscontrati in 35 casi. Il **capriolo** può essere determinato a livello di specie, distinguendolo da cervo, alce e daino, in presenza dei marker  $\alpha 2$  757 ( $m/z$  **3043,4**) e  $\alpha 2$  757 +16 ( $m/z$  **3059,4**), individuati in due reperti.

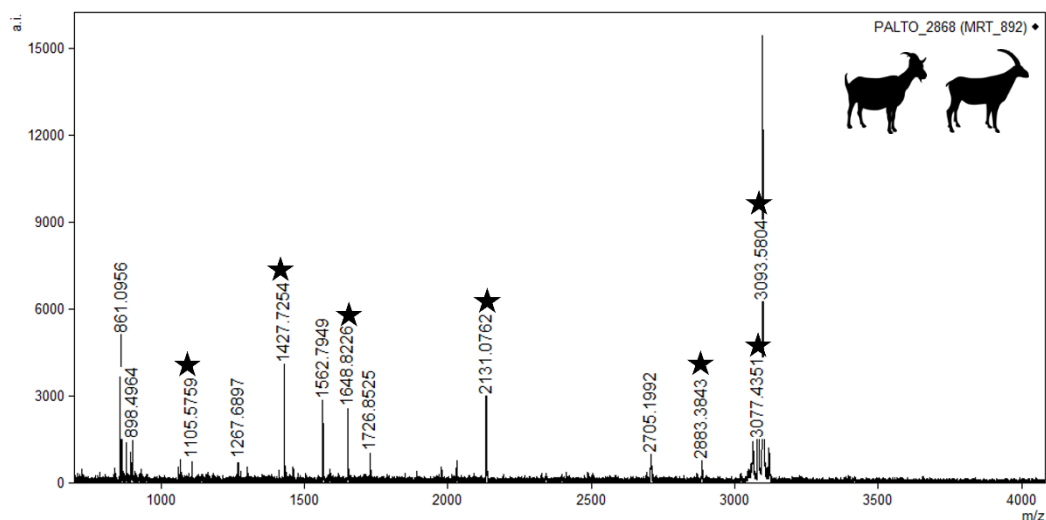


Figura 66. Esempio di spettro di massa riferibile a *Capra ibex* o *Capra hircus*

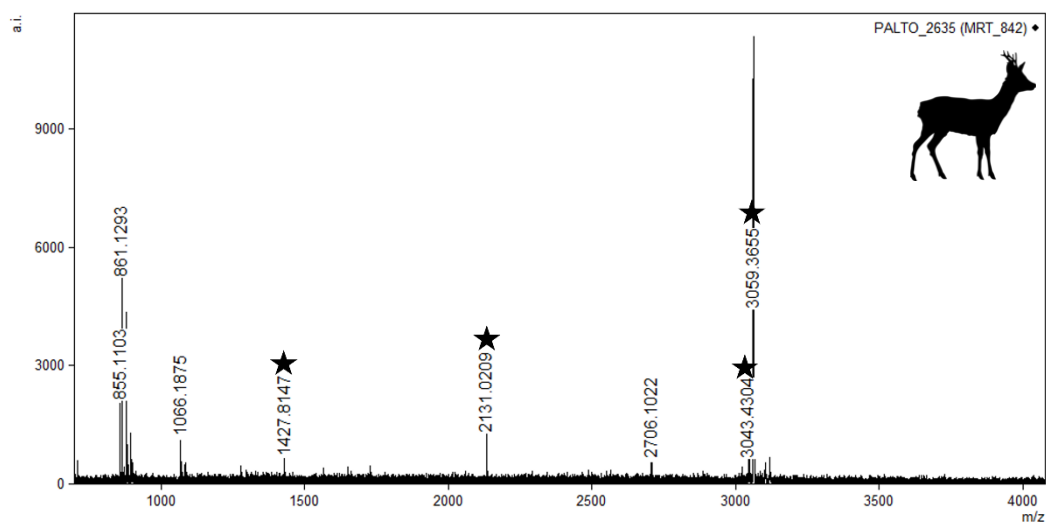


Figura 67. Esempio di spettro di massa riferibile a *Capreolus capreolus*

Specie	$\alpha 1\ 508$	$\alpha 2\ 978$	$\alpha 2\ 978$ (+16)	$\alpha 2\ 484$	$\alpha 2\ 502$	$\alpha 2\ 292$	$\alpha 2\ 793$	$\alpha 2\ 454$	$\alpha 1\ 586$	$\alpha 1\ 586$ (+16)	$\alpha 2\ 757$	$\alpha 2\ 757$ (+16)
<i>O. aries, R. rupicapra</i>	1105,6	1180,6	1196,6	1427,7	1580,8	1648,8	2131,1	2792,4	2883,4	2899,4	3017,4	3033,4
<i>C. hircus, C. ibex</i>	1105,6	1180,6	1196,6	1427,7	1580,8	1648,8	2131,1	2792,4	2883,4	2899,4	3077,4	3093,4
<i>C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	1105,6	1180,6	1196,6	1427,7	1550,8	1648,8	2131,1	2792,4	2883,4	2899,4	3017,4	3033,4
<i>B. taurus, B. primigenius, B. bonasus</i>	1105,6	1192,6	1208,6	1427,7	1580,8	1648,8	2131,1	2792,4	2853,4	2869,4	3017,4	3033,4
<i>C. capreolus</i>	1105,6	1180,6	1196,6	1427,7	1550,8	1648,8	2131,1	2792,4	2883,4	2899,4	3043,4	3059,4
<i>S. scrofa</i>	1105,6	1180,6	1196,6	1453,7	1550,8	1647,8	2131,1	2820,4	2883,4	2899,4	3017,4	3033,4

Tabella 9. Tabella riassuntiva dei marker utilizzati nella distinzione di bovidi, cervidi e suidi

Per i carnivori, la determinazione si è rivelata più agevole. In particolare:

- **Orso:** marker  $\alpha 1$  508 ( $m/z$  1105,6),  $\alpha 2$  978 +16 ( $m/z$  1233,6),  $\alpha 2$  484 ( $m/z$  1453,7),  $\alpha 2$  793 ( $m/z$  2163,1),  $\alpha 1$  586 ( $m/z$  2853,4) e  $\alpha 2$  757 ( $m/z$  2957,4);
- **Lince:** marker  $\alpha 2$  484 ( $m/z$  1453,7),  $\alpha 2$  793 ( $m/z$  2163,1),  $\alpha 1$  586 ( $m/z$  2853,4) e  $\alpha 2$  757 +16 ( $m/z$  2999,4);
- **Cane:** marker  $\alpha 2$  484 ( $m/z$  1453,7),  $\alpha 2$  793 ( $m/z$  2131,1),  $\alpha 1$  586 +16 ( $m/z$  2869,4) e  $\alpha 2$  757 ( $m/z$  2999,4);
- **Tasso:** marker  $\alpha 2$  484 ( $m/z$  1453,7),  $\alpha 2$  793 ( $m/z$  2147,1) e  $\alpha 1$  586 ( $m/z$  2853,4).

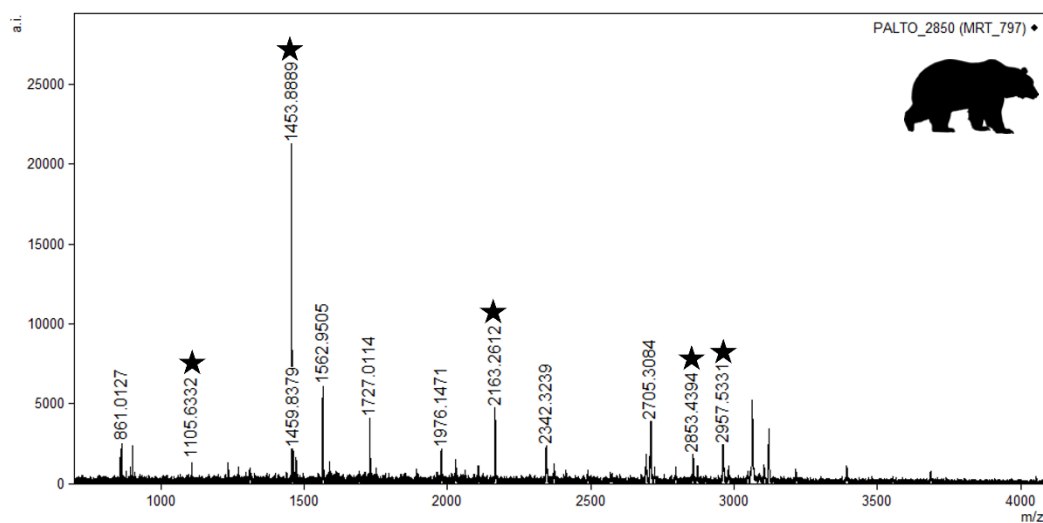


Figura 68. Esempio di spettro di massa riferibile a *Ursus arctos*

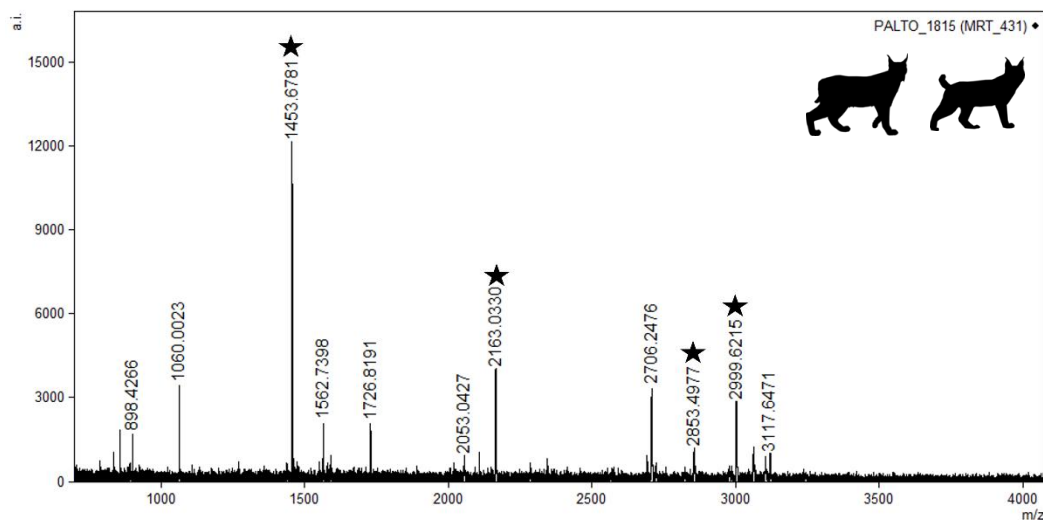


Figura 69. Esempio di spettro di massa riferibile a *Lynx lynx* o *Lynx pardinus*

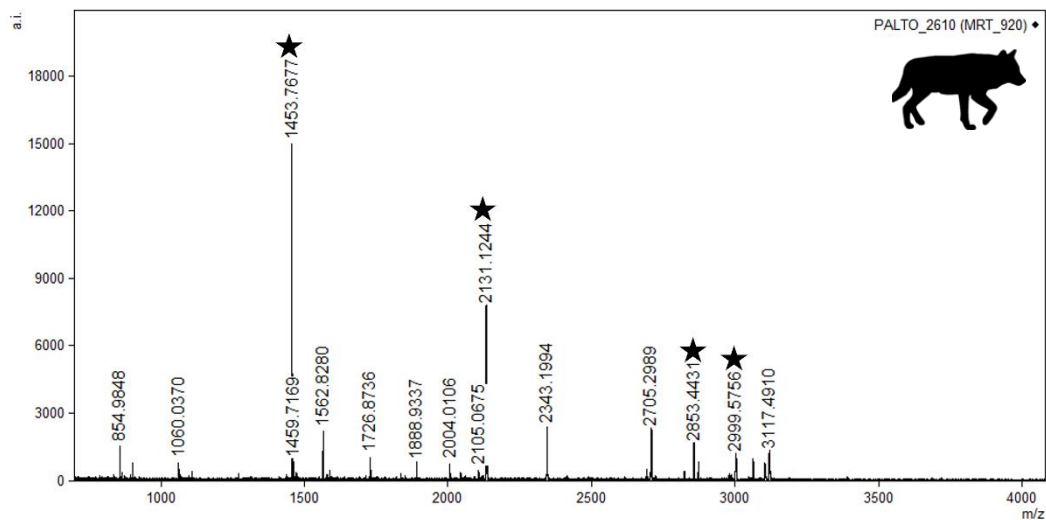


Figura 70. Esempio di spettro di massa riferibile a *Canis familiaris*

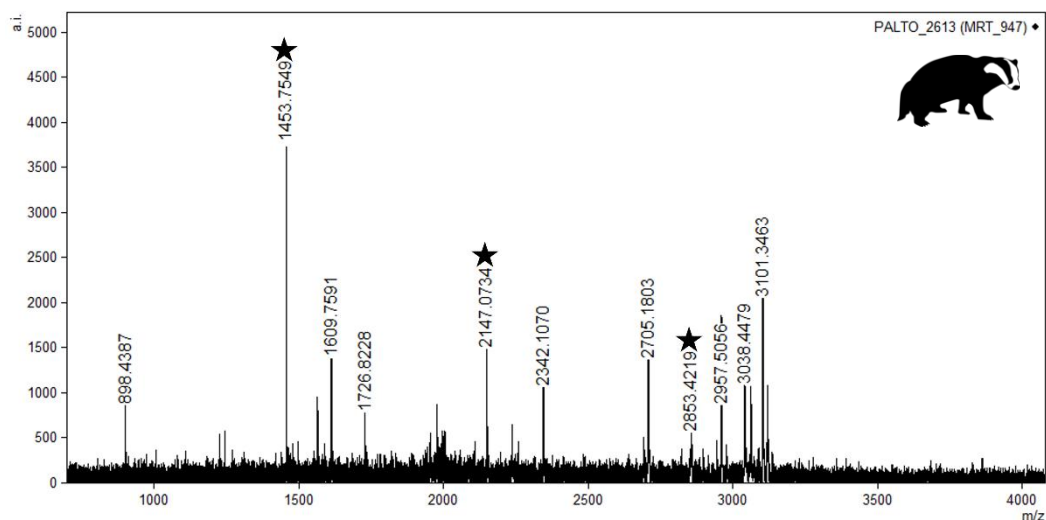


Figura 71. Esempio di spettro di massa riferibile a *Meles meles*

L'integrazione di approcci metodologici differenti si è rivelata fondamentale per ottenere un quadro più completo e robusto dell'insieme faunistico analizzato, consentendo una significativa riduzione del numero di resti ossei non determinati, i quali si sono ridotti dal 24% al 4% del totale. L'identificazione morfologica è infatti stata supportata da analisi ZooMS e del DNA antico, utilizzando le diverse tecniche in maniera consecutiva ma complementare. Quando la morfologia ha ad esempio fornito una determinazione generica (ad es. "*Ovis vel Capra*" o "*Bos taurus/Cervus elaphus*"), le analisi biomolecolari hanno consentito di stabilire la specie con maggiore precisione, restringendo la rosa dei possibili *taxa* fino all'attribuzione definitiva. In tal modo non è stata attribuita priorità ai diversi

metodi, ma il loro utilizzo è stato combinato per garantire una determinazione più solida e affidabile.

ID	Identificazione morfologica	Possibili specie ZooMS	Identif. morfologia+ZooMS
668	<i>Bos/Cervus</i>	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	<i>Cervus elaphus</i>
711	<i>Bos/Cervus</i>	<i>B. taurus, B. bonasus, B. primigenius</i>	<i>Bos taurus</i>
720	<i>Bos/Cervus</i>	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	<i>Cervus elaphus</i>
722	<i>Bos/Cervus</i>	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	<i>Cervus elaphus</i>
731	<i>Bos/Cervus</i>	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	<i>Cervus elaphus</i>
783	<i>Bos/Cervus</i>	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	<i>Cervus elaphus</i>
806	<i>Bos/Cervus</i>	<i>B. taurus, B. bonasus, B. primigenius</i>	<i>Bos taurus</i>
844	<i>Bos/Cervus</i>	<i>B. taurus, B. bonasus, B. primigenius</i>	<i>Bos taurus</i>
845	<i>Bos/Cervus</i>	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	<i>Cervus elaphus</i>
847	<i>Bos/Cervus</i>	<i>B. taurus, B. bonasus, B. primigenius</i>	<i>Bos taurus</i>

**Figura 72.** Estratto del database al fine di illustrare l'integrazione tra metodo morfologico e metodo ZooMS nella determinazione dei campioni. Ad esempio, 10 campioni sono stati morfologicamente identificati come dubbi tra bue e cervo. Nonostante l'identificazione ZooMS abbia restituito un insieme di possibili specie, tale elenco escludeva l'uno o l'altro *taxon*, consentendone una determinazione più accurata

Identificare con precisione la fauna presente in un sito archeologico costituisce un elemento fondamentale per ricostruire le strategie di sussistenza del passato. L'utilizzo del metodo ZooMS consente di ampliare notevolmente il potenziale interpretativo degli insiemi faunistici, soprattutto quando si è in presenza di elevata frammentazione e di specie dalla morfologia simile (Morin et al., 2023; Ruebens et al., 2024; Discamps et al., 2024; Torres-Iglesias et al., 2024). L'integrazione tra analisi morfologica, ZooMS e DNA antico non rappresenta solamente l'affiancamento di tre metodologie differenti, ma implica una progettazione coordinata e una riflessione metodologica consapevole. Il futuro dell'archeozoologia non risiede nella sostituzione del metodo morfologico da parte di strumenti biomolecolari, ma nello sviluppo di un quadro metodologico integrato, in cui le diverse prospettive si rafforzino reciprocamente e permettano una ricostruzione più solida e articolata delle evidenze archeologiche (Smith et al., 2024).

Laddove i limiti del metodo ZooMS non consentano una determinazione certa a livello specifico, può risultare utile integrare l'indagine con analisi del DNA antico. Queste ultime offrono una risoluzione tassonomica più elevata, ma sono più costose e richiedono tempi di

esecuzione più lunghi. Per ottimizzare il protocollo di ricerca, una strategia efficace può prevedere:

- La selezione di parti anatomiche ad alta resa di DNA, come le rocche petrose (come nel presente studio), che garantiscono una maggiore probabilità di recupero di materiale endogeno di qualità.
- La scelta mirata dei reperti più significativi, ad esempio quelli interpretati come deposizioni rituali o comunque di particolare interesse archeologico, per ottenere dati genetici più accurati e informativi.

La decisione su quale tipologia di analisi applicare deve comunque essere ponderata caso per caso, valutando le specifiche domande di ricerca, lo stato di conservazione dei reperti e le risorse disponibili, così da massimizzare l'efficacia dei risultati e l'impiego dei mezzi a disposizione.

L'applicazione di questo approccio al contesto in esame ha inoltre mostrato il potenziale del protocollo utilizzato per lo studio di materiali provenienti da collezioni museali. L'analisi di reperti già presenti da tempo in deposito, caratterizzati da frammentazione elevata e documentazione parziale, dimostra come l'impiego combinato di metodologie tradizionali e biomolecolari possa restituire nuove informazioni, arricchendo dataset esistenti e permettendo reinterpretazioni aggiornate. Il lavoro su collezioni storiche può infatti avere ricadute sia per la comunità accademica, migliorando la base dati per analisi comparative, sia per il pubblico più ampio, attraverso la valorizzazione del patrimonio e la creazione di nuove opportunità di divulgazione (Ruebens et al., 2023; Smith et al., 2024).

## Capitolo 8. Conclusioni e prospettive

### 8.1 Un possibile percorso espositivo per le faune di Chiomonte

Nel corso del tempo, il ruolo tradizionale del museo di raccolta e conservazione di *“testimonianze materiali e immateriali aventi valore di civiltà”* si è evoluto verso nuovi modelli espositivi e mezzi di comunicazione e fruizione innovativi, ponendo tale istituzione in una posizione sempre più di mediazione tra patrimonio e persone (Ferruzza e Marras 2020). Come riportato dalla Carta di Siena 2.0, approvata durante il convegno di Cagliari del 2016 (XI Conferenza Permanente delle Associazioni Museali Italiane dal titolo *Musei e Paesaggi Culturali. La Carta di Siena 2.0*), i musei *“dallo svolgimento di compiti non limitati alle proprie collezioni, possono trarre sempre nuovi stimoli per il loro incremento e per la loro valorizzazione oltre che per la crescita del proprio patrimonio di conoscenze e competenze”*. Ciò pone in evidenza il valore assunto dalle analisi scientifiche condotte su reperti musealizzati, le quali consentono di creare nuove narrative capaci di coinvolgere il pubblico, oltre a creare nuova conoscenza. Inoltre, maggiore attenzione è solitamente posta nell’ambito comunicativo ed espositivo di ciò che è visibile, piuttosto che sul patrimonio *invisibile* custodito all’interno dei depositi museali (Muttillio 2016).

Come affermato da Dubrovskyi nel 2007 nel proporre una definizione di museo, la conoscenza derivante dalla ricerca e i mezzi attraverso cui questa viene trasmessa costituiscono la base di qualsiasi attività museale autentica. Il museo è infatti un’istituzione di ricerca, il cui scopo educativo rappresenta uno dei molteplici risultati applicativi del lavoro scientifico che vi si svolge (Yanenko 2017). Inoltre, i musei si stanno orientando sempre più verso un concetto che stimoli, susciti emozioni e coinvolga i visitatori, piuttosto che aderire alla tradizionale idea di esposizioni statiche (Kömleksiz 2023): comprendere le diverse e innovative metodologie di indagine che ci consentono oggi di ottenere una vasta gamma di informazioni a partire da un *“semplice osso”* costituisce senza dubbio un contenuto divulgativo stimolante per il pubblico, capace di stimolare riflessioni non solamente riguardanti il nostro passato, ma anche la scienza e l’ambiente. La museomica potrebbe essere inserita a pieno titolo nelle strategie museografiche, poiché queste potrebbero esporre all’interno delle mostre i risultati delle ricerche attivamente condotte, alimentando un dialogo tra persone coinvolte in discipline differenti (Lalueza-Fox 2022).

Presentare questi studi innovativi in modo significativo e accessibile al pubblico è tuttavia essenziale. L'avversione verso la scienza e la sua bassa comprensione tra i "non addetti ai lavori" trovano origine tra i banchi di scuola, dove gli studenti si allontanano dalle discipline scientifiche perché percepite come troppo difficili, noiose, teoriche o irrilevanti per le carriere non accademiche (Dunbar 1994; Cleaves 2005). Le persone possono persino adottare la strategia di ignorare determinati fatti scientifici come meccanismo per affrontare l'incertezza del mondo (Lewenstein e Bonney 2004), come dimostrato per tematiche quali i vaccini o il cambiamento climatico. Nei musei, un focus sulla ricerca che sottende lo studio dei materiali consente ai visitatori di avvicinarsi più profondamente alla comprensione di come il processo di conoscenza funzioni; non limitandosi a esporre ricerche isolate, ma presentare un quadro più ampio in cui metodologia, interpretazione e diffusione dei risultati operano in modo sinergico attraverso collaborazioni tra diversi specialisti, supera la natura sterile di un articolo scientifico accademico e coinvolge il pubblico del museo nel processo di ricerca (Copley 2010).

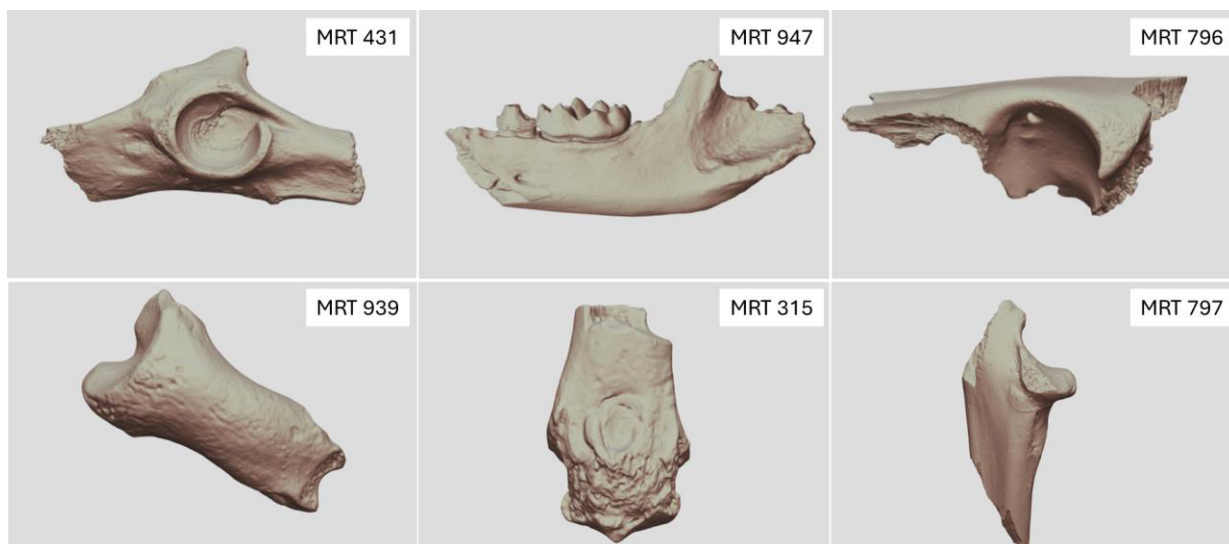
Si intende dunque proporre, in conclusione di questa ricerca di Dottorato, un possibile percorso espositivo per valorizzare i reperti studiati e comunicare al pubblico in modo semplice ed efficace le ricerche scientifiche avvenute all'interno dei laboratori. L'esposizione mirata di alcuni dei resti faunistici selezionati potrebbe consentire la realizzazione di una narrativa che, partendo dalle biomolecole, arriverebbe a raccontare la vita delle comunità che abitarono il territorio migliaia di anni fa. Tale approccio intende integrare le diverse discipline utilizzate al fine di renderle accessibili e comprensibili al pubblico, mostrando come un semplice osso può fornire diversi ordini di informazione.

Oltre al percorso espositivo, un modo per stimolare ulteriormente la curiosità dei visitatori è la realizzazione di modelli 3D, virtuali e/o stampati, dei reperti. Questo approccio interattivo rende l'esperienza maggiormente coinvolgente, senza però compromettere i resti archeologici, i quali sarebbero esposti all'interno di apposite vetrine. Ciò permette di comprendere meglio il lavoro archeozoologico, il quale richiede di maneggiare le ossa: ruotare e visualizzare il reperto da differenti angolazioni consente infatti di comprenderne meglio la morfologia (Manzollino et al. 2024). Una possibilità sarebbe data dall'utilizzo di schermi touch screen, ma un'alternativa più economica risiede nel fornire dei QR code che consentono di visualizzare i modelli 3D direttamente sugli smartphone.

La realizzazione di un'esposizione parzialmente interattiva basata su tecnologie digitali potrebbe poi rendere maggiormente efficace la comunicazione di concetti non visualizzabili e difficili da immaginare (Spadoni et al. 2022) come nel caso delle biomolecole e delle tecnologie impiegate per le relative analisi, ad esempio tramite video interattivi. Questo tipo di approccio renderebbe l'esposizione più immersiva e coinvolgente, adatta a differenti tipologie di pubblico, dalla didattica per le scolaresche alla divulgazione rivolta a un pubblico adulto.

Sono dunque proposti di seguito alcuni pannelli che narrano in maniera divulgativa il lavoro effettuato, con un focus su alcuni reperti di particolare interesse, pensati per far parte di un'esposizione di più ampio respiro che possa includere anche nuovi dati riguardanti la ceramica e la litica, in un'ottica di valorizzazione complessiva del sito e dei materiali recuperati. Un primo pannello verticale è stato realizzato allo scopo di fornire una breve panoramica del sito, con un focus sullo studio delle faune tra passato e presente, introducendo così il visitatore al contesto archeologico e agli obiettivi della ricerca. Segue un secondo pannello divulgativo che espone il metodo ZooMS in modo semplice e di facile comprensione, con l'intento di rendere accessibili anche i passaggi più tecnici dell'analisi biomolecolare. Vi sono poi due pannelli orizzontali: un primo riguardante le specie animali identificate grazie alle nuove analisi, con un focus specifico sulla gestione dei suini, e un secondo dedicato ai carnivori che vivevano a Chiomonte durante il Neolitico.

Sono stati realizzati sei modelli 3D dei campioni MRT 796 (*Sus scrofa*), MRT 947 (*Meles meles*), MRT 431 (*Lynx* sp.), MRT 315, MRT 939 e MRT 797 (*Ursus arctos*). I modelli sono stati acquisiti con uno scanner 3D Artec Micro II, elaborati tramite il software Artec Studio ed esportati in formato .fbx utilizzando Blender. Successivamente, sono stati caricati sulla piattaforma Sketchfab, collegando i rispettivi link a dei QR code che permettono la visualizzazione tridimensionale dei reperti su smartphone durante il percorso espositivo. In questo modo, il visitatore può interagire direttamente con i modelli e osservare nel dettaglio caratteristiche morfologiche altrimenti difficilmente percepibili.



**Figura 73.** I modelli 3D presenti nei pannelli espositivi, visualizzabili al link:  
<https://sketchfab.com/marlisamazzola/models>

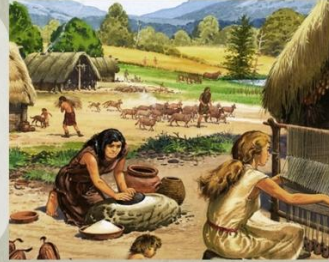
Al fine di favorire la lettura e garantire un design accessibile anche alle persone dislessiche, sono stati utilizzati font sans-serif, prestando attenzione per quanto possibile a mantenere un'adeguata spaziatura tra lettere e righe, e un alto contrasto tra testo e sfondo. I pannelli sono stati progettati per guidare l'utente nella lettura in modo intuitivo, grazie all'uso di illustrazioni e immagini esplicative che accompagnano visivamente i contenuti. Le parole chiave sono state evidenziate in grassetto, così da consentire una lettura rapida e permettere di cogliere le informazioni principali a colpo d'occhio. I pannelli orizzontali riguardanti le faune presenti, oltre al titolo e a un testo di carattere generale, includono anche dei focus tematici riguardanti la distribuzione della lince nel passato e la gestione dei suini nel Neolitico, evidenziati graficamente da una lente di ingrandimento. Questa soluzione consente ai fruitori dell'esposizione di scegliere il livello di approfondimento e di dettaglio che desiderano, offrendo un'esperienza di lettura personalizzabile, adatta a pubblici differenti.

# LA MADDALENA DI CHIOMONTE

Nuove storie, vecchie ossa:  
lo studio delle faune del passato

## Il villaggio neolitico

Circa **seimila anni fa**, comunità provenienti da **oltralpe** si stabilirono sul territorio de La Maddalena. Si trattava di popolazioni di **agricoltori e pastori**, che tuttavia ancora sfruttavano la **fauna selvatica** e le risorse che il territorio montano poteva offrire.

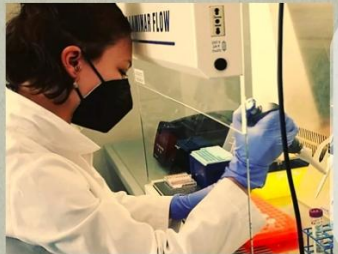


## Gli scavi degli anni Ottanta

Il sito venne alla luce durante i lavori di costruzione dell'autostrada del Frejus, restituendo numerosissimi reperti **ceramici, litici e faunistici**. Lo scavo avvenne secondo le **metodologie dell'epoca** e molta documentazione andò perduta negli anni.

## I primi studi sulle archeofaune

Uno **studio pilota** sulle ossa animali fu effettuato tra fine anni Ottanta e inizio anni Duemila, sulla base della sola **morfologia**. Moltissimi reperti sono però rimasti per anni custoditi nei depositi dei Musei Reali di Torino, senza essere mai stati studiati.



## Nuove analisi biomolecolari

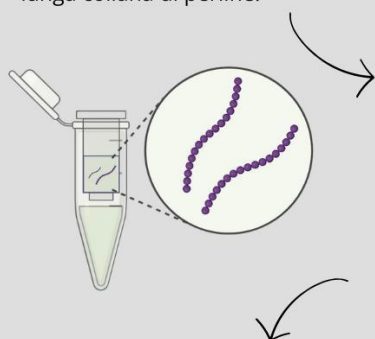
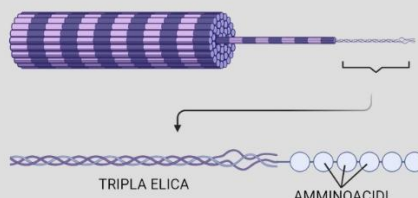
Oggi è possibile applicare **nuove metodologie di studio**, come le analisi delle proteine e del DNA antico. Utilizzando questi metodi innovativi, è stato quindi possibile comprendere **quali animali venivano allevati e cacciati** a La Maddalena di Chiomonte nel passato.

Figura 74. Pannello n° 1

# IL METODO ZOOMS

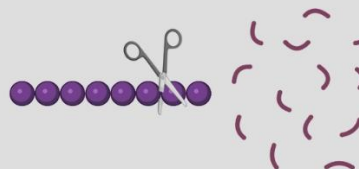


All'interno delle ossa è contenuto il **collagene**, la proteina più abbondante nei mammiferi. Questa proteina è composta da tre filamenti arrotolati tra di loro, composti a loro volta da una catena di **amminoacidi**, come una lunga collana di perline.



Per estrarre il collagene è sufficiente un pezzetto molto piccolo di osso, dal quale bisogna **eliminare la parte mineralizzata** utilizzando un acido. La proteina viene dunque "catturata" utilizzando degli appositi **filtri**, dei minuscoli colini in cui tutto ciò che ci interessa rimane al di sopra, mentre tutto ciò che va eliminato passa attraverso e viene buttato.

Si utilizza dunque un enzima chiamato **tripsina**, molecola che taglia la catena di amminoacidi in dei punti precisi. Si ottengono così dei **peptidi**, ovvero dei pezzetti di questa lunga catena, che hanno una massa differente tra le varie specie animali: le "perline" di questa catena, infatti, sono diverse.



Questi pezzetti di collagene vengono accelerati nel vuoto all'interno di uno **spettrometro di massa**, che ci restituisce degli **spettri** con dei **picchi** corrispondenti alla massa dei peptidi. A ciascun picco corrisponde un numero che consente di identificare tassonomicamente anche ossa molto frammentate.

Figura 75. Pannello n° 2

# LA FAUNA

Le analisi mostrano una prevalenza di **ovicaprini** tra le specie domestiche (28% dei resti totali), con una maggioranza di **capre** rispetto alle **pecore**. Seguono **bovini** e **suini**, ma solamente in pochi casi è stato possibile distinguere **maiale** da **cinghiale**. Sono inoltre presenti resti di **cane domestico**.

Tra gli animali selvatici emerge una netta prevalenza di resti di **cervo**, che costituisce circa il 15% del totale dei resti analizzati. Sono poi presenti in quantità minore altri erbivori tipici della fauna alpina quali lo **stambecco**, il **camoscio** e il **capriolo**. A completare il quadro della fauna selvatica figurano infine alcuni resti di carnivoro: sono presenti l'**orso**, la **lince** e il **tasso**.



La presenza di **suini** sia selvatici che domestici suggerisce un contesto di **sovrapposizione ecologica** tra le due forme, con tecniche di allevamento **semibrado**. Tali sistemi favorivano il libero movimento degli animali nei boschi e nelle radure, consentendo un'alimentazione autonoma, ma esponendoli anche al contatto genetico con le popolazioni selvatiche. Questa strategia di allevamento era probabilmente volta a **massimizzare la produzione di carne** sfruttando **risorse ambientali spontanee** come boschi e foreste, ricchi di ghiande e altri alimenti naturali per i suini. Inoltre, la scelta di non separare rigidamente le due popolazioni potrebbe essere stata intenzionale, finalizzata ad **aumentare la robustezza** degli animali domestici e/o a **migliorarne l'adattabilità** a contesti ecologici variabili.



Scannerizza il QR code per visualizzare il modello 3D!

Figura 76. Pannello n° 3

# I CARNIVORI

Tra gli animali presenti a Chiomonte durante il Neolitico sono state identificate alcune specie di carnivori oggi scomparse dall'area, come la **lince** e l'**orso bruno**, cacciati probabilmente per difesa, per sfruttarne la pelliccia o per altri scopi culturali.

Vi è inoltre traccia di piccoli carnivori tuttora presenti come il **tasso**, di cui è stato identificato un frammento di mandibola.

In passato, in Italia settentrionale erano presenti due specie di lince: la **lince europea** (*Lynx lynx*) e la **lince pardina** (*Lynx pardinus*), quest'ultima oggi distribuita solamente nella penisola iberica. La sua presenza è però attestata sino al sud della Francia fino a circa 2000 anni fa: è dunque possibile che il range di distribuzione della lince pardina durante il Neolitico fosse più vasto.



Lince europea (*Lynx lynx*)



Lince pardina (*Lynx pardinus*)



Scannerizza i QR code per visualizzare i modelli 3D!

Figura 77. Pannello n° 4

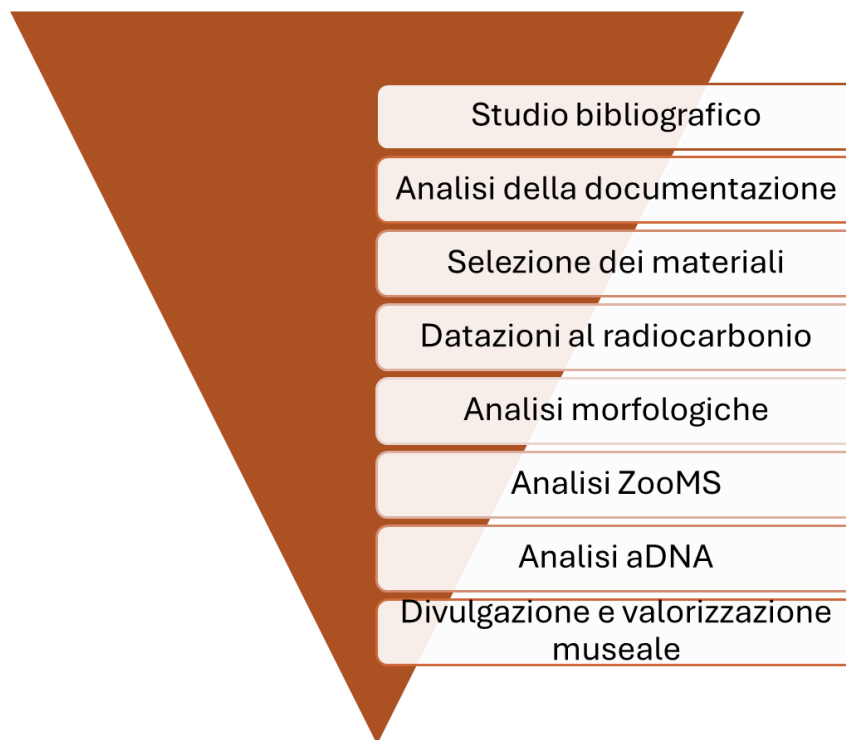
## 8.2 Un protocollo per lo studio e la valorizzazione delle archeofaune musealizzate

L'approccio adottato per l'analisi delle faune di Chiomonte-La Maddalena ha offerto l'occasione per sviluppare e mettere alla prova un protocollo di lavoro che può essere riproposto e adattato allo studio di altri materiali faunistici provenienti da contesti complessi e datati. Una parte consistente del patrimonio archeozoologico mondiale giace infatti ancora oggi nei depositi, spesso in condizioni di conservazione variabili e con documentazione contestuale frammentaria. Questi materiali, in larga parte derivanti da scavi condotti nella prima metà del Novecento, rappresentano archivi straordinari per lo studio delle pratiche economiche e ambientali del passato, ma rimangono per lo più inediti o sottoutilizzati (Jones 2015). L'enorme mole di resti non pubblicati custoditi nei musei riflette non solo l'ampiezza della ricerca archeologica svolta in decenni di indagini, ma anche la difficoltà nel tradurre in analisi sistematiche collezioni talvolta raccolte con metodi non standardizzati. Negli ultimi anni, tuttavia, si è sviluppata una crescente consapevolezza del valore scientifico di queste collezioni storiche: esse non sono semplicemente "materiale in deposito", ma fonti di dati unici per nuove domande di ricerca, anche grazie alla possibilità di applicare approcci biomolecolari.

La metodologia utilizzata in questo studio è stata caratterizzata dall'integrazione di approcci complementari, applicati in sequenza ma in costante dialogo tra loro. Chiomonte-La Maddalena, in tal senso, si configura come un caso studio pilota: l'efficacia di tale protocollo, applicato con successo a un sito alpino caratterizzato da una storia di scavo e museale complessa, ne suggerisce l'applicabilità anche ad altri contesti potenzialmente problematici.

Il principale ostacolo che si riscontra lavorando su collezioni storiche in ambito museale è la frammentarietà delle informazioni disponibili. A differenza degli studi effettuati su materiali freschi di scavo, è infatti necessario rimettere insieme diversi tasselli che nel tempo possono essere andati perduti. Il protocollo di indagine sviluppato, partendo da una ricognizione di ampio respiro per il reperimento di informazioni generali, si è poi concentrato sull'ottenimento di dati sempre più di dettaglio grazie all'utilizzo di metodologie oggi disponibili, ma non all'epoca dello scavo. Questo approccio, però, non termina all'interno dei laboratori e delle pubblicazioni scientifiche: una volta che la collezione ha restituito nuove informazioni, è fondamentale che queste vengano divulgate al pubblico in modo chiaro e

coinvolgente, così da restituire la storia del territorio a chi ancora lo abita. In questo studio lo sforzo si è prevalentemente concentrato sulla ricostruzione faunistica e, di conseguenza, sul rapporto tra animali e comunità umane che vivevano la Valle di Susa durante il tardo Neolitico, ma la metodologia può essere adattata anche ad altri contesti e tipologie di materiale, calibrando il *workflow* su diverse domande di ricerca.



**Figura 78.** Il protocollo sviluppato per lo studio e la valorizzazione delle archeofaune di Chiomonte

Lo studio della bibliografia disponibile, che ha consentito di inquadrare La Maddalena di Chiomonte all'interno del Neolitico alpino, è stato integrato dall'analisi della scarsa documentazione di scavo, costituita per lo più da appunti redatti a mano dagli archeologi che operarono sul sito a fine anni Ottanta. Questi appunti, seppur frammentari e non sempre di facile interpretazione, hanno permesso di definire i criteri per la selezione dei reperti da sottoporre alle successive fasi di analisi. Tale selezione è risultata essenziale, poiché le analisi di laboratorio richiedono un notevole dispendio di risorse economiche e temporali, entrambe da ottimizzare all'interno di un progetto con durata e fondi limitati.

Non trattandosi di reperti scavati di recente e da tempo custoditi nei depositi museali, la fase stessa di selezione e reperimento dei materiali ha richiesto un lungo lavoro preliminare. È stato infatti necessario un vero e proprio “scavo nelle cassette” per recuperare, tra le migliaia

di ossa provenienti da La Maddalena, i reperti ritenuti informativi secondo i criteri stabiliti mediante lo studio della documentazione. Sono stati così passati al vaglio decine e decine di sacchetti, recuperando i frammenti ossei destinati a uno studio integrato di morfologia, paleoproteomica e aDNA, così da testare la validità di tale approccio. Durante questo lavoro, eventuali reperti aggiuntivi ritenuti interessanti ma provenienti da fasi differenti sono stati comunque inclusi.

All'interno di questo protocollo, un passaggio cruciale è stato rappresentato dalle nuove datazioni al radiocarbonio, necessarie per tentare di chiarire la complessa cronologia del sito. L'ottenimento dei risultati ha richiesto diversi mesi ed è avvenuto mentre le altre analisi erano già in corso, concentrandosi inizialmente su reperti che l'archeologo Aureliano Bertone aveva interpretato come risalenti all'età del Bronzo. Nonostante la presenza di fasi del Bronzo a Chiomonte (Bertone et al. 2002), la stratigrafia è stata compromessa da eventi naturali e antropici, e le nuove datazioni non hanno restituito fasi più recenti del Neolitico. La complessità stratigrafica è stata così ulteriormente evidenziata, mostrando contemporaneità tra alcuni strati superiori e quelli inferiori e suggerendo un rimescolamento del deposito. Premessa la difficoltà di un inquadramento cronologico preciso, le indagini sono comunque proseguite mediante analisi archeozoologica classica, ZooMS e analisi del DNA antico. L'integrazione di queste differenti metodologie ha consentito di ottenere un robusto spettro faunistico e di dimostrare l'utilità di tecniche complementari nella ricostruzione delle strategie di sussistenza, dando voce a resti museali da tempo considerati "non diagnostici".

Il risultato metodologico più evidente riguarda la drastica riduzione della quantità di resti indeterminati, passata dal 24% al 4% del totale. Oltre a rappresentare un netto miglioramento quantitativo, questo dato segna un avanzamento qualitativo nella capacità di ricostruire un quadro tassonomico più nitido e dettagliato, che ha consentito di individuare nuove specie come la lince e di comprendere meglio la proporzione di erbivori presenti sul sito. La combinazione di diverse metodologie ha infatti permesso di affinare la determinazione dei resti, riducendo l'incertezza soprattutto nei casi in cui la sola morfologia non restituiva un'identificazione precisa (ad esempio *Ovis/Capra*, *Bos/Cervus*). Si tratta di un vero e proprio quadro metodologico integrato, in cui nessuna tecnica prevale sull'altra, ma tutte contribuiscono a una ricostruzione più solida.

### 8.3 Considerazioni finali e prospettive future

Questo lavoro di tesi costituisce un primo tassello per un possibile ri-studio più ampio delle faune chiomontine e dell'intero sito, con l'auspicabile riapertura di un museo del territorio. Il sito di Chiomonte-La Maddalena rappresenta un'importante fonte di informazioni per lo studio delle dinamiche economiche e sociali della comunità stanziata in questa località e, di conseguenza, del Neolitico alpino. L'insieme faunistico custodito presso i depositi museali, ricco sebbene frammentato, ha rivelato una grande ricchezza informativa utile per affrontare interrogativi relativi alle strategie di sussistenza, alla gestione delle risorse animali e all'adattamento umano a un ambiente caratterizzato al tempo stesso da vincoli ecologici e opportunità stagionali.

Dal punto di vista interpretativo, questi avanzamenti metodologici si sono tradotti in una ricostruzione più robusta delle pratiche economiche della comunità neolitica chiomontina. La compresenza di specie domestiche e selvatiche suggerisce una strategia di sussistenza diversificata e capace di sfruttare pienamente le risorse ambientali disponibili, implicando una profonda conoscenza del territorio. Il riconoscimento puntuale delle specie presenti ha consentito di distinguere, ad esempio, l'importanza degli ovicaprini, mentre la presenza abbondante di ungulati selvatici indica la chiara persistenza di pratiche venatorie, da leggere non come semplici retaggi ma come parte integrante di una strategia adattata al contesto alpino.

La comunità alpina de La Maddalena di Chiomonte non costituiva un gruppo marginale, ma era perfettamente inserita all'interno di più ampie reti di scambio e di circolazione di conoscenze. Il quadro economico emerso suggerisce infatti che le comunità locali fossero in grado di conciliare innovazioni legate alla domesticazione e pratiche tradizionali, integrando elementi propri delle pianure neolitiche con adattamenti specifici per l'ambiente montano. Le Alpi, infatti, non erano luoghi periferici o barriere impenetrabili, ma aree di scambio e di interazione culturale (Hafner et al. 2017), costituendo un laboratorio privilegiato per osservare i processi di adattamento umano.

L'insieme faunistico studiato, proveniente da una collezione musealizzata, dimostra come materiali custoditi da tempo in deposito possano fornire nuove informazioni attraverso metodologie non disponibili al momento dello scavo. Il sito diventa così esemplificativo della

capacità dei musei di funzionare come archivi in grado di generare nuovo sapere scientifico e di inserirsi attivamente nella ricerca contemporanea. Se da un lato Chiomonte-La Maddalena arricchisce la conoscenza sul Neolitico alpino, dall'altro costituisce un eccellente “banco di prova” per l'applicazione di metodologie innovative a collezioni complesse, delineando un modello replicabile per altri siti e musei.

Il protocollo sviluppato evidenzia il contributo che un approccio integrato può fornire non soltanto alla ricerca archeologica, ma anche alla riflessione sulle funzioni e responsabilità delle istituzioni museali e sull'utilità di un dialogo vivo tra differenti discipline. La ricerca sviluppata nel corso di questo dottorato ha permesso di affrontare in maniera congiunta non solo la ricostruzione delle strategie di sussistenza e delle dinamiche culturali in un contesto complesso come le Alpi neolitiche, ma anche la messa a punto di un protocollo di studio delle archeofaune che sia replicabile, trasferibile e sostenibile anche in ambito museale. Da un punto di vista metodologico, questo protocollo integrato utilizzando in sinergia morfologia, ZooMS e aDNA rappresenta un passo avanti nello studio delle archeofaune. L'applicazione consecutiva e complementare delle diverse tecniche ha dimostrato di ridurre in modo significativo la quota di resti indeterminati, così come la percentuale di errore che può derivare dal *bias* generato dalla soggettività dell'operatore nell'osservazione della sola morfologia. Questo approccio non sostituisce i metodi tradizionali ma li rafforza, aprendo a una prospettiva di ricerca interdisciplinare.

È verosimile che nei prossimi anni i metodi di *machine learning* applicati all'identificazione faunistica troveranno ampio impiego, ma ciò nonostante le decisioni dipendenti dal contesto restano cruciali quanto le competenze di identificazione. Un ipotetico “zooAI” potrà semplificare e velocizzare il lavoro di chi possiede già gli strumenti critici e metodologici adeguati, ma richiederà comunque le competenze di specialisti nel settore (Marom 2025). Questo lavoro apre la via a diverse prospettive di sviluppo: dal punto di vista delle analisi laboratoriali, una via da esplorare sarebbe un approfondimento mediante l'applicazione di analisi isotopiche, al fine di comprendere meglio la mobilità degli animali.

Lo studio di questi materiali ha dunque permesso di mettere a punto un protocollo metodologico ripetibile anche per altri contesti simili: un flusso integrato di metodologie e approcci che consente di estrarre un gran numero di informazioni da siti datati e musealizzati, laddove i metodi tradizionali, pur fondamentali, risultano talvolta insufficienti a restituire un

quadro interpretativo completo in contesti complessi, caratterizzati da numerose variabili tafonomiche, conservative e legate alle modalità di scavo archeologico.

Per quanto riguarda la valorizzazione museale, è auspicabile che i risultati ottenuti possano arricchire percorsi espositivi che favoriscano la comunicazione al pubblico dei risultati della ricerca. In questo senso, il lavoro di dottorato si propone non solo come contributo alla conoscenza delle società neolitiche alpine, ma anche come esempio di come la ricerca metodologica possa avere ricadute dirette sulla gestione e sulla valorizzazione del patrimonio museale, costruendo un ciclo virtuoso tra scienza e società.

La restituzione del patrimonio archeologico di Chiomonte–La Maddalena al territorio di provenienza rappresenta un passaggio imprescindibile per una ricerca che intenda dirsi pienamente compiuta. I reperti faunistici e materiali rinvenuti non costituiscono soltanto dati scientifici, ma testimonianze di lunga durata del rapporto tra le comunità alpine e il loro paesaggio. La loro esposizione in un museo locale, accessibile e partecipato, costituirebbe un atto di responsabilità verso la memoria materiale della valle e un'occasione di restituzione culturale per le popolazioni che abitano questi luoghi.

La vicenda recente del sito di Chiomonte–La Maddalena, compromesso in seguito ai lavori per la realizzazione della linea ferroviaria ad alta velocità Torino–Lione, solleva interrogativi profondi sul rapporto tra tutela del patrimonio e scelte infrastrutturali. Le criticità ambientali, economiche e sociali del progetto hanno infatti evidenziato come i costi ambientali e paesaggistici superino ampiamente i benefici dichiarati (Giunti et al. 2012; Clerico et al. 2015). In questo senso, l'archeologia è chiamata a documentare non solo le tracce del passato remoto, ma anche le scelte contemporanee che cancellano la memoria dei luoghi e ridisegnano, spesso in modo irreversibile, l'identità del paesaggio alpino.

# Appendici

## A) Materiale supplementare

**Tabella A**

Analisi zooarcheologiche e risultati dell'integrazione tra morfologia e ZooMS-aDNA (i tre campioni oggetto di analisi del DNA antico sono marcati da un asterisco):

ID	Q. X	Q. Y	Tg/US	Elemento anatomico	Porzioni conservate	Lato	Abito	Identificazione morfologica	Identificazione morfologia+ZooMS	Note	ZooMS
212	H	11	13	Astragalo	Intero	Sx	Bianco gessoso	Indeterminato	<i>Capra</i> sp.		Sì
214	H	11	13	Molare	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	<i>Bos taurus</i>		Sì
215	H	11	13	P4	Intero	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Ovis aries</i>	<i>Ovis aries</i>	Adulto - molto usurato	Sì
217	H	11	13	Dente	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis vel Capra</i>		Sì
218	H	11	13	Premolare	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis vel Capra</i>		Sì
219	H	11	13	Omero	Diafisi rotta longitudinalm.	Sx	Bianco gessoso	Indeterminato	Bovidae/Cervidae	Presenta evidente segno di taglio	Sì
221	H	11	13	Emimandibola	Frammento	Sx	Cotto (indefinito)	Indeterminato	Bovidae/Cervidae		Sì
222	H	11	13	Omero	Frammento diafisi	Sx	Cotto (indefinito)	Indeterminato	<i>Capra</i> sp.		Sì
225	H	11	13	Emimandibola	Frammento	Dx	Cotto (indefinito)	Indeterminato	Indeterminato		Sì
232	H	11	13	Metapodiale	Diafisi	Sx	Calcinato	<i>C. capreolus</i>	<i>Capreolus capreolus</i>		Sì
233	H	11	13	Emimandibola	Frammento	Dx	Cotto (indefinito)	Indeterminato	Indeterminato		Sì
240	H	11	13	Emimandibola	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	Indeterminato		Sì
313	M	14	14	Corno	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>		Sì
314	M	14	14	Metatarso	Epifisi prossimale e porzione diafisi	Sx	Bianco gessoso	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis vel Capra</i>		No
315	M	14	14	Metapodiale	Epifisi distale e porzione diafisi	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Ursus arctos</i>	<i>Ursus arctos</i>	Giovane - non fuso; cut marks	Sì
810	D	10	14	Calcagno	Epifisi distale	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		No
321	M	14	14	Vertebra	Frammento	n.d.	Arrossato/Arrostito	Indeterminato	Bovidae/Cervidae		Sì
840	B	10	14	Corno	Frammento	n.d.	Bianco gessoso	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>		Sì
325	M	14	14	I falange	Epifisi distale	n.d.	Brucciachiato	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos taurus</i>		No
867	F	7	147bis	Corno	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>		Sì
780	L	13	14	Atlante	Arco vertebrale	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Sus</i> sp.	<i>Sus</i> sp.	Rosicchiato - masticazione	No
351	M	14	14	Molare	Intero	Dx	Brucciachiato	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis aries</i>	Adulto	Sì
352	M	14	14	Incisivo da latte	Intero	n.d.	Brucciachiato	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis aries</i>	Giovane	Sì
353	M	14	14	Coxale	Tuberosità ischiatica	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis aries</i>		Sì
356	M	14	14	Vertebra	Corpo vertebrale	n.d.	Brucciachiato	<i>Canis familiaris</i>	<i>Canis familiaris</i>		No
357	M	14	14	Femore	Testa	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis aries</i>	Punctures	Sì
358	M	14	14	Carpale	Intero	n.d.	Brucciachiato	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis vel Capra</i>		Sì
359	M	14	14	Metatarso	Epifisi prossimale e porzione diafisi	Sx	Arrossato/Arrostito	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis aries</i>	Cut marks	Sì
984	M	14	19	Calcagno	Intero	Dx	Arrossato/Arrostito	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		No
361 + 370	M	14	14	Scapola	Collo e cavità glenoidea	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Canis familiaris</i>	<i>Canis familiaris</i>		No

422	M	14	14	Calcagno	Epifisi distale e diafisi	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Sus sp.</i>	<i>Sus sp.</i>		No
868	F	7	147bis	Corno	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>		Sì
869	F	7	147bis	Corno	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>		Sì
392	M	14	14	Emimandibola	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis vel Capra</i>		No
393	M	14	14	Metapodiale	Frammento diafisi	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	<i>Bos taurus</i>		Sì
406	M	14	14	Costa	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Sus domesticus</i>	<i>Sus domesticus</i>	Cut marks	Sì
894	B	5	16	Costa	Testa	n.d.	Arrossato/Arrostito	Indeterminato	<i>Sus sp.</i>	Cut marks	Sì
707	M	14	17	Cranio	Frammento	n.d.	Brucciachiato	<i>Sus sp.</i>	<i>Sus sp.</i>		No
424	M	14	14	Cranio	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos taurus</i>		Sì
425	M	14	14	Metatarso	Epifisi prossimale	Sx	Brucciachiato	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis vel Capra</i>		Sì
427	M	14	14	I falange	Epifisi distale e porzione diafisi	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Capra ibex</i>	<i>Capra ibex</i>	Fratturata per estrazione midollo; cut marks	No
428	M	14	14	II falange	Intero	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos taurus</i>	Punctures	No
431	M	14	14	Coxale	Acetabolo, ramo superiore del pube, spina iliaca antero-inferiore, spina ischiatica, corpo dell'osso iliatico	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Lynx sp.</i>	<i>Lynx lynx / Lynx pardinus</i>		Sì
870	F	7	147bis	Corno	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>		Sì
453	M	14	17	Tibia	Frammento diafisi	Dx	Cotto (indefinito)	Indeterminato	Bovidae/Cervidae		Sì
710	M	14	17	I falange	Intero	n.d.	Arrossato/Arrostito	<i>Capra ibex</i>	<i>Capra ibex</i>		No
778	L	13	14	Cranio	Porzione osso frontale con cavità orbitale	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	<i>Sus sp.</i>	Segni molto evidenti	Sì
486	M	14	17	Vertebra	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	<i>Ursus arctos</i>		Sì
489	M	14	17	Radio	Frammento diafisi	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	Indeterminato		Sì
490	M	14	17	Coxale	Corpo dell'ischio	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	Bovidae/Cervidae		Sì
713	M	14	17	Coxale	Corpo dell'ileo, porzione craniale acetabolo e spina ischiatica	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>	Cut marks	No
824	F	8	145	Coxale	Porzione ileo e acetabolo	n.d.	Bianco gessoso	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		No
980	M	14	16	Coxale	Corpo dell'ileo e porzione acetabolo	n.d.	Arrossato/Arrostito	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		No
674	M	14	17	Cranio	Frammento osso temporale	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	Bovidae/Cervidae		Sì
677	M	14	17	Radio-Ulna	Frammento diafisi	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	<i>Capra sp.</i>		Sì
678	M	14	17	I falange	Frammento diafisi ed entrambe epifisi, fratturata longitudinalm.	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>R. rupicapra</i>	<i>Rupicapra rupicapra</i>	Fratturata per estrazione midollo	No
682	M	14	17	Emimandibola	Frammento	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Bos taurus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		Sì
684	M	14	17	Metapodiale	Frammento diafisi	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis aries</i>	Punctures	Sì
686	M	14	17	Radio	Porzione prossimale diafisi frammentata longitudinalm. - epifisi non fusa assente	Dx	Cotto (indefinito)	Indeterminato	Bovidae/Cervidae	Non fuso - individuo giovane	Sì

799	D	10	14	I falange	Epifisi prossimale	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Capra ibex</i>	<i>Capra ibex</i>	Fratturata per estrazione midollo	No
689	M	14	17	Coxale	Corpo dell'ileo	Sx	Cotto (indefinito)	Indeterminato	<i>Bos taurus</i>		Sì
872	F	7	147bis	Corno	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>		Sì
796	C	11	13	Cranio	Frontale	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Sus scrofa</i>	<i>Sus scrofa</i>		No
804	D	10	14	Cranio	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Sus sp.</i>	<i>Sus sp.</i>		Sì
708	M	14	17	Metacarpo	Epifisi e porzione diafisi fratturate longitudinalm.	Sx	Cotto (indefinito)	Indeterminato	<i>Capra sp.</i>	Cut marks	Sì
709	M	14	17	Tibia	Epifisi distale e porzione diafisi	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Ovis aries</i>	<i>Ovis aries</i>		Sì
688	M	14	17	II falange	Intero	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Capra ibex</i>	<i>Capra ibex</i>		No
711	M	14	17	Femore	Frammento diafisi	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Bos/Cervus</i>	<i>Bos taurus</i>		Sì
712	M	14	17	Ulna	Epifisi prossimale	Dx	Arrossato/Arrostito	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos taurus</i>		No
715	M	14	17	Epistrofeo	Porzione processo articolare	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		No
783	F	8	145	Femore	Frammento diafisi	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Bos/Cervus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		Sì
318	M	14	14	I falange	Epifisi distale	n.d.	Arrossato/Arrostito	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>	Fratturata per estrazione midollo; punctures	No
718	M	14	17	Omero	Porzione distale diafisi - epifisi non fusa assente	Sx	Cotto (indefinito)	Indeterminato	Bovidae/Cervidae	Non fuso - individuo giovane	Sì
360	M	14	14	I falange	Epifisi distale e porzione diafisi	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>	Fratturata per estrazione midollo; cut marks	No
856	F	7	147bis	I falange	Epifisi distale e parte diafisi fratturate longitudinalm.	n.d.	Bruciacchiato	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>	Fratturata per estrazione midollo	No
909	F	8	145	Dente	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Sus sp.</i>	<i>Sus sp.</i>		Sì
725	M	14	17	Omero	Epifisi distale	Sx	Cotto (indefinito)	<i>R. rupicapra</i>	<i>Rupicapra rupicapra</i>		No
821	F	8	145	Emimandibola	Frammento	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Sus sp.</i>	<i>Sus sp.</i>		No
858	F	7	147bis	I falange	Epifisi prossimale	n.d.	Bruciacchiato	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>	Fratturata per estrazione midollo	No
902	F	7	147bis	I falange	Porzione epifisi distale fratturata longitudinalm.	n.d.	Arrossato/Arrostito	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>	Fratturata per estrazione midollo	No
966	M	14	19	I falange	Epifisi distale	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>	Fratturata per estrazione midollo	No
747	M	14	17	Radio-Ulna	Epifisi prossimale	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos taurus</i>		No
777	L	13	14	Radio	Epifisi prossimale	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Bos taurus</i>		No
828	F	8	145	Emimandibola	Frammento	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Sus sp.</i>	<i>Sus sp.</i>		No
779	L	13	14	Astragalo	Intero	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos taurus</i>	Taglia piccola; cut marks	No
934	L	13	14	Emimandibola	Frammento	n.d.	Bruciacchiato	Indeterminato	<i>Sus sp.</i>		Sì
781	L	13	14	Terzo molare	Intero	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Capra hircus</i>	<i>Ovis aries</i>	Adulto	Sì
875	D	10	14	Corno	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>		Sì
808	D	10	14	II falange	Epifisi distale	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		No
876	D	10	14	Corno	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>		Sì
851	F	7	147bis	II falange	Intero	n.d.	Bruciacchiato	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		No
792	C	11	13	Scapola	Frammento	Dx	Cotto (indefinito)	Indeterminato	<i>Capra sp.</i>		Sì

793	C	11	13	Metatarso	Epifisi prossimale	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos taurus</i>		No
918	B	5	11	Fibula	Epifisi distale	n.d.	Arrossato/Arrostito	Indeterminato	<i>Sus sp.</i>		Sì
797	M	17	17	Radio-Ulna	Epifisi prossimale e porzione diafisi	Sx	Cotto (indefinito)	Indeterminato	<i>Ursus arctos</i>		Sì
887	D	10	14	Corno	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>		Sì
459	M	14	17	Metacarpo	Frammento epifisi prossimale e diafisi	Sx	Cotto (indefinito)	Indeterminato	<i>Capra ibex</i>		Sì
831	B	4	16	Metacarpo	Epifisi distale	Dx	Arrossato/Arrostito	<i>Capra ibex</i>	<i>Capra ibex</i>		No
801	D	10	14	Cranio	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	Bovidae/Cervidae		Sì
802	D	10	14	II falange	Intero	n.d.	Arrossato/Arrostito	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos taurus</i>		No
862	F	7	147bis	II falange	Epifisi distale e porzione diafisi	n.d.	Bianco gessoso	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		No
402	M	14	14	I falange	Epifisi distale	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Sus sp.</i>	<i>Sus sp.</i>		No
805	D	10	14	I falange	Epifisi distale	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis aries</i>		Sì
806	D	10	14	Metapodiale	Epifisi prossimale	Sx	Bianco gessoso	<i>Bos/Cervus</i>	<i>Bos taurus</i>		Sì
807	D	10	14	Navicolare	Intero	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>R. rupicapra</i>	<i>Rupicapra rupicapra</i>		No
950	M	14	20	II falange	Frammento epifisi distale	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		No
809	D	10	14	Radio-Ulna	Epifisi distale	Dx	Brucciachiato	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis vel Capra</i>	Foro presente presso estremità prossimale ulna	No
1004	M	14	16	II falange	Epifisi distale	n.d.	Arrossato/Arrostito	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>	Fratturata per estrazione midollo	No
811	D	10	14	Femore	Testa	n.d.	Arrossato/Arrostito	Indeterminato	Bovidae/Cervidae		Sì
812	D	10	14	Primo o secondo molare	Intero	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos taurus</i>		No
813	D	10	14	Molare superiore	Intero	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos taurus</i>		No
814	D	10	14	Terzo molare superiore	Intero	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos taurus</i>		No
469	M	14	17	I falange	Intero	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Sus scrofa</i>	<i>Sus scrofa</i>		Sì
888	D	10	14	Corno	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>		Sì
1002	M	14	16	Corno	Base corno e porzione cranio	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>		No
818	D	10	14	Premolare superiore	Intero	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos taurus</i>		No
819	D	10	14	Molare	Intero	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos taurus</i>		No
820	D	10	14	Molare	Intero	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	<i>Capra sp.</i>		Sì
825	F	8	145	I falange	Intero	n.d.	Brucciachiato	<i>Sus domesticus</i>	<i>Sus domesticus</i>		No
822	F	8	145	Metapodiale	Condilo distale	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Capra ibex</i>	<i>Capra ibex</i>		No
803	D	10	14	III falange	Intero	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		No
949	M	14	20	I falange	Intero	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Sus sp.</i>	<i>Sus sp.</i>	Cut marks	No
893	B	5	16	II falange	Intero	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Sus domesticus</i>	<i>Sus domesticus</i>		No
815	D	10	14	Mascellare	Conservati P2, P3, P4	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Sus sp.</i>	<i>Sus sp.</i>	Femmina	No
917	B	5	11	Metacarpo	Epifisi distale	n.d.	Arrossato/Arrostito	<i>Sus scrofa</i>	<i>Sus scrofa</i>		No
926	L	13	14	Metatarso	Epifisi prossimale	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Capra ibex</i>	<i>Capra ibex</i>		No
816	D	10	14	Emimandibola	Conservato dP4	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>		No
800	D	10	14	Omero	Epifisi distale	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Capra ibex</i>	<i>Capra ibex</i>		No
817	D	10	14	Emimandibola	Conservato dP3	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Capra hircus</i>		Sì
835	B	4	16	Primo o secondo molare inferiore	Intero	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos taurus</i>		No

836	B	4	16	Primo o secondo molare inferiore	Intero	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Ovis aries</i>	<i>Ovis aries</i>		No
837	B	4	16	Primo o secondo molare superiore	Intero	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos taurus</i>	Individuo adulto	No
838	B	4	16	Molare	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis aries</i>	Individuo giovane	Sì
839	B	4	16	Emimandibola	Conservato dP4 intero e frammenti dP2 e dP3	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>	Individuo giovane	No
435	M	14	14	I falange	Intero	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>		No
704	M	14	17	I falange	Intero	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>		Sì
842	B	10	14	Epistroteo	Processo articolare	n.d.	Arrossato/Arrostito	Indeterminato	<i>Capreolus capreolus</i>	Masticato	Sì
669	M	14	17	Metacarpo	Epifisi prossimale	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>	Cut marks	No
844	B	10	14	Molare	Frammento	n.d.	Bianco gessoso	<i>Bos/Cervus</i>	<i>Bos taurus</i>		Sì
843	B	10	14	Metacarpo	Epifisi prossimale	Dx	Bianco gessoso	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		Sì
846	B	10	14	Astragalo	Intero	Sx	Bianco gessoso	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos taurus</i>		No
847	F	7	147bis	Emimandibola	Frammento	n.d.	Bianco gessoso	<i>Bos/Cervus</i>	<i>Bos taurus</i>		Sì
848	F	7	147bis	Metacarpo	Porzione diafisi	Dx	Bruciacciato	Indeterminato	Indeterminato	Taglia piccola	Sì
849	F	7	147bis	Ulna	Epifisi prossimale	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Ursus arctos</i>	<i>Ursus arctos</i>		No
850	F	7	147bis	Metacarpo	Epifisi prossimale e porzione diafisi	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		No
997	M	14	16	Metapodiale	Frammento diafisi	n.d.	Arrossato/Arrostito	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		No
938	L	13	14	Molare	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	<i>Cervus elaphus</i>		Sì
854	F	7	147bis	Corno	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	<i>Bos taurus</i>		Sì
859	F	7	147bis	I falange	Intero	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>	Masticato	No
670	M	14	17	Omero	porzione epifisi distale	Dx	Bruciacciato	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>	Cut marks	No
857	F	7	147bis	Radio	Epifisi prossimale	Sx	Arrossato/Arrostito	Indeterminato	Bovidae/Cervidae		Sì
910	L	13	14	Omero	Epifisi distale	Sx	Bianco gessoso	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>	Cut marks	No
832	B	4	16	II falange	Intero	n.d.	Bruciacciato	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>	Punctures	No
727	M	14	17	Radio	Epifisi prossimale e porzione diafisi	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Bos taurus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		Sì
863	F	7	147bis	Coxale	Porzione acetabolo	n.d.	Bruciacciato	Indeterminato	Indeterminato		Sì
864	F	7	147bis	Metapodiale	Epifisi prossimale e porzione diafisi	Sx	Cotto (indefinito)	Indeterminato	Indeterminato		Sì
865	F	7	147bis	Metapodiale	Condilo distale	n.d.	Bruciacciato	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis vel Capra</i>		No
866	F	7	147bis	Capitato-trapezoide	Intero	n.d.	Bruciacciato	<i>R. rupicapra</i>	<i>Rupicapra rupicapra</i>		No
933	L	13	14	II falange	Intero	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>	Escrescenze - individuo anziano	No
953	M	14	20	II falange	Frammento	n.d.	Calcinato	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>		No
968	M	14	19	II falange	Intero	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>	Giovane	No
349	M	14	14	II molare superiore	Intero	Dx	Bruciacciato	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Capra hircus</i>	Giovane	Sì
923	B	5	11	Mascellare	Conservati M1 e M2	Dx	Arrossato/Arrostito	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Capra hircus</i>	Individuo giovane	Sì
324	M	14	14	Metacarpo	Epifisi	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Capra hircus</i>	Giovane	Sì
880	D	10	14	Metapodiale	Frammento epifisi prossimale	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Capra hircus</i>		Sì
877	D	10	14	Radio-Ulna	Porzione diafisi	n.d.	Carbonizzato	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis vel Capra</i>	Punctures	No

878	D	10	14	I falange	Intero	n.d.	Bruciacchiato	<i>C. capreolus</i>	<i>Capreolus capreolus</i>		No
879	D	10	14	Metapodiale	Epifisi prossimale	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis vel Capra</i>		Sì
889	D	10	14	Metapodiale	Condilo distale	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Capra hircus</i>		Sì
964	M	14	19	Metacarpo	Frammento epifisi distale	n.d.	Bruciacchiato	<i>Sus sp.</i>	<i>Sus sp.</i>		No
882	D	10	14	Costa	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	<i>Capra sp.</i>		Sì
883	D	10	14	Molare	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	<i>Bos taurus</i>		Sì
884	D	10	14	II falange	Intero	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis vel Capra</i>		Sì
885	D	10	14	Corno	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	Bovidae/Cervidae		Sì
886	D	10	14	Metapodiale	Porzione diafisi frammentata longitudinalm.	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	Bovidae/Cervidae		Sì
911	L	13	14	Molare	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Capra hircus</i>		Sì
784	F	8	145	Omero	Epifisi distale	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Capra hircus</i>		Sì
985	M	14	19	Omero	Epifisi distale	Sx	Arrossato/Arrostito	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>		No
362	M	14	14	Metapodiale	Condilo trocleare	n.d.	Bruciacchiato	<i>Sus sp.</i>	<i>Sus sp.</i>	Punctures	No
891	D	10	14	Corno	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	<i>Bos taurus</i>		Sì
892	B	5	16	Tibia	Frammento diafisi	Sx	Cotto (indefinito)	Indeterminato	<i>Capra sp.</i>		Sì
890	D	10	14	Metapodiale	Condilo distale	n.d.	Bruciacchiato	<i>Sus sp.</i>	<i>Sus sp.</i>	Non fuso - individuo giovane	No
916	B	5	11	Metatarso	Intero	Dx	Bruciacchiato	<i>Sus sp.</i>	<i>Sus sp.</i>		No
895	B	5	16	Metapodiale	Porzione diafisi e condilo distale fratturati longitudinalm. (in modo simile a 897)	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	Bovidae/Cervidae		Sì
896	B	5	16	Dente	Frammento	n.d.	Bianco gessoso	Indeterminato	<i>Bos taurus</i>		Sì
897	B	5	16	Metapodiale	Porzione diafisi e condilo distale fratturati longitudinalm. (in modo simile a 895)	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Canis familiaris</i>	<i>Capreolus capreolus</i>		Sì
898	B	5	16	Dente	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	Bovidae/Cervidae	Molto consumato	Sì
899	B	5	16	Molare	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Bos taurus</i>	Molto consumato	Sì
791	C	11	13	Radio	Epifisi distale e porzione diafisi	Sx	Bianco gessoso	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		No
903	F	7	147bis	Metapodiale	Diafisi	n.d.	Bruciacchiato	Indeterminato	Indeterminato		Sì
904	F	7	147bis	II falange	Intero	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Rupicapra rupicapra</i>	<i>Rupicapra rupicapra</i>		No
905	F	7	147bis	Femore	Frammento diafisi	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	Bovidae/Cervidae		Sì
906	F	7	147bis	Metapodiale	Epifisi prossimale e porzione diafisi	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	Bovidae/Cervidae		Sì
845	B	10	14	Radio	Epifisi distale	Sx	Bianco gessoso	<i>Bos/Cervus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		Sì
908	F	8	145	Cranio	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	Indeterminato		Sì
350	M	14	14	Molare	Intero	n.d.	Bruciacchiato	<i>Sus sp.</i>	<i>Sus sp.</i>		No
853	F	7	147bis	Radio	Epifisi distale	Dx	Bruciacchiato	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		No
1001	M	14	16	Omero	Epifisi distale	Sx	Bruciacchiato	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>		No
782	L	13	14	Primo o secondo molare	Frammento	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>		No
913	B	6	13	Primo o secondo molare	Intero	n.d.	Bruciacchiato	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos taurus</i>		No
914	B	5	13	Femore	Frammento diafisi	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	Bovidae/Cervidae		Sì

915	B	5	13	Tibia	Frammento diafisi	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Bos/Cervus</i>	<i>Bos/Cervus</i>	Cut marks	Sì
829	F	8	145	Molare	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Sus sp.</i>	<i>Sus sp.</i>		No
705	M	14	17	Omero	Frammento porzione distale diafisi	Sx	Arrossato/Arrostito	<i>Sus sp.</i>	<i>Sus sp.</i>		No
881	D	10	14	Quarto metacarpo	Epifisi prossimale	n.d.	Brucciachiato	<i>Sus sp.</i>	<i>Sus sp.</i>		Sì
919	B	5	11	Molare superiore	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos taurus</i>		No
920	B	5	11	Emimandibola	Frammento	Dx	Cotto (indefinito)	Indeterminato	<i>Canis familiaris</i>		Sì
921	B	5	11	Radio-Ulna	Porzione diafisi	n.d.	Arrossato/Arrostito	Indeterminato	<i>Capra sp.</i>		Sì
922	B	5	11	Astragalo	Intero	Sx	Brucciachiato	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos taurus</i>		No
834	B	4	16	Primo o secondo molare inferiore	Intero	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>		No
924	B	5	11	Molare superiore	Intero	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos taurus</i>		No
724	M	14	17	Scapola	Frammento collo con porzione superiore	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Sus scrofa</i>	<i>Sus scrofa</i>	Punctures	No
833	B	4	16	Omero	Epifisi distale	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Capra ibex</i>	<i>Capra ibex</i>		No
726	M	14	17	Scapola	Frammento collo con porzione superiore	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Sus sp.</i>	<i>Sus domesticus</i>	Punctures	No
928	L	13	14	Ulna	Porzione epifisi prossimale e diafisi	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Bos/Cervus</i>	<i>Bos/Cervus</i>		Sì
826	F	8	145	Scapola	Cavità glenoidea	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Canis familiaris</i>	<i>Sus domesticus</i>		Sì
930	L	13	14	Radio-Ulna	Porzione diafisi	n.d.	Arrossato/Arrostito	Indeterminato	<i>Capra sp.</i>	cut marks	Sì
931	L	13	14	I falange	Porzione epifisi distale fratturata longitudinalm.	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	<i>Capra sp.</i>	Fratturata per estrazione midollo	Sì
925	L	13	14	Scapola	Frammento	Dx	Arrossato/Arrostito	<i>Sus sp.</i>	<i>Sus sp.</i>		No
375	M	14	14	Radio	Frammento diafisi	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Capra hircus</i>		Sì
927	L	13	14	Scapola	Collo	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	<i>Sus sp.</i>		Sì
935	L	13	14	II falange	Epifisi prossimale	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis aries</i>	Assottigliato, forse digerito	No
936	L	13	14	Corno	Base	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	<i>Capra sp.</i>		Sì
937	M	17	17	Omero	Epifisi distale	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Capra ibex</i>	<i>Capra ibex</i>		No
907	F	8	145	Radio	Epifisi distale	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		Sì
939	L	13	14	I falange	Intero	n.d.	Arrossato/Arrostito	<i>Ursus arctos</i>	<i>Ursus arctos</i>		No
941	L	13	14	Femore	Testa	n.d.	Brucciachiato	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis aries</i>		Sì
942	L	13	14	I falange	Intero	n.d.	Arrossato/Arrostito	<i>Ovis aries</i>	<i>Ovis aries</i>		No
943	L	13	14	Primo o secondo molare inferiore	Intero	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis aries</i>		Sì
945	L	13	14	Vertebra	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	<i>Bos taurus</i>		Sì
946	L	13	14	Astragalo	Fratturato	Sx	Cotto (indefinito)	Indeterminato	<i>Ursus arctos</i>		Sì
947	L	13	19	Emimandibola	Conservati P4 e M1	Dx	Arrossato/Arrostito	Carnivoro	<i>Meles meles</i>		Sì
929	L	13	14	Scapola	Frammento	n.d.	Arrossato/Arrostito	Indeterminato	<i>Sus sp.</i>		Sì
999	M	14	12	Radio-Ulna	Epifisi prossimale e porzione diafisi	n.d.	Calcinato	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		No
951	M	14	20	Capitato-trapezoide	Intero	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos taurus</i>		No
952	M	14	20	Metacarpo	Epifisi prossimale	Sx	Carbonizzato	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis vel Capra</i>		No

381	M	14	14	Radio-Ulna	Frammento diafisi	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>		Sì
959	M	13 - 14	20	Ulna	Frammento epifisi prossimale	Sx	Bruciacchiato	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis vel Capra</i>		No
960	M	14	12	Scapola	Frammento	Sx	Arrossato/Arrostito	<i>Bos/Cervus</i>	<i>Bos/Cervus</i>		No
961	M	14	12	Femore	Testa	n.d.	Bruciacchiato	<i>Bos/Cervus</i>	<i>Bos/Cervus</i>		No
962	M	14	12	Astragalo	Intero	Sx	Carbonizzato	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis vel Capra</i>		No
963	M	14	19	Scapola	Frammento	Sx	Bruciacchiato	<i>Sus sp.</i>	<i>Sus sp.</i>		No
932	L	13	14	Terzo o quarto metacarpo	Epifisi prossimale e porzione diafisi	n.d.	Arrossato/Arrostito	<i>Sus sp.</i>	<i>Sus sp.</i>		Sì
732	M	14	17	Scapola	Cavità glenoidea	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		No
967	M	14	19	Il falange	Intero	n.d.	Arrossato/Arrostito	<i>Ovis aries</i>	<i>Ovis aries</i>	Cut marks	No
855	F	7	147bis	Scapola	Collo e cavità glenoidea	Dx	Arrossato/Arrostito	Indeterminato	<i>Capra hircus</i>		Sì
975	M	14	23	Tibia	Frammento	Sx	Carbonizzato	Indeterminato	Indeterminato		No
976	M	14	23	Femore	Testa e porzione diafisi	n.d.	Arrossato/Arrostito	Indeterminato	Indeterminato	Non del tutto fuso - individuo giovane; cut marks	No
977	M	14	23	Emimandibola	Conservato M2	Sx	Arrossato/Arrostito	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis vel Capra</i>		No
979	M	14	16	Scapola	Acetabolo	Sx	Carbonizzato	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		No
668	M	14	17	Tibia	Epifisi distale e porzione diafisi	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Bos/Cervus</i>	<i>Cervus elaphus</i>	Cut marks	Sì
720	M	14	17	Tibia	Epifisi distale	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Bos/Cervus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		Sì
981	M	14	16	Radio-Ulna	Diafisi	n.d.	Arrossato/Arrostito	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis vel Capra</i>		No
983	M	14	19	Femore	Epifisi distale	Dx	Arrossato/Arrostito	<i>Bos/Cervus</i>	<i>Bos/Cervus</i>	Cut marks	No
731	M	14	17	Tibia	Epifisi distale e porzione diafisi	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Bos/Cervus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		Sì
912	L	13	14	Terzo molare	Frammento	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Capra hircus</i>		Sì
991	M	14	16	Metacarpo	Epifisi prossimale e porzione diafisi	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Ovis vel Capra</i>	<i>Ovis vel Capra</i>		No
978	M	14	16	Tibia	Epifisi distale	Dx	Carbonizzato	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		No
998 *	L	13	21	Rocca petrosa	-	n.d.	Cotto (indefinito)	Indeterminato	Bovidae/Cervidae (* aDNA: <i>C. elaphus</i> )		Sì
717	M	14	17	Ulna	Porzione epifisi prossimale	Sx	Cotto (indefinito)	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		Sì
798	M	17	17	Terzo molare inferiore	Frammento	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>		No
841	B	10	14	Terzo premolare	Intero	Dx	Cotto (indefinito)	<i>Capra hircus</i>	<i>Capra hircus</i>		Sì
722	M	14	17	Vertebra	Corpo vertebrale, processo trasverso e peduncoli	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Bos/Cervus</i>	<i>Cervus elaphus</i>		Sì
FF 3438 *	?	?	?	Rocca petrosa	-	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos taurus</i> (* aDNA: <i>Bos taurus</i> )		Sì
FF 4415 *	?	?	?	Rocca petrosa	-	n.d.	Cotto (indefinito)	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos taurus</i> (* aDNA: <i>Bos taurus</i> )		Sì

## Tabella B

Analisi ZooMS: non è stata presa nota di *taxa* provenienti da altri continenti, mentre alcune specie come l'alce (*Alces alces*), il daino (*Dama dama*), l'uro (*Bos primigenius*) e il bisonte europeo (*Bison bonasus*) sono state, benché la loro presenza risulti estremamente improbabile per il periodo e il contesto geografico in questione. Le specie prese in considerazione per l'analisi faunistica sono indicate in grassetto.

ID	Possibili specie	Marker utilizzati per la determinazione
212	<b><i>C. ibex</i>, <i>C. hircus</i></b>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
214	<b><i>B. taurus</i>, <i>B. primigenius</i>, <i>B. bonasus</i></b>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 978: <b>1192,6</b> ; α2 978 (+16): <b>1208,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2853,4</b> ; α1 586 (+16): <b>2869,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
215	Assenza di collagene	
217	Assenza di collagene	
218	Assenza di collagene	
219	<b><i>R. rupicapra</i>, <i>O. aries</i>, <i>C. elaphus</i>, <i>A. alces</i>, <i>D. dama</i></b>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
221	<b><i>R. rupicapra</i>, <i>O. aries</i>, <i>C. elaphus</i>, <i>A.</i> <i>alces</i>, <i>D. dama</i>, <b><i>B. taurus</i>, <i>B.</i></b> <b><i>primigenius</i>, <i>B. bonasus</i></b></b>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
222	<b><i>C. ibex</i>, <i>C. hircus</i></b>	α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 757: <b>3077,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
225	Assenza di collagene	
232	Assenza di collagene	
233	Assenza di collagene	
240	Assenza di collagene	
313	<b><i>C. ibex</i>, <i>C. hircus</i></b>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 757: <b>3077,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
315	Assenza di collagene	
321	<b><i>R. rupicapra</i>, <i>O. aries</i>, <i>C. elaphus</i>, <i>A. alces</i>, <i>D. dama</i></b>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 454: <b>2792,4</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
324	<b><i>C. ibex</i>, <i>C. hircus</i></b>	α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 757: <b>3077,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
349	<b><i>C. ibex</i>, <i>C. hircus</i></b>	α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
351	<b><i>R. rupicapra</i>, <i>O. aries</i>, <i>C. elaphus</i>, <i>A. alces</i>, <i>D. dama</i></b>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
352	<b><i>R. rupicapra</i>, <i>O. aries</i>, <i>C. elaphus</i>, <i>A.</i> <i>alces</i>, <i>D. dama</i>, <b><i>B. taurus</i>, <i>B.</i></b> <b><i>primigenius</i>, <i>B. bonasus</i></b></b>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
353	<b><i>R. rupicapra</i>, <i>O. aries</i>, <i>C. elaphus</i>, <i>A. alces</i>, <i>D. dama</i></b>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
357	<b><i>R. rupicapra</i>, <i>O. aries</i>, <i>C. elaphus</i>, <i>A. alces</i>, <i>D. dama</i></b>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
358	Assenza di collagene	
359	<b><i>R. rupicapra</i>, <i>O. aries</i>, <i>C. elaphus</i>, <i>A. alces</i>, <i>D. dama</i></b>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
375	<b><i>C. ibex</i>, <i>C. hircus</i></b>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>

381	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3077,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
393	<i>B. taurus, B. primigenius, B. bonasus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2853,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
406	<i>Sus scrofa</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1453,7</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
424	<i>B. taurus, B. primigenius, B. bonasus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2853,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
425	Assenza di collagene	
431	<i>L. lynx, L. pardinus</i>	α2 484: <b>1453,7</b> ; α2 793: <b>2163,1</b> ; α1 586: <b>2853,4</b> ; α2 757 (+16): <b>2999,4</b>
453	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama, S. scrofa</i>	α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
459	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 757: <b>3077,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
469	<i>Sus scrofa</i>	α2 484: <b>1453,7</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
486	<i>Ursus arctos</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 978 (+16): <b>1233,6</b> ; α2 484: <b>1453,7</b> ; α2 793: <b>2163,1</b>
489	Assenza di collagene	
490	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 454: <b>2792,4</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
668	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b>
674	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
677	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
682	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
684	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama, B. taurus, B. primigenius, B. bonasus</i>	α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
686	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
689	<i>B. taurus, B. primigenius, B. bonasus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 978: <b>1192,6</b> ; α2 978 (+16): <b>1208,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2853,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
704	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
708	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 757: <b>3077,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
709	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
711	<i>B. taurus, B. primigenius, B. bonasus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2853,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
717	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
718	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
720	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>

722	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 978 (+16): <b>1196,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
727	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
731	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
778	<i>Sus scrofa</i>	α2 484: <b>1453,7</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
781	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
783	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
784	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
792	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
797	<i>Ursus arctos</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1453,7</b> ; α2 793: <b>2163,1</b> ; α1 586: <b>2853,4</b> ; α2 757: <b>2957,4</b>
801	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
804	<i>Sus scrofa</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1453,7</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 454: <b>2820,4</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
805	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 978 (+16): <b>1196,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
806	<i>B. taurus, B. primigenius, B. bonasus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 978 (+16): <b>1208,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2853,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
811	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
817	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
820	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
826	<i>Sus scrofa</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1453,7</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
838	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
840	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3077,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
841	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
842	<i>Capreolus capreolus</i>	α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 757: <b>3043,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3059,4</b>
843	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
844	<i>B. taurus, B. primigenius, B. bonasus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 978 (+16): <b>1208,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
845	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
847	<i>B. taurus, B. primigenius, B. bonasus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2853,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
848	Assenza di collagene	
854	<i>B. taurus, B. primigenius, B. bonasus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2853,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>

855	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
857	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama, B. taurus, B. primigenius, B. bonasus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
863	Assenza di collagene	
864	Assenza di collagene	
867	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
868	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
869	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
870	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
872	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
875	Assenza di collagene	
876	Assenza di collagene	
879	Assenza di collagene	
880	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
881	<i>Sus scrofa</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1453,7</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
882	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
883	<i>B. taurus, B. primigenius, B. bonasus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 978 (+16): <b>1208,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2853,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
884	Assenza di collagene	
885	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama, C. ibex, C. hircus, C. elaphus, A. alces, C. capreolus, B. taurus, B. bonasus, B. primigenius</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b>
886	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
887	Assenza di collagene	
888	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 757: <b>3077,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
889	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 454: <b>2792,4</b> ; α2 757: <b>3077,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
891	<i>B. taurus, B. primigenius, B. bonasus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 978 (+16): <b>1208,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2853,4</b> ; α1 586 (+16): <b>2869,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
892	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3077,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
894	<i>Sus scrofa</i>	α2 484: <b>1453,7</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
895	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama, B. taurus, B. primigenius, B. bonasus</i>	α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
896	<i>B. taurus, B. primigenius, B. bonasus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 978 (+16): <b>1208,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2853,4</b> ; α1 586 (+16): <b>2869,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>

897	<i>Capreolus capreolus</i>	α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3059,4</b>
898	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α1 586 (+16): <b>2899,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
899	<i>B. taurus, B. primigenius, B. bonasus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 978: <b>1192,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2853,4</b> ; α1 586 (+16): <b>2869,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
903	Assenza di collagene	
905	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
906	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
907	<i>Cervus elaphus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 978 (+16): <b>1196,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 502: <b>1550,8</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
908	Assenza di collagene	
909	<i>Sus scrofa</i>	α2 484: <b>1453,7</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
911	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
912	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
914	<i>R. rupicapra, O. aries, C. hircus, C. ibex, C. capreolus, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b>
915	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama, B. taurus, B. primigenius, B. bonasus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
918	<i>Sus scrofa</i>	α2 484: <b>1453,7</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
920	<i>Canis lupus</i>	α2 484: <b>1453,7</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586 (+16): <b>2869,4</b> ; α2 757: <b>2999,4</b>
921	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3077,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
923	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
927	<i>Sus scrofa</i>	α2 484: <b>1453,7</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
928	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
929	<i>Sus scrofa</i>	α2 484: <b>1453,7</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
930	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 757: <b>3077,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
931	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α2 757: <b>3077,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
932	<i>Sus scrofa</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1453,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
934	<i>Sus scrofa</i>	α2 484: <b>1453,7</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
936	<i>C. ibex, C. hircus</i>	α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 757: <b>3077,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3093,4</b>
938	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α1 508: <b>1105,6</b> ; α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>
941	<i>R. rupicapra, O. aries, C. elaphus, A. alces, D. dama</i>	α2 484: <b>1427,7</b> ; α2 292: <b>1648,8</b> ; α2 793: <b>2131,1</b> ; α1 586: <b>2883,4</b> ; α2 757: <b>3017,4</b> ; α2 757 (+16): <b>3033,4</b>

943	<i>R. rupicapra</i> , <i>O. aries</i> , <i>C. elaphus</i> , <i>A. alces</i> , <i>D. dama</i>	$m/z$ 484: <b>1427,7</b> ; $m/z$ 292: <b>1648,8</b> ; $m/z$ 793: <b>2131,1</b> ; $m/z$ 586: <b>2883,4</b> ; $m/z$ 586 (+16): <b>2899,4</b> ; $m/z$ 757: <b>3017,4</b> ; $m/z$ 757 (+16): <b>3033,4</b>
945	<i>B. taurus</i> , <i>B. primigenius</i> , <i>B. bonasus</i>	$m/z$ 484: <b>1427,7</b> ; $m/z$ 292: <b>1648,8</b> ; $m/z$ 793: <b>2131,1</b> ; $m/z$ 586: <b>2853,4</b> ; $m/z$ 757: <b>3017,4</b> ; $m/z$ 757 (+16): <b>3033,4</b>
946	<i>Ursus arctos</i>	$m/z$ 484: <b>1453,7</b> ; $m/z$ 793: <b>2163,1</b> ; $m/z$ 586: <b>2853,4</b> ; $m/z$ 757: <b>2957,4</b>
947	<i>Meles meles</i>	$m/z$ 484: <b>1453,7</b> ; $m/z$ 793: <b>2147,1</b> ; $m/z$ 586: <b>2853,4</b>
998	<i>R. rupicapra</i> , <i>O. aries</i> , <i>C. elaphus</i> , <i>A. alces</i> , <i>D. dama</i>	$m/z$ 508: <b>1105,6</b> ; $m/z$ 484: <b>1427,7</b> ; $m/z$ 793: <b>2131,1</b> ; $m/z$ 586: <b>2883,4</b> ; $m/z$ 757: <b>3017,4</b> ; $m/z$ 757 (+16): <b>3033,4</b>
FF3438	<i>B. taurus</i> , <i>B. primigenius</i> , <i>B. bonasus</i>	$m/z$ 508: <b>1105,6</b> ; $m/z$ 978: <b>1192,6</b> ; $m/z$ 978 (+16): <b>1208,6</b> ; $m/z$ 484: <b>1427,7</b> ; $m/z$ 502: <b>1580,8</b> ; $m/z$ 292: <b>1648,8</b> ; $m/z$ 793: <b>2131,1</b> ; $m/z$ 586: <b>2853,4</b> ; $m/z$ 757: <b>3017,4</b> ; $m/z$ 757 (+16): <b>3033,4</b>
FF4415	<i>B. taurus</i> , <i>B. primigenius</i> , <i>B. bonasus</i>	$m/z$ 508: <b>1105,6</b> ; $m/z$ 484: <b>1427,7</b> ; $m/z$ 502: <b>1580,8</b> ; $m/z$ 292: <b>1648,8</b> ; $m/z$ 793: <b>2131,1</b> ; $m/z$ 586: <b>2853,4</b> ; $m/z$ 757: <b>3017,4</b> ; $m/z$ 757 (+16): <b>3033,4</b>

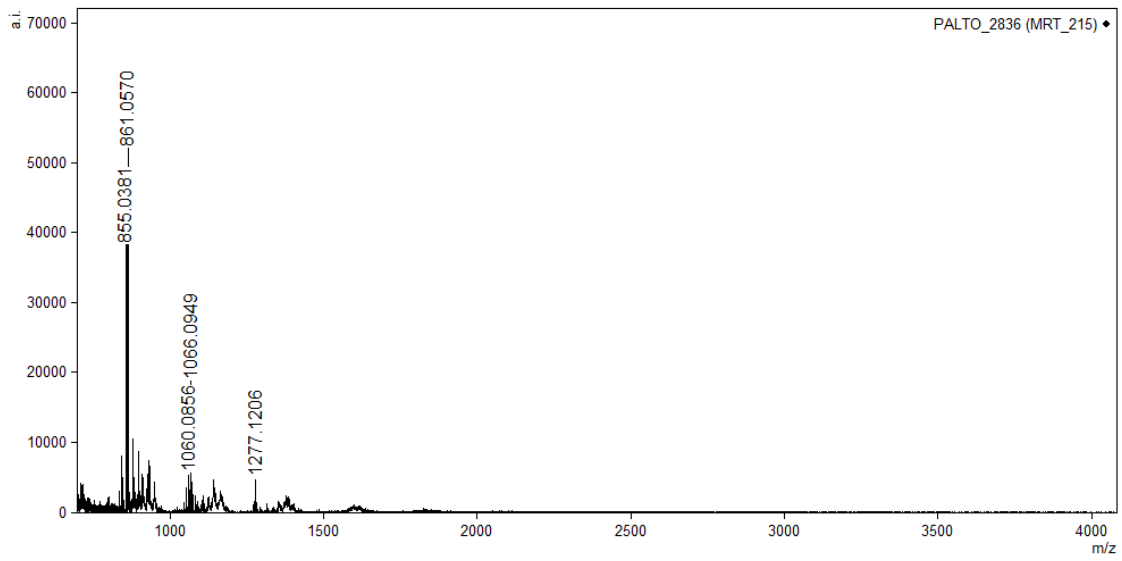
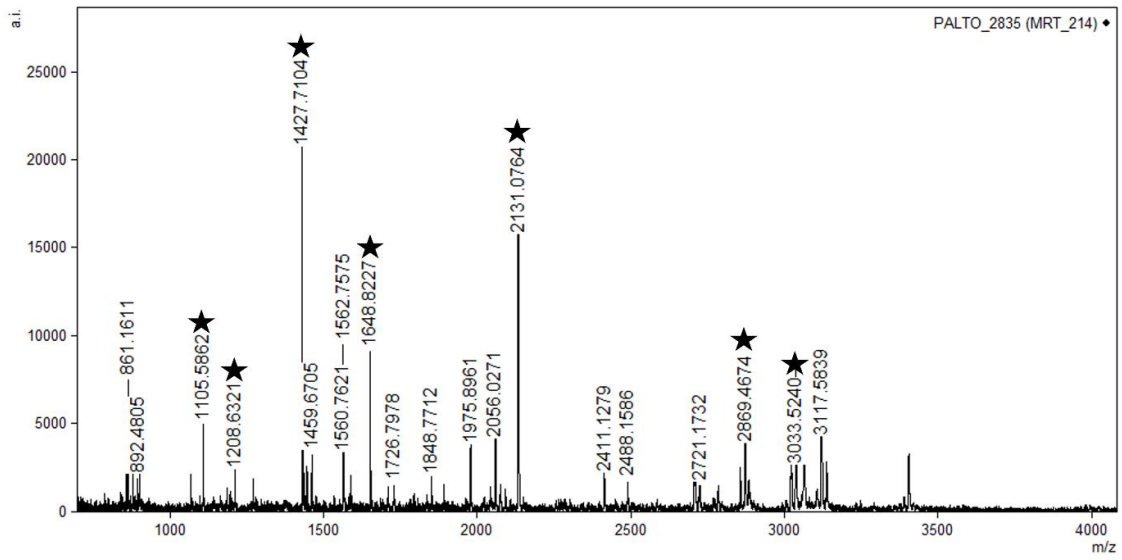
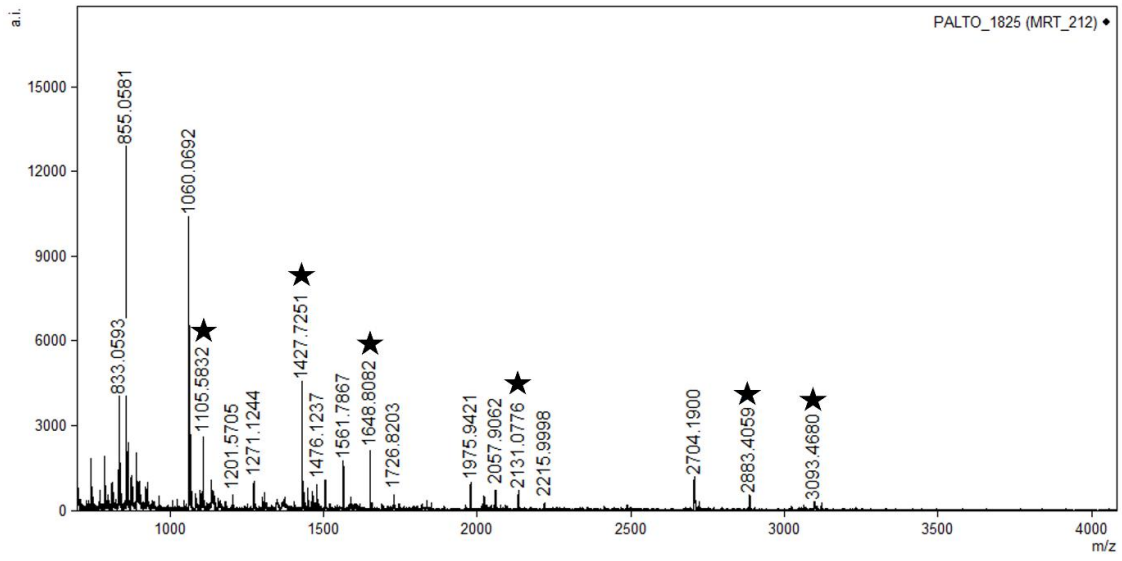
## Spettri di massa

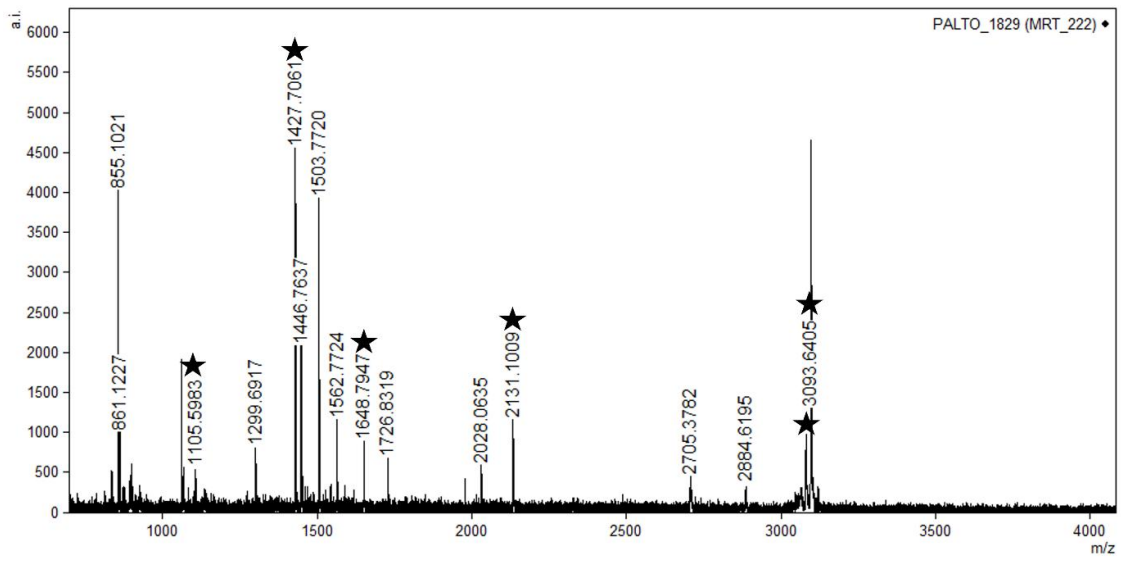
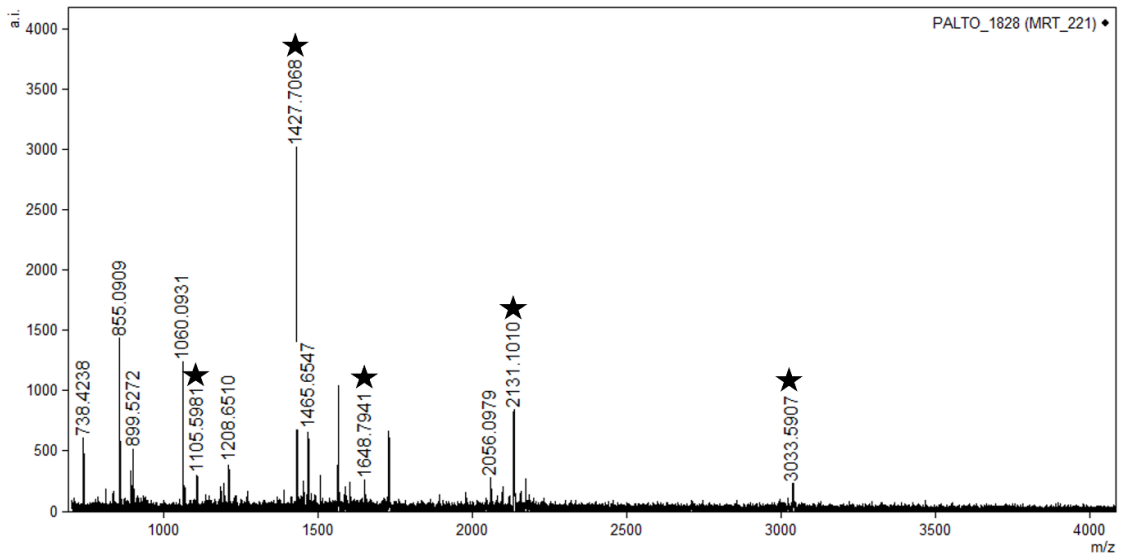
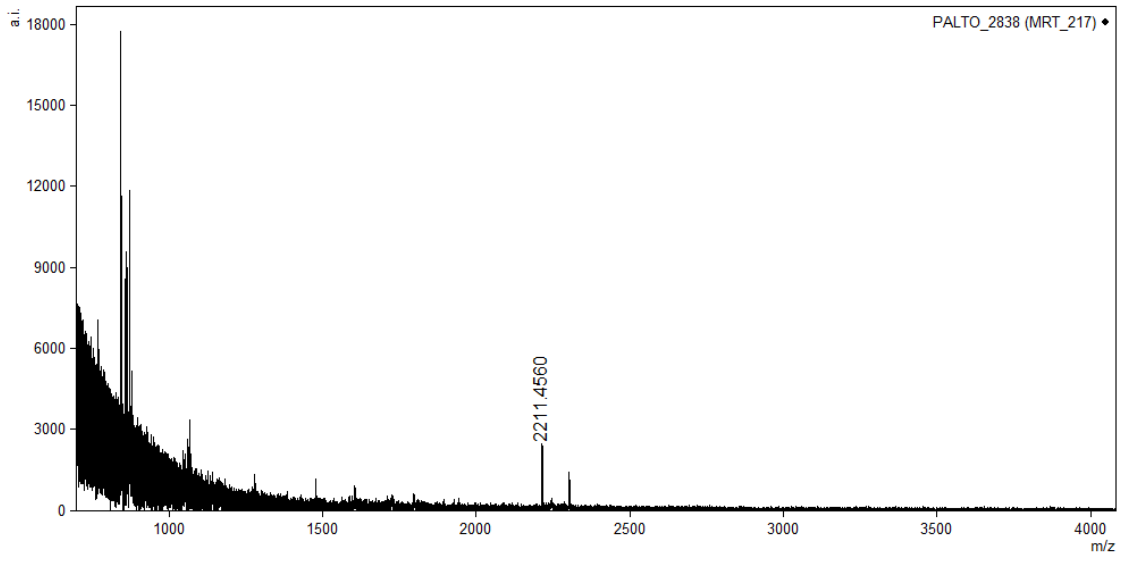
Tutti gli spettri di massa, in formato .msd, sono scaricabili ai seguenti link:

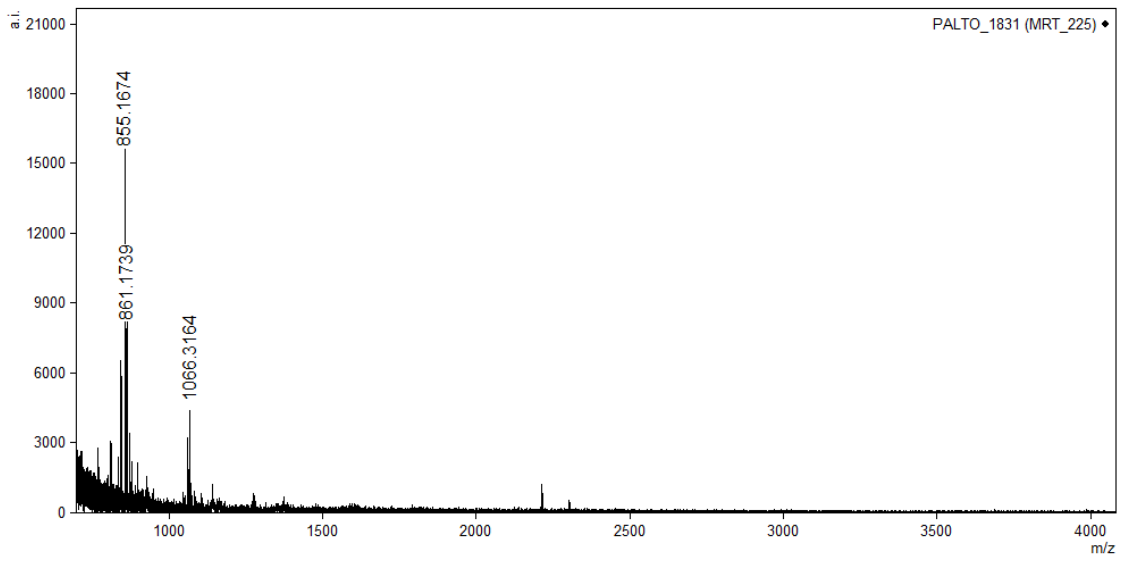
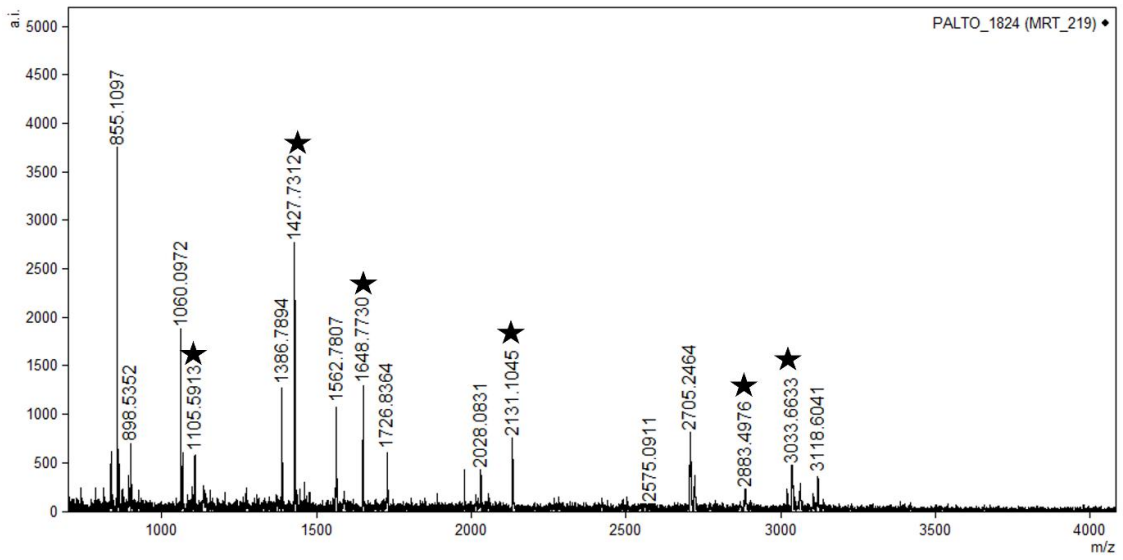
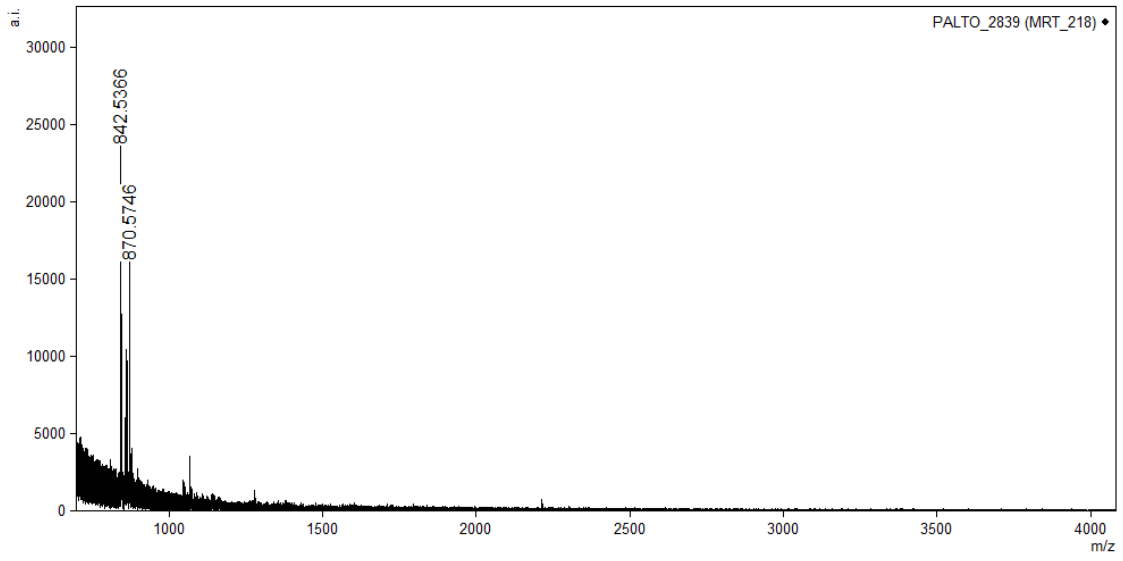
<https://tinyurl.com/ZooMSChiomonte1>

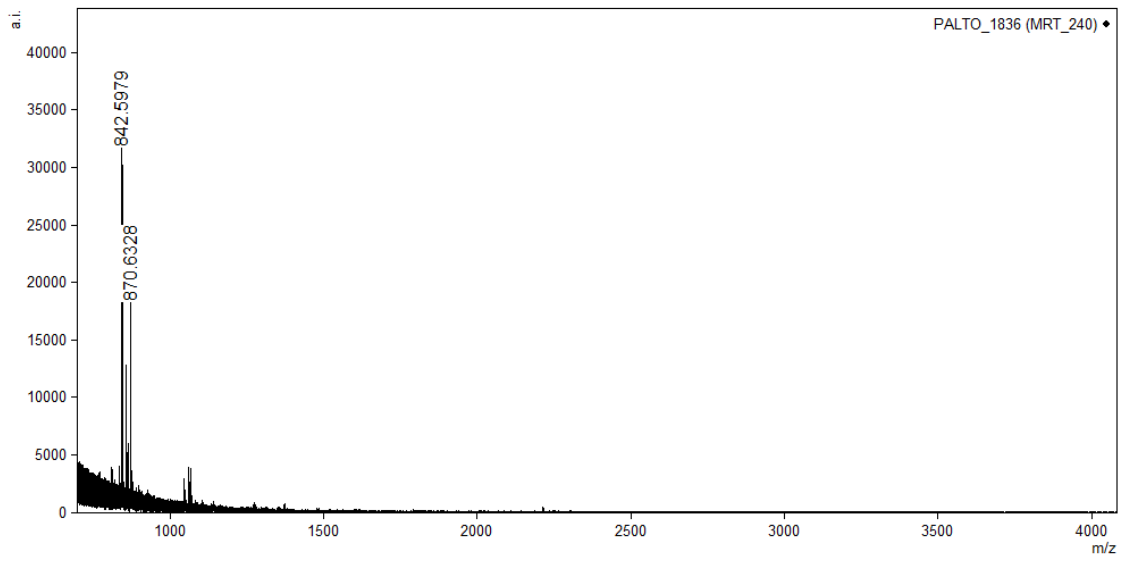
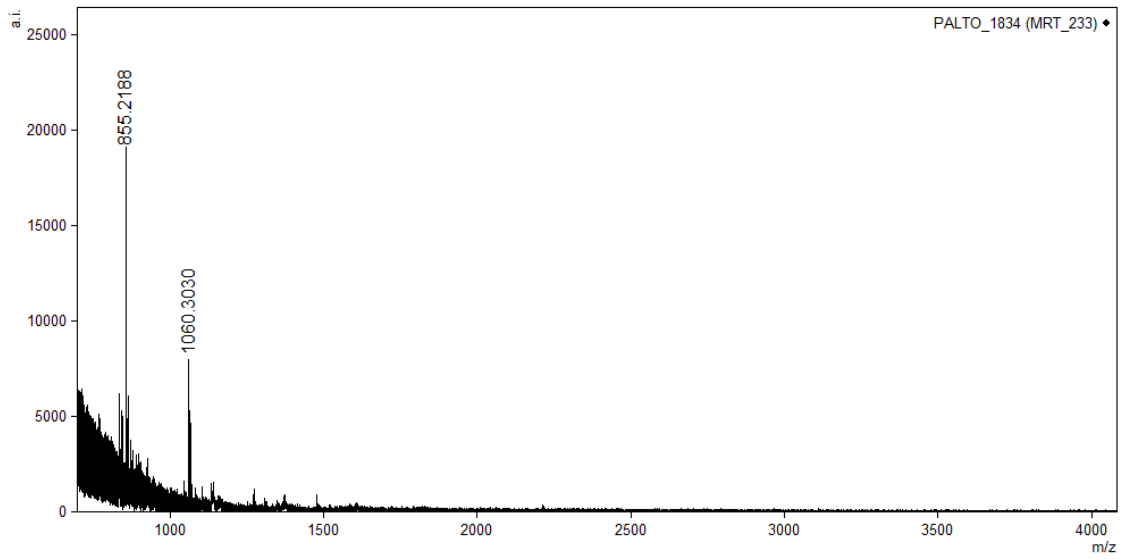
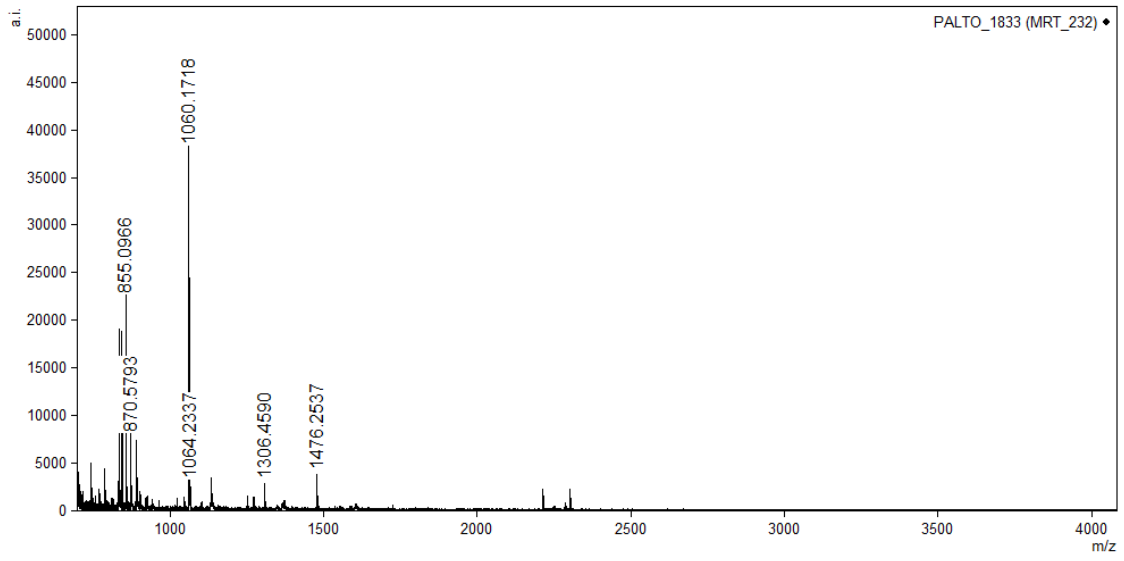
<https://tinyurl.com/ZooMSChiomonte2>

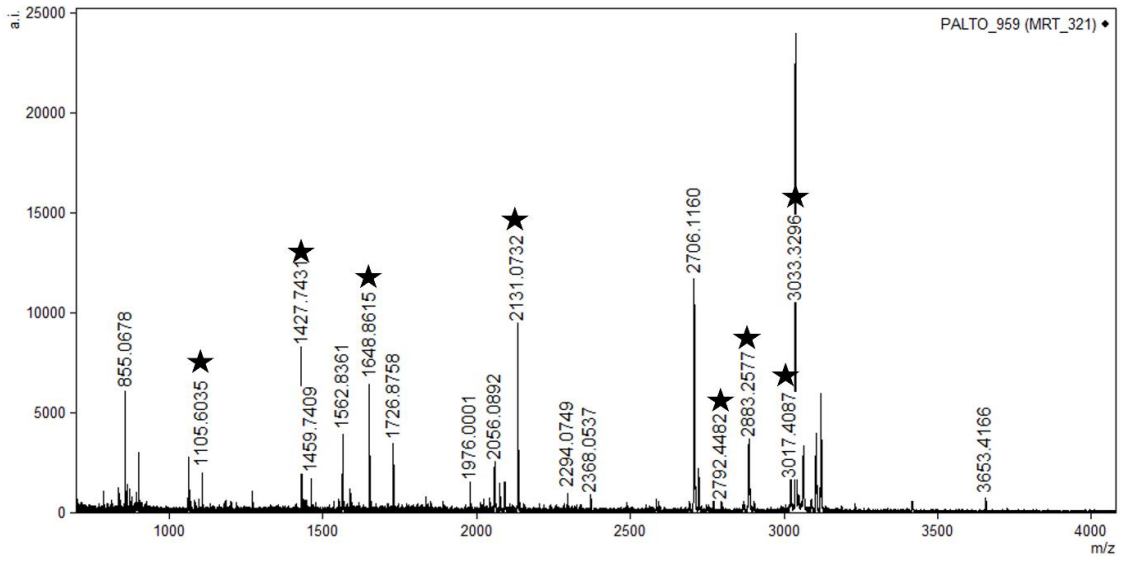
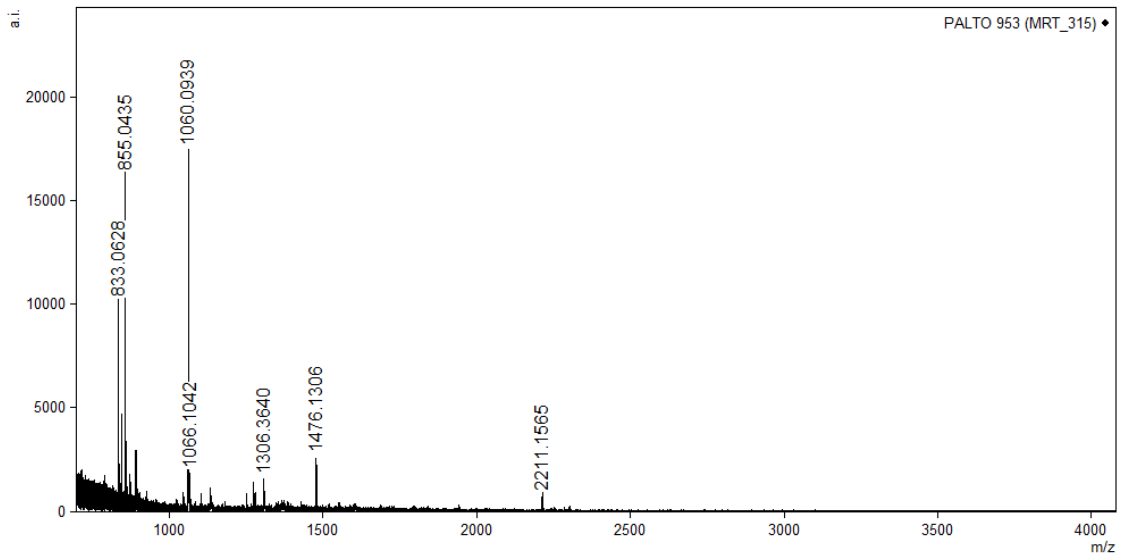
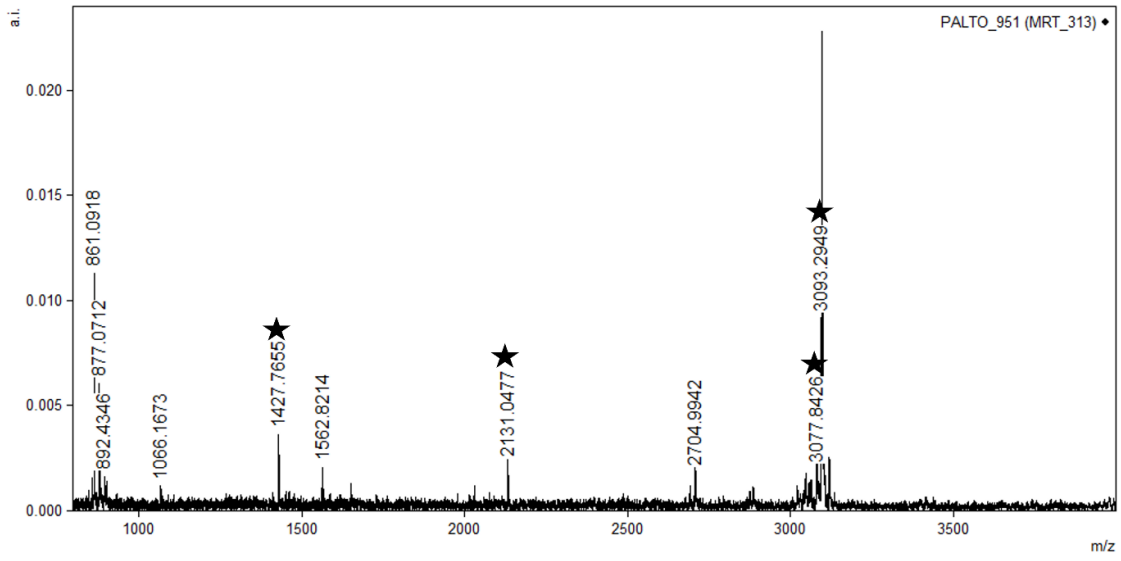
Di seguito le immagini degli spettri di massa, con i picchi caratteristici utili per riconoscere i diversi *taxa* indicati con una stellina:

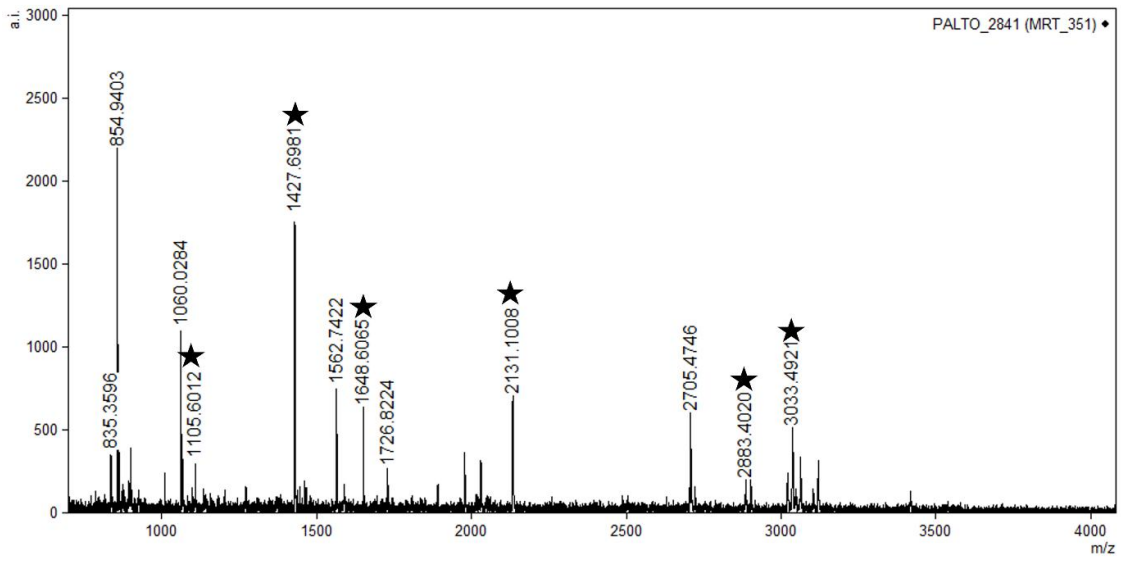
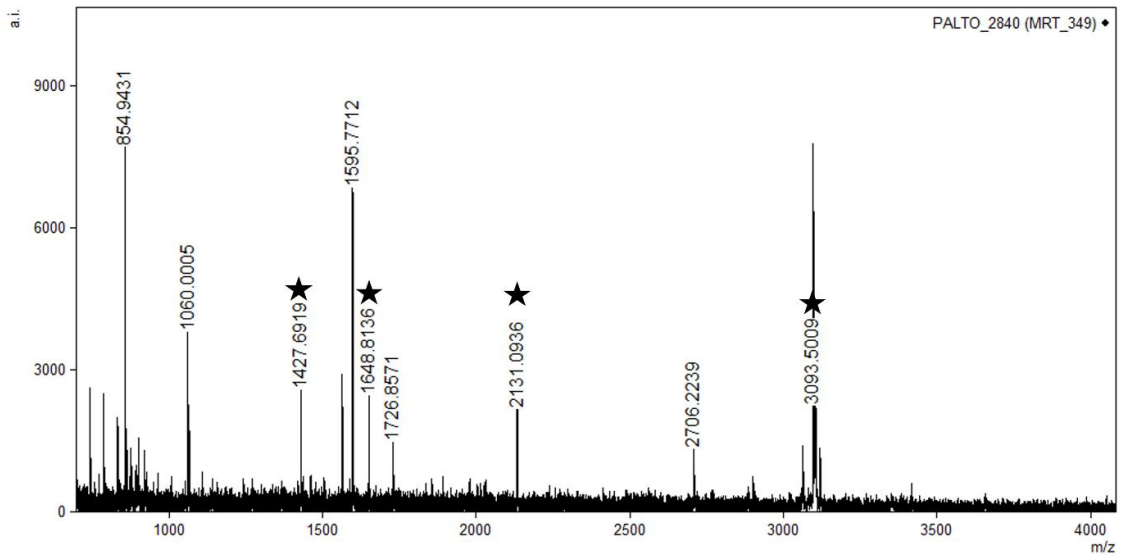
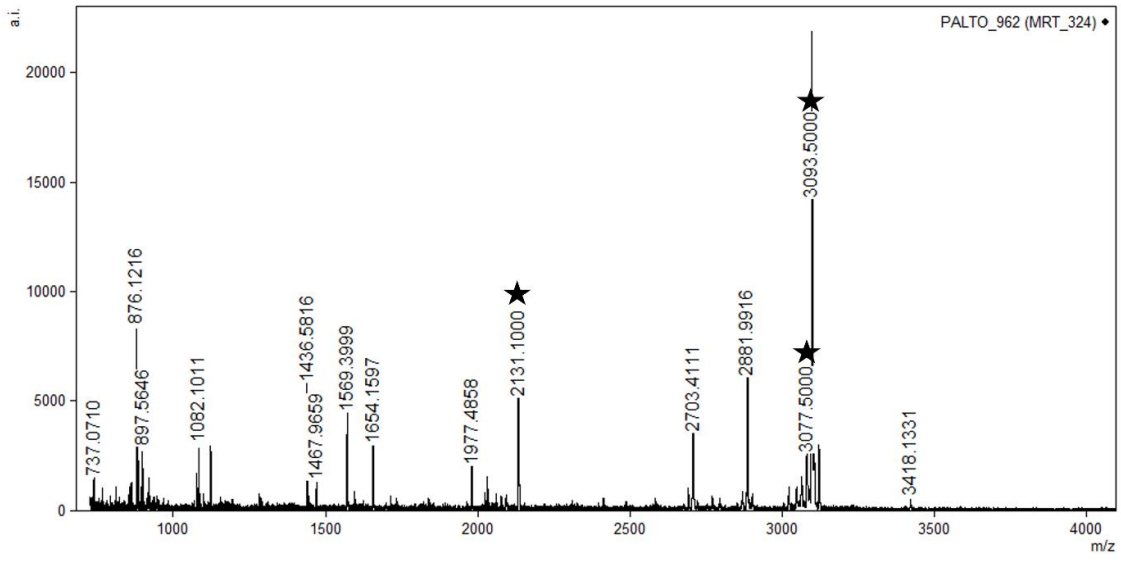


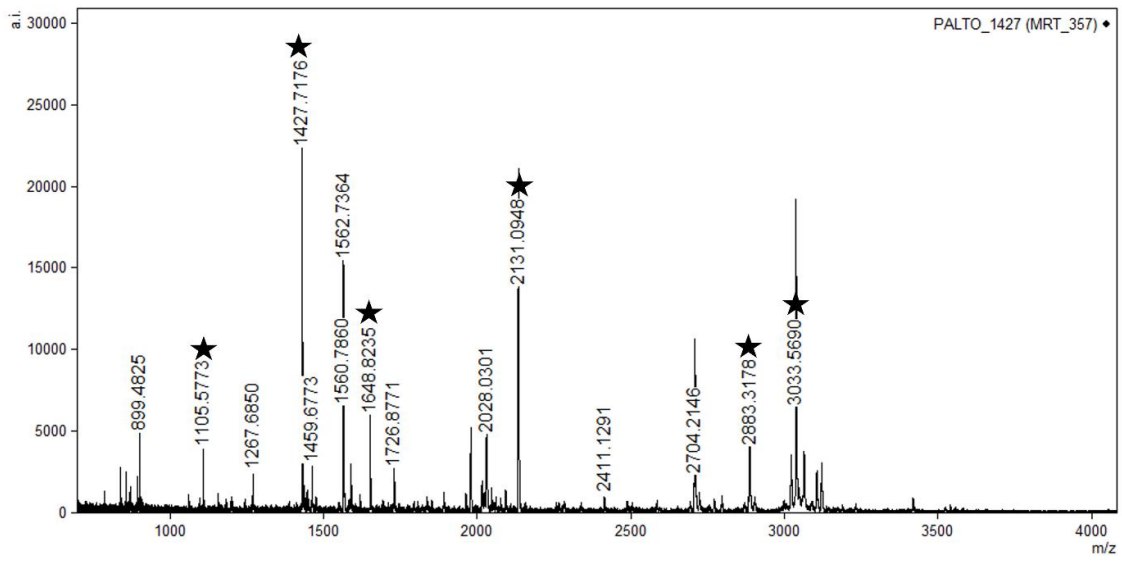
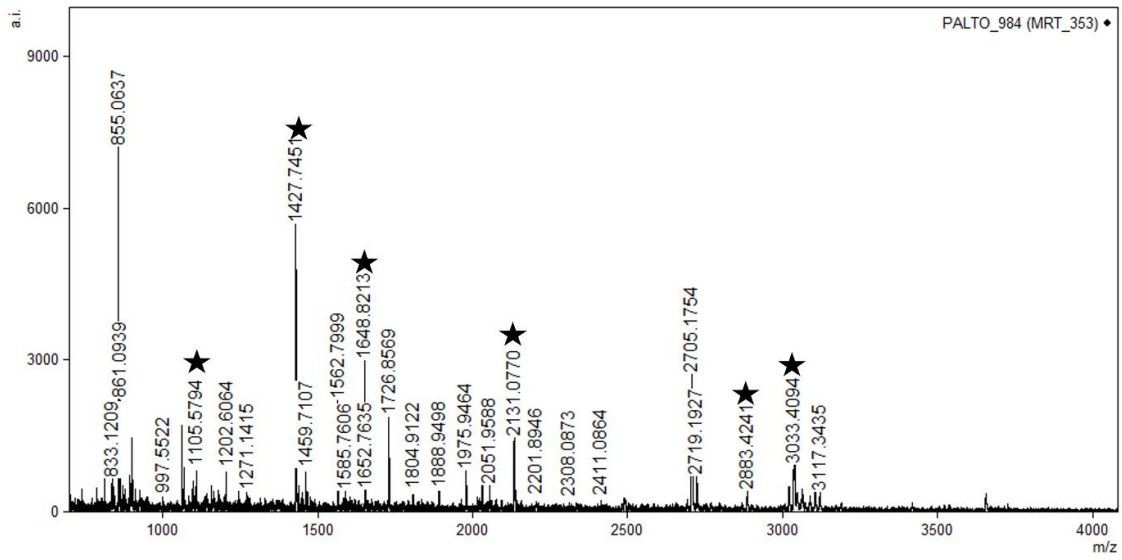
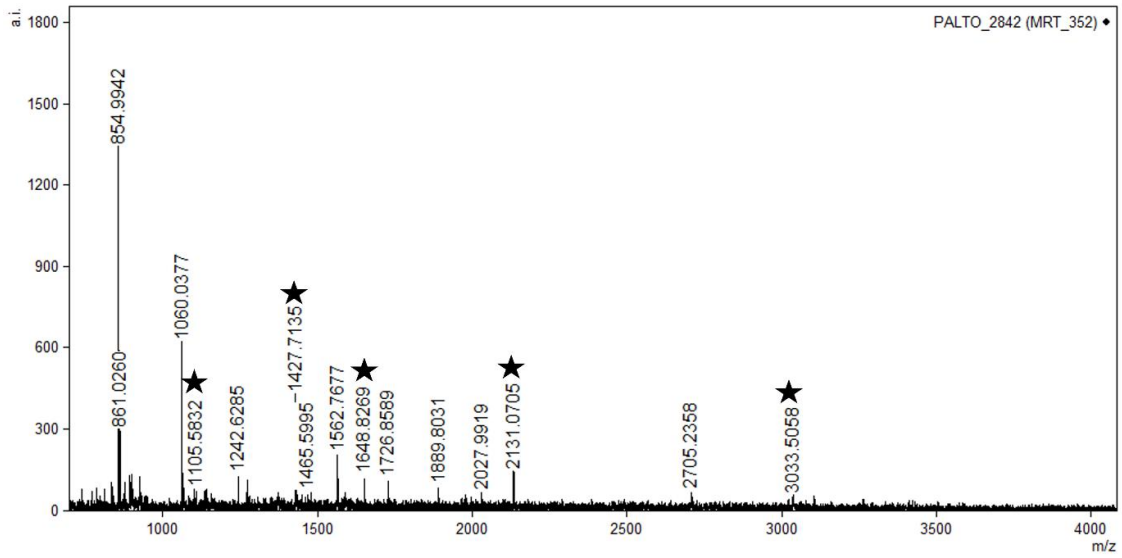


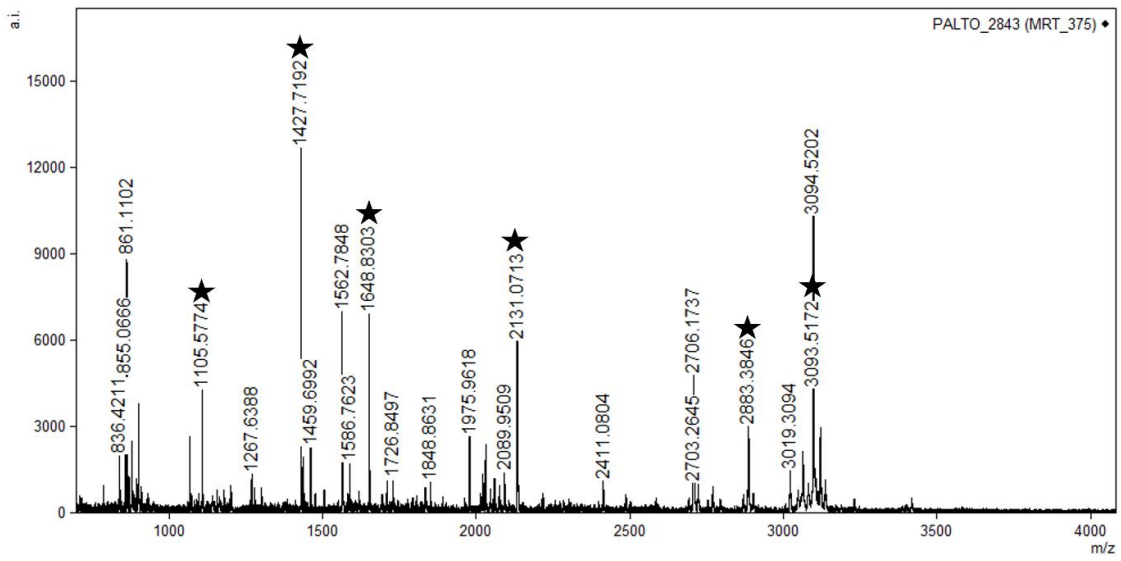
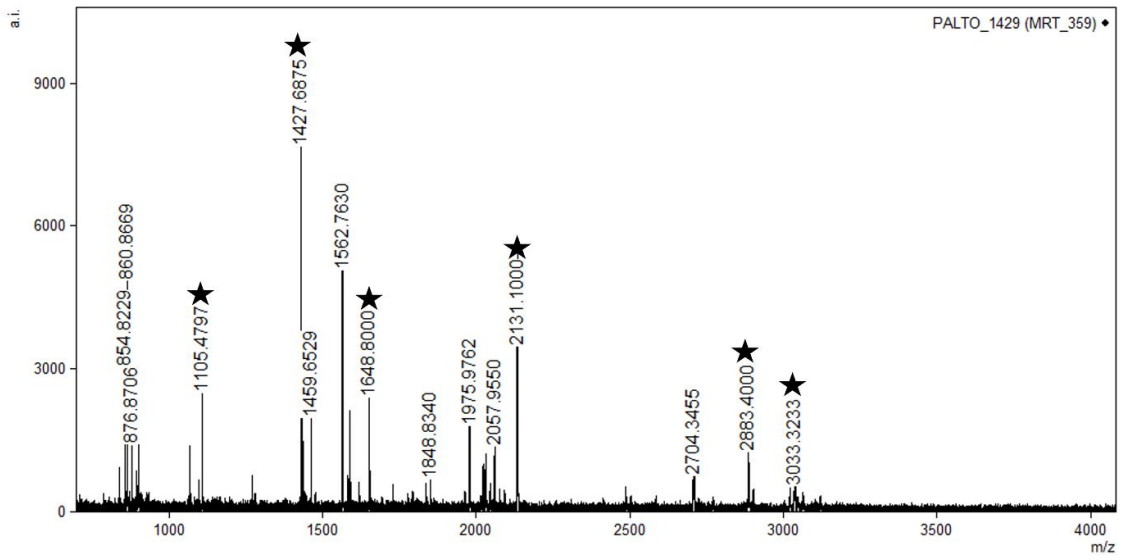
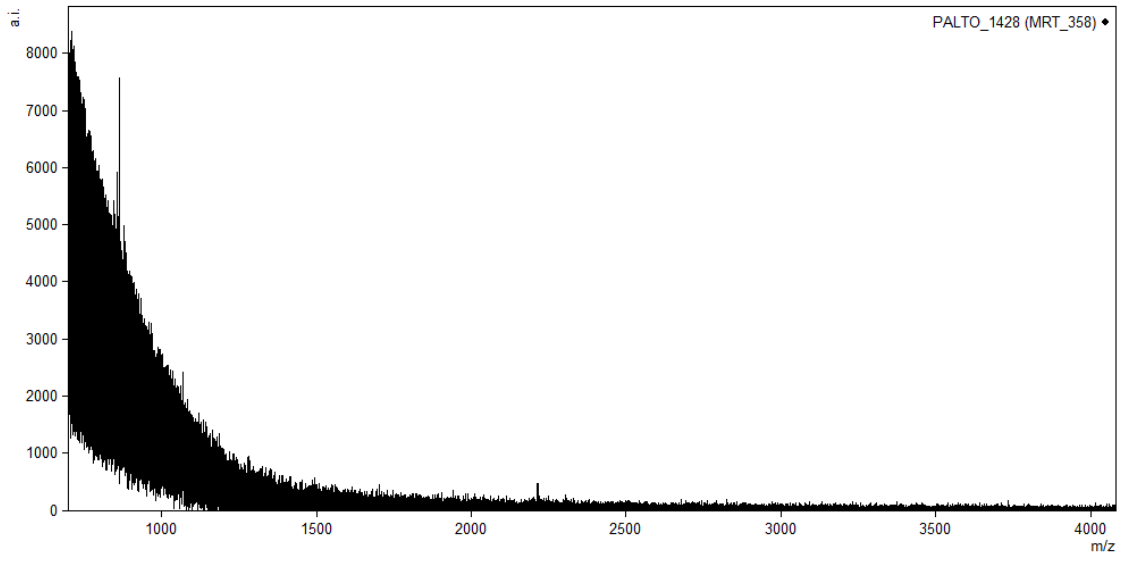


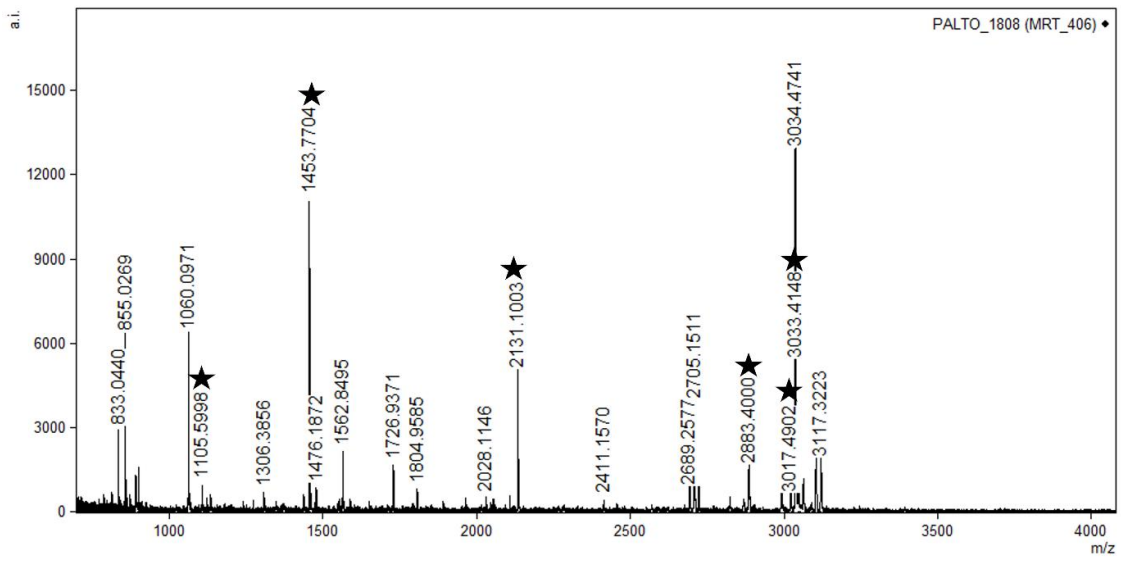
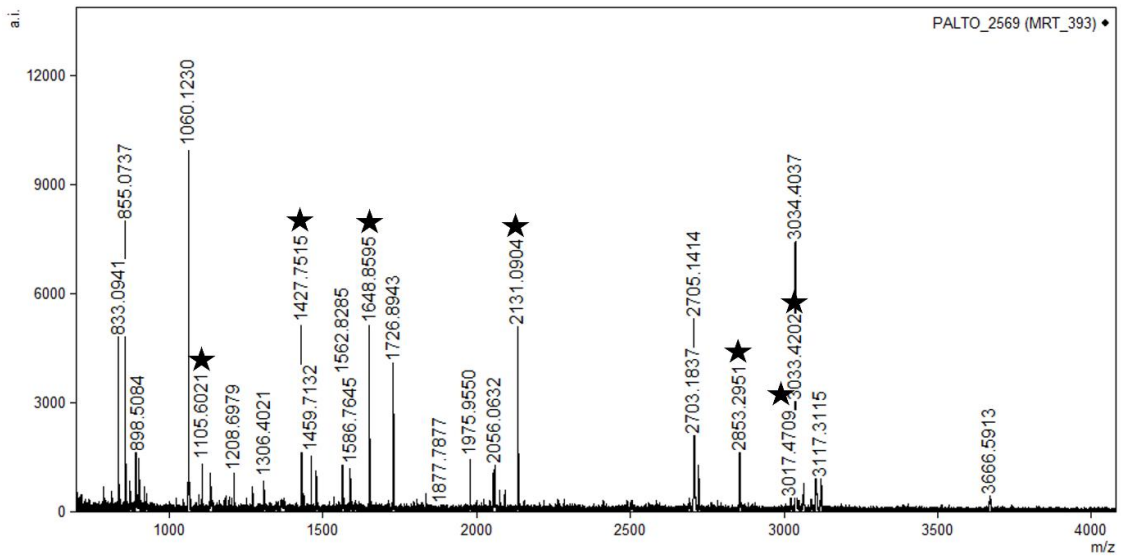
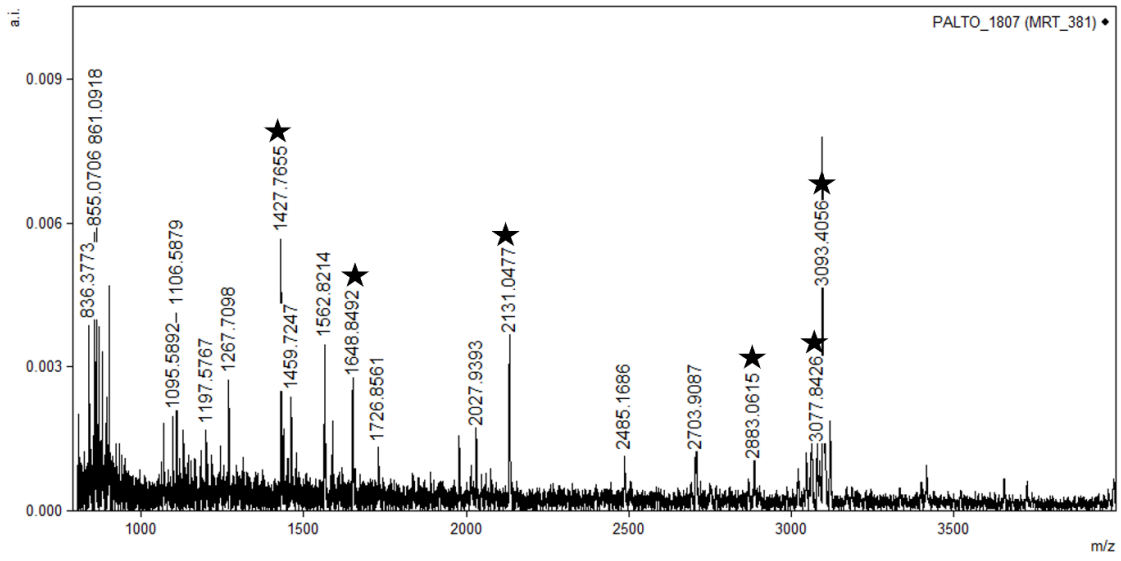


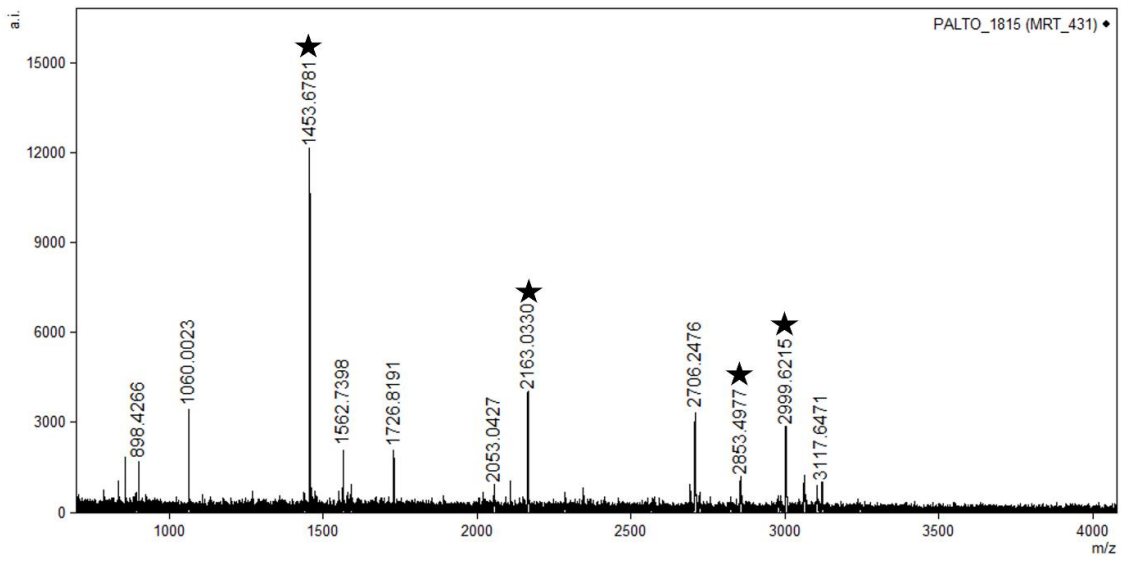
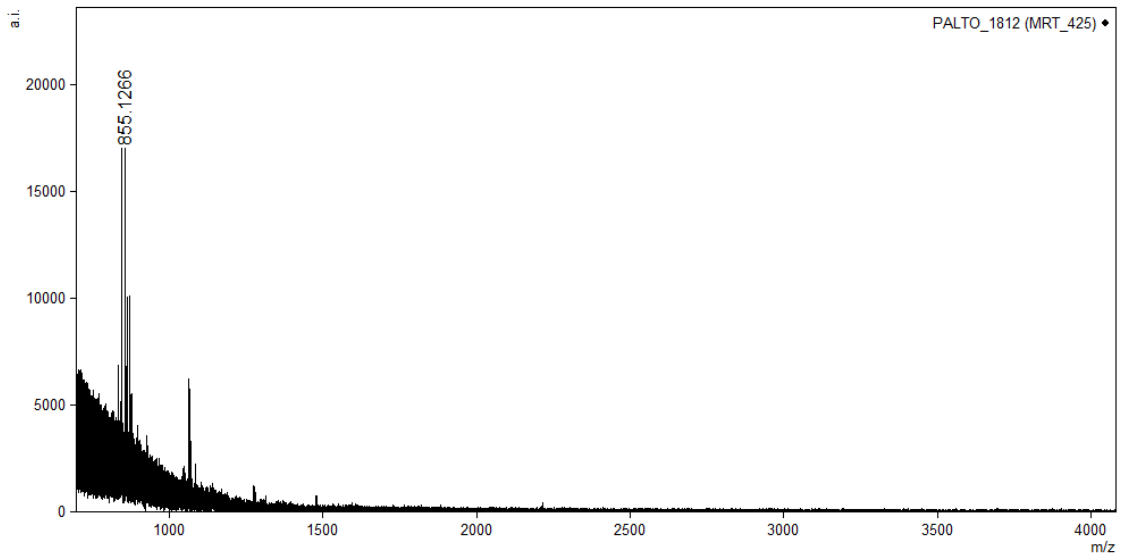
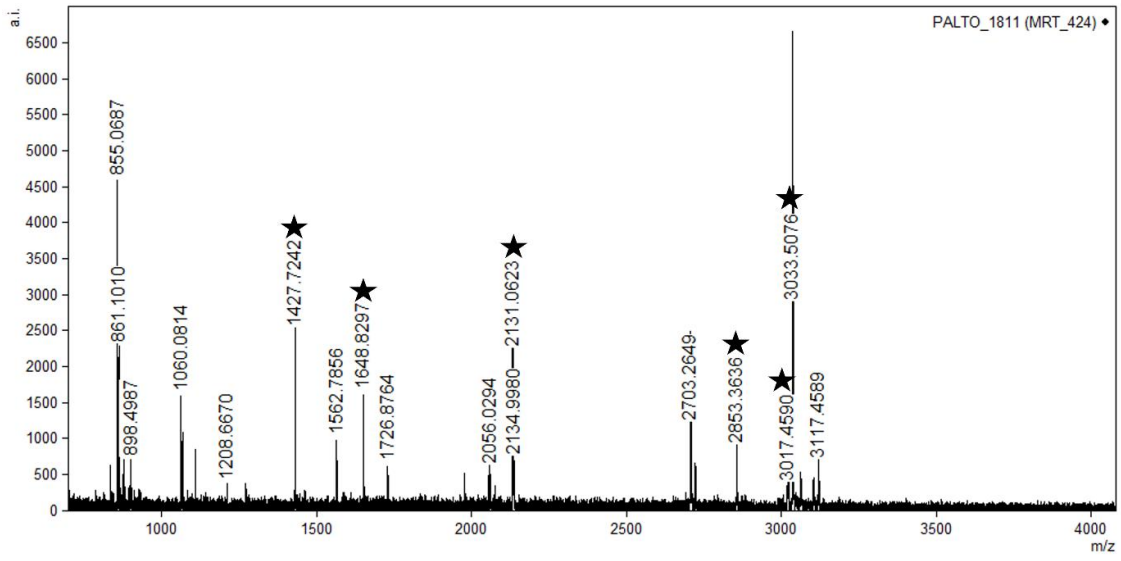


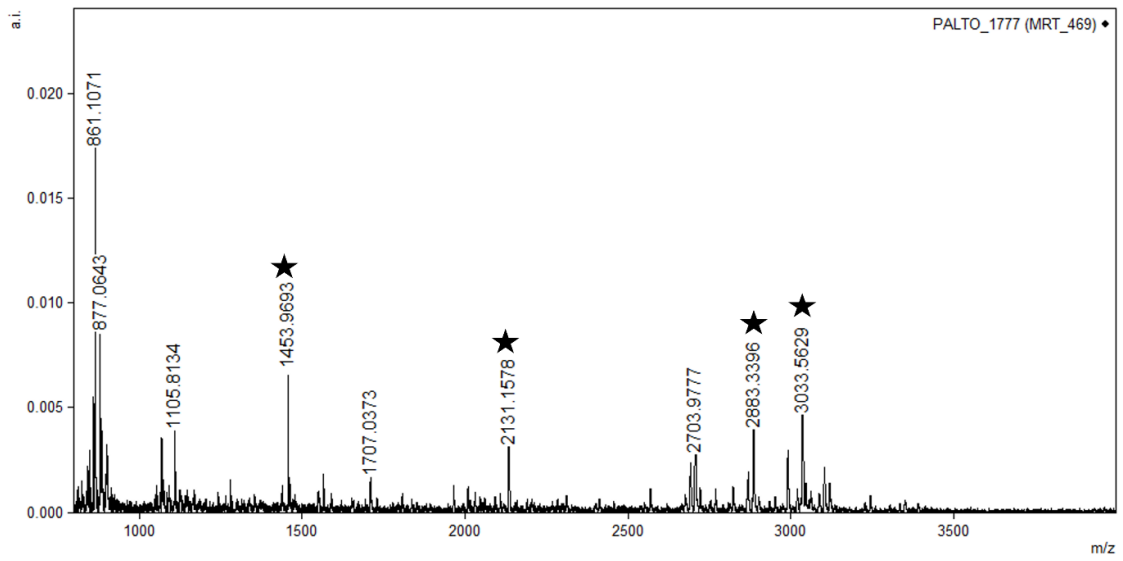
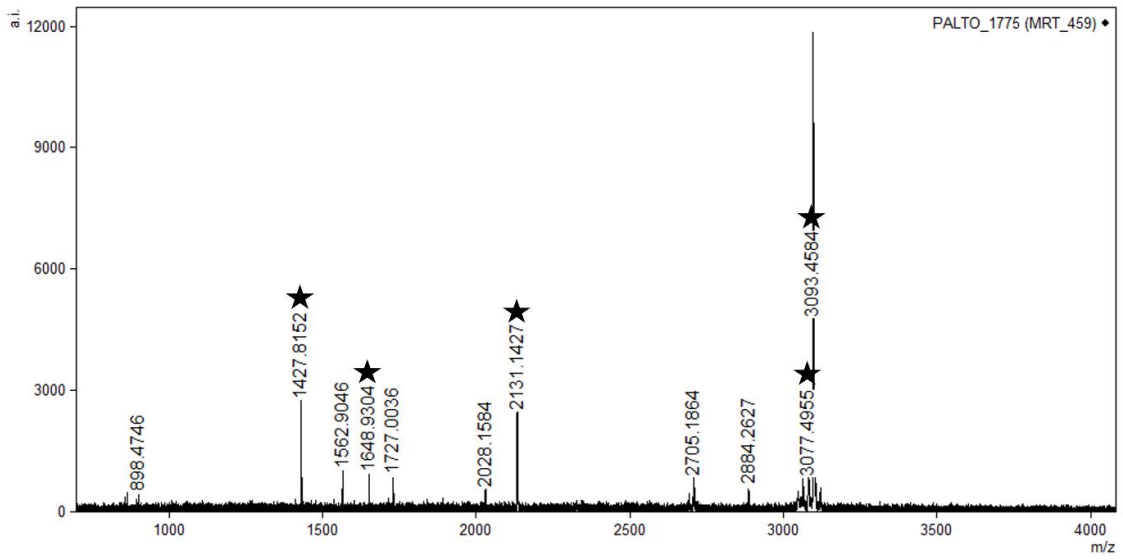
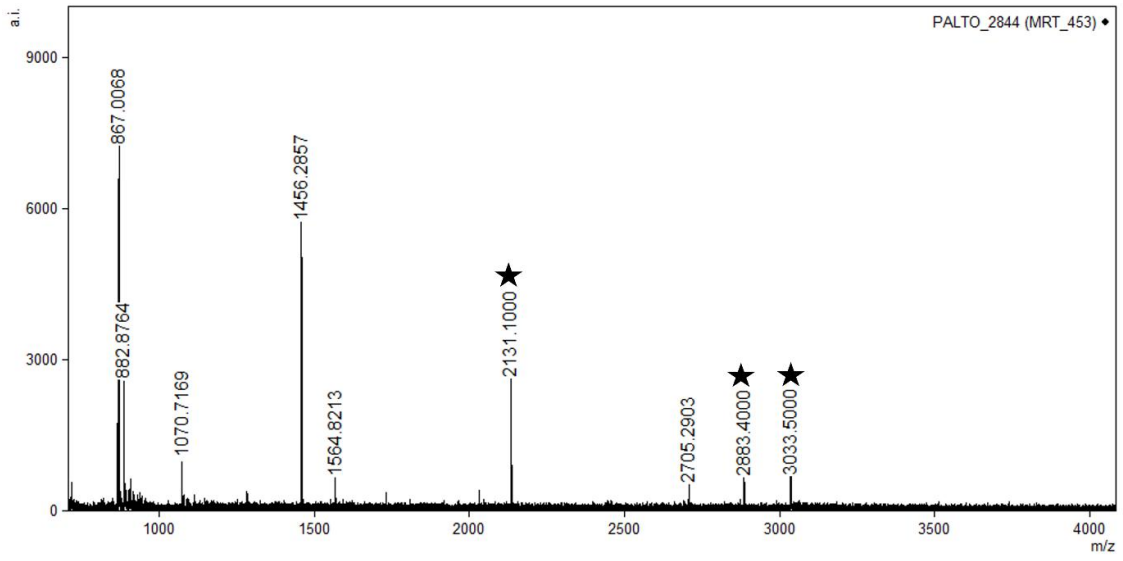


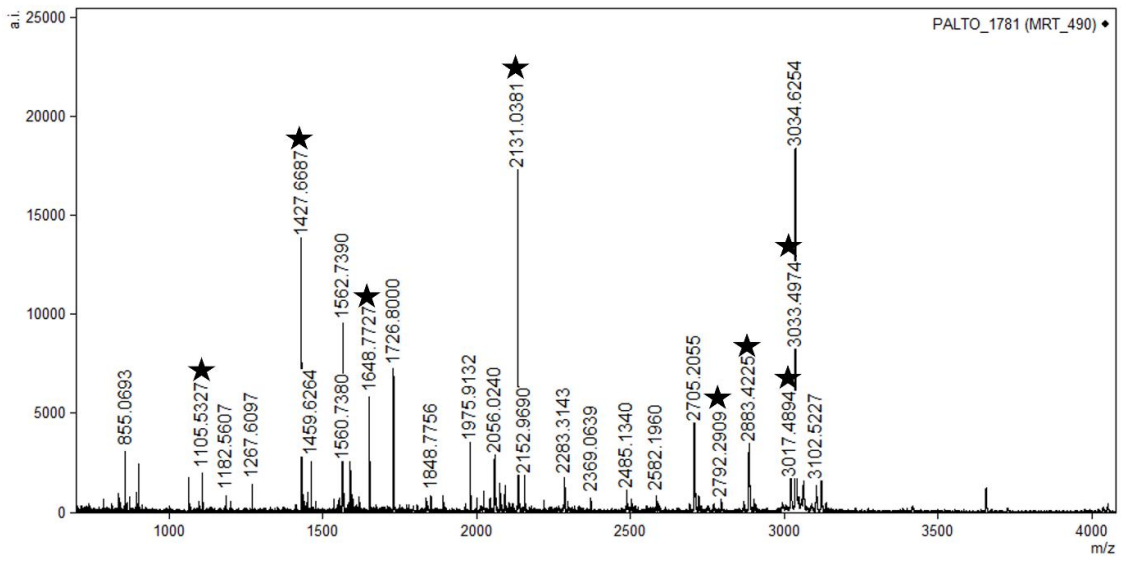
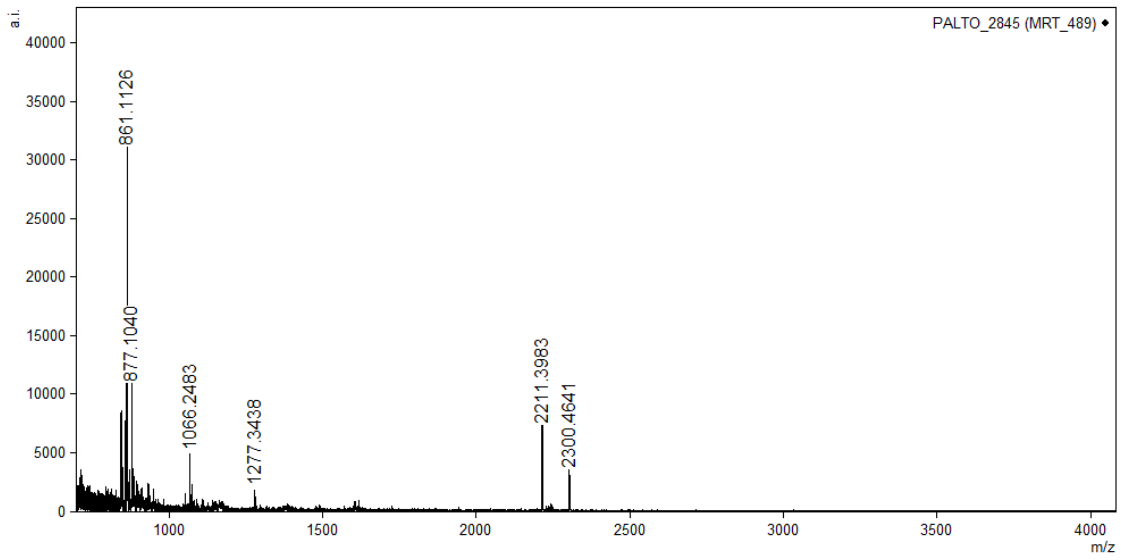
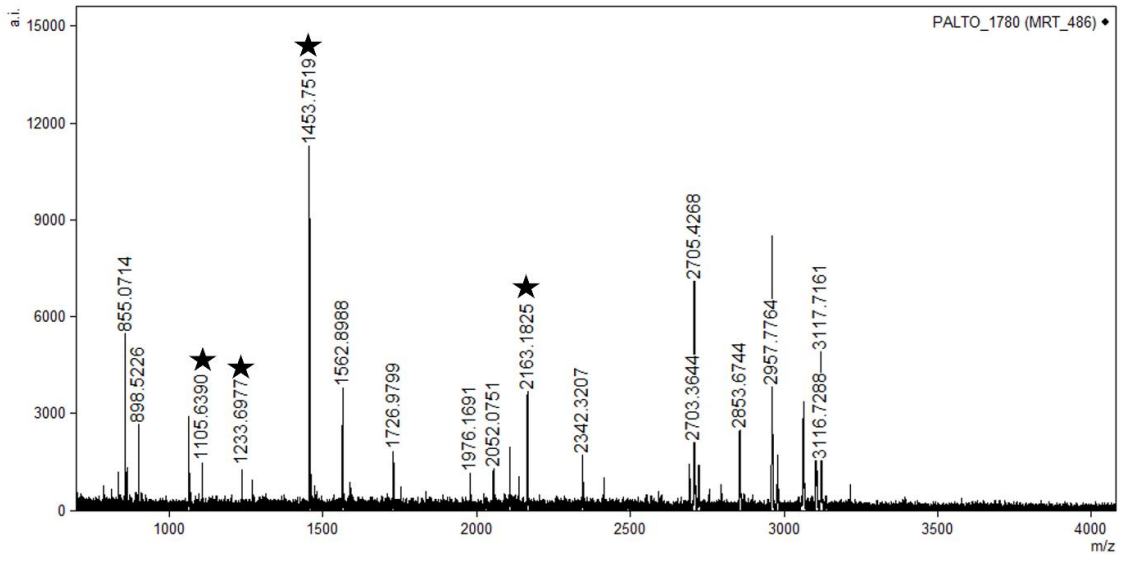


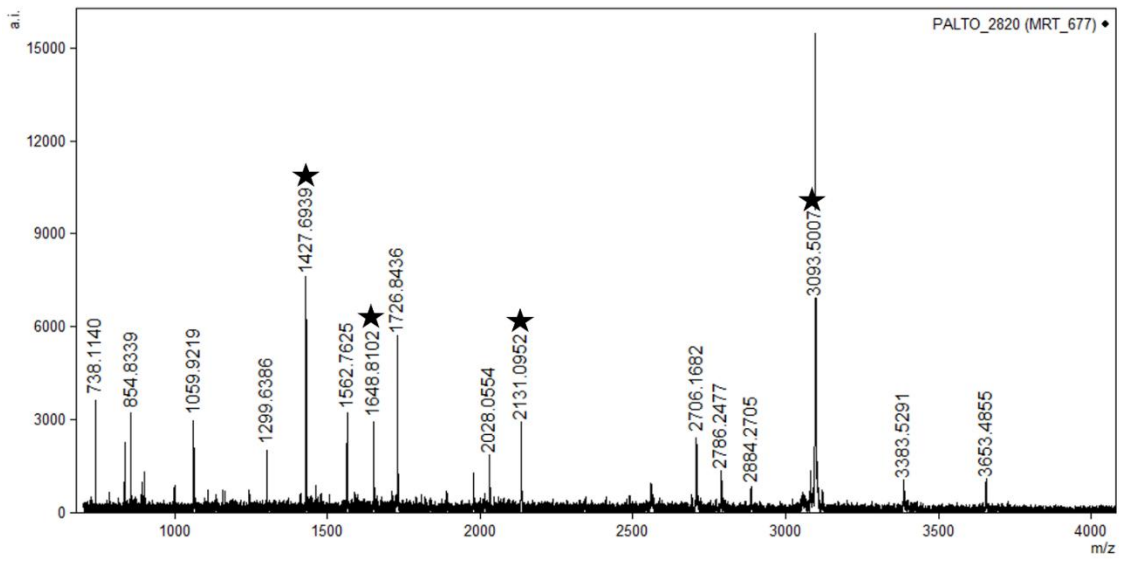
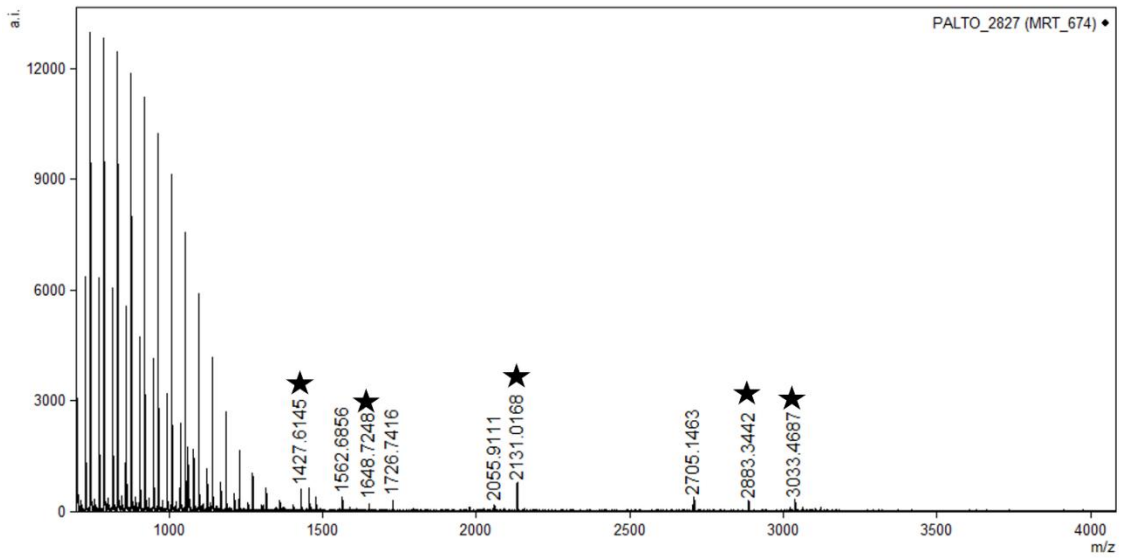
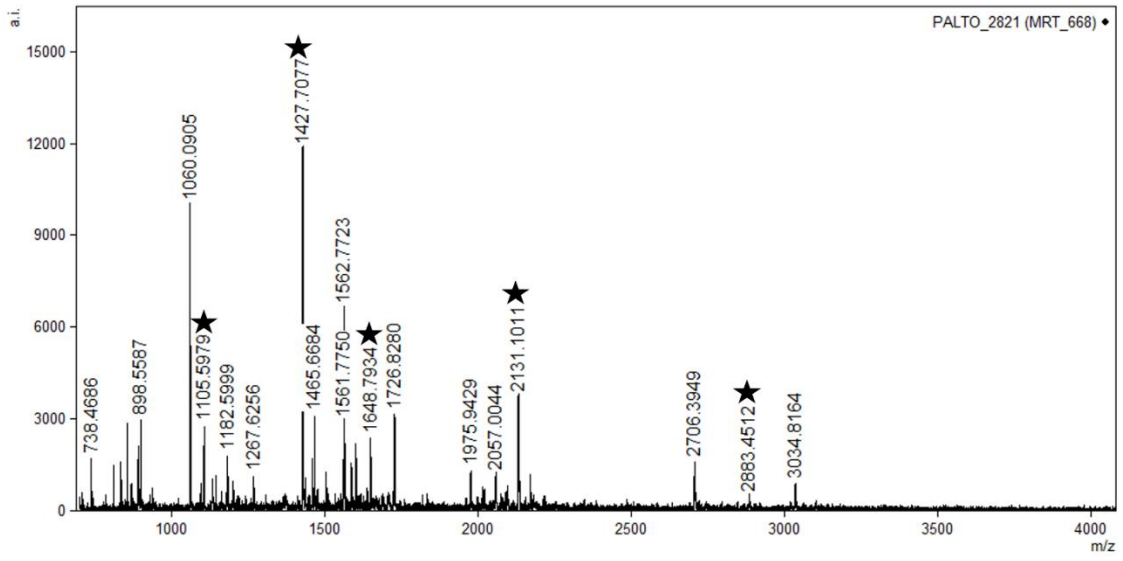


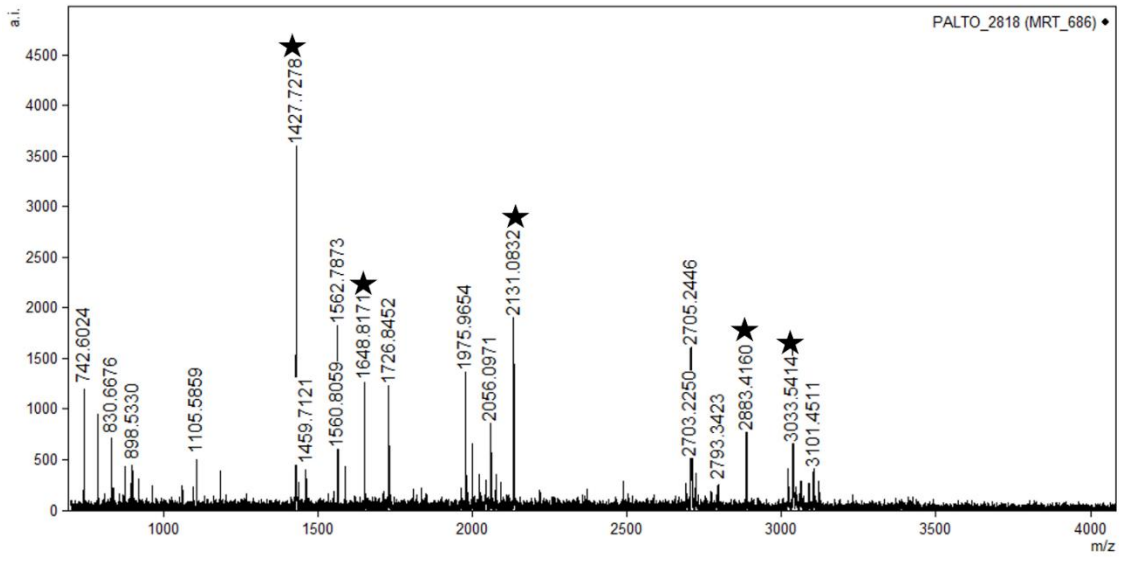
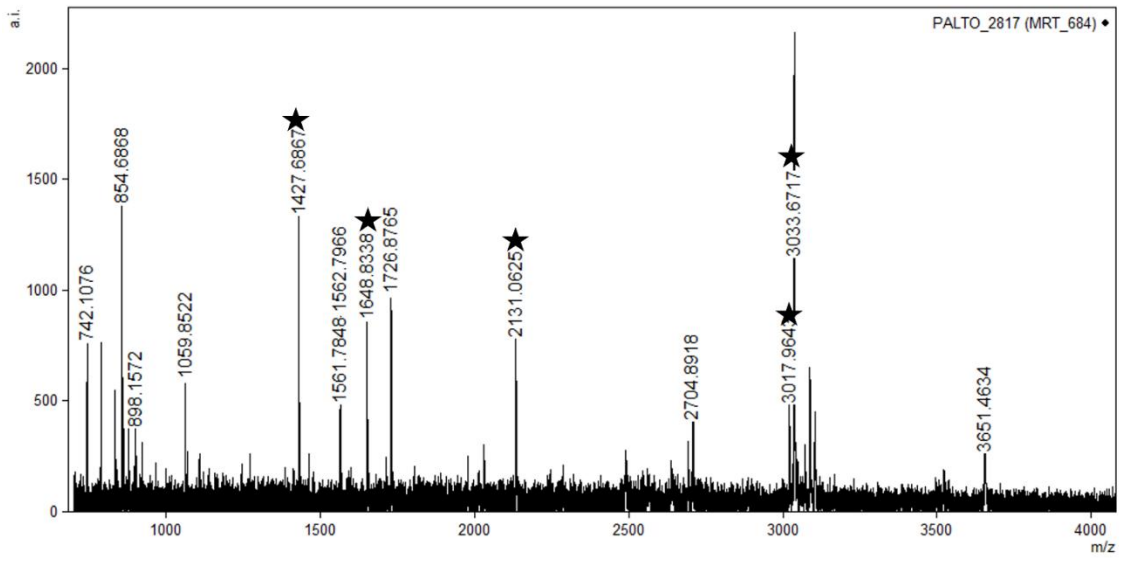
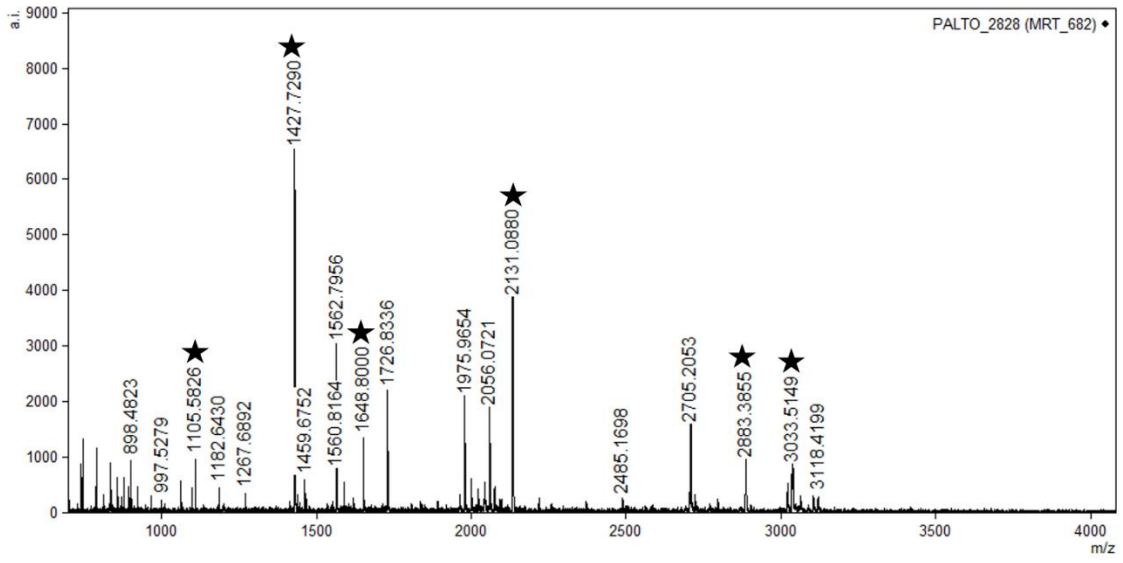


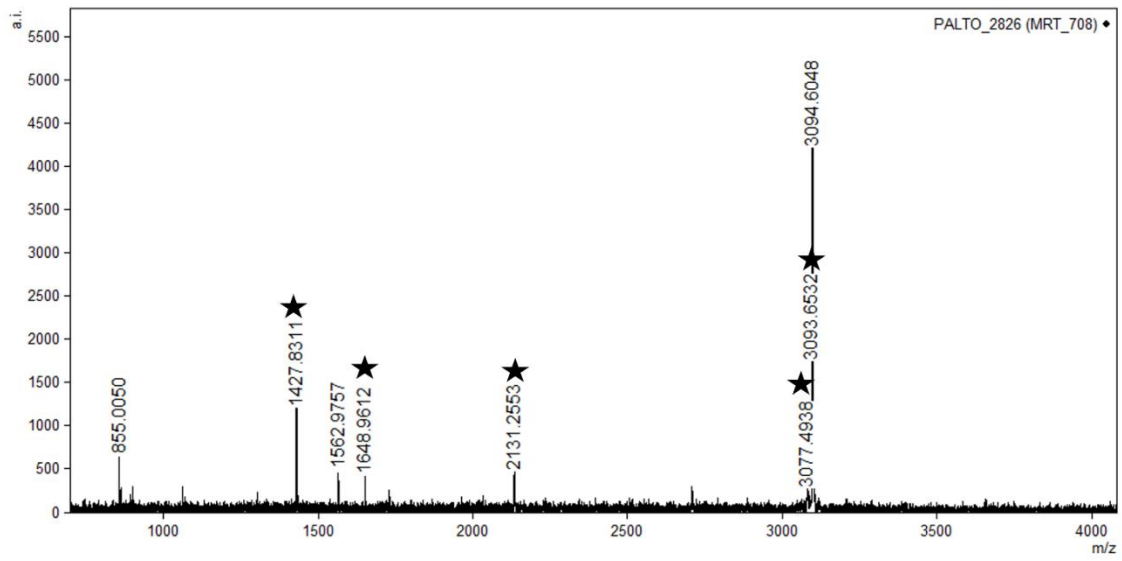
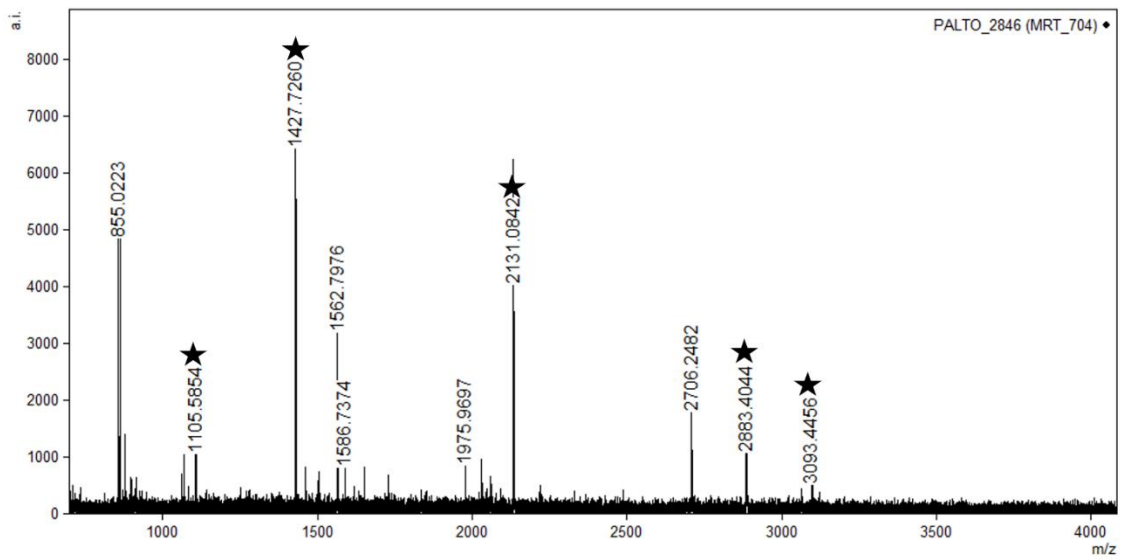
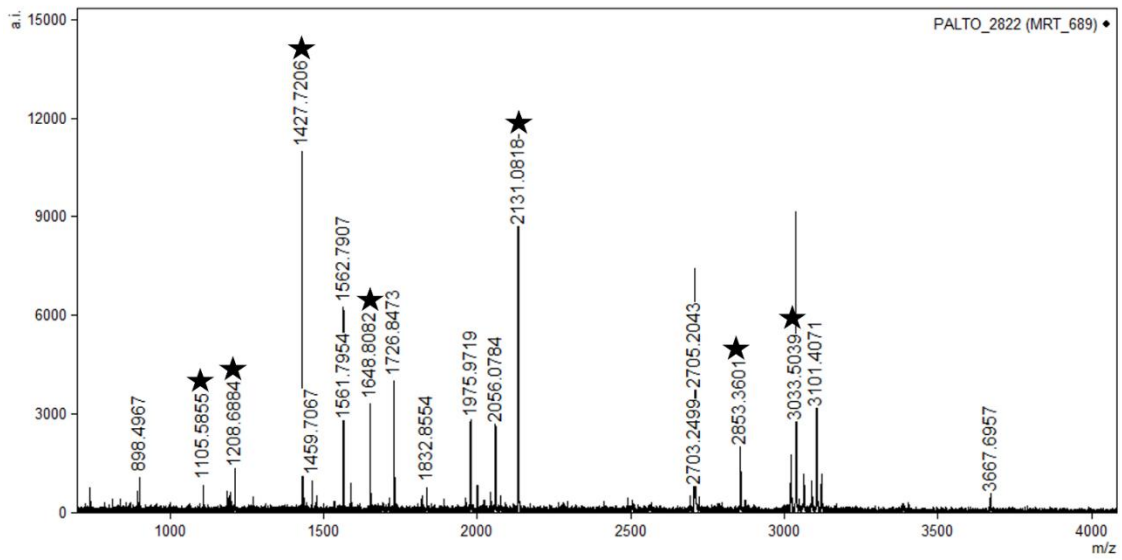


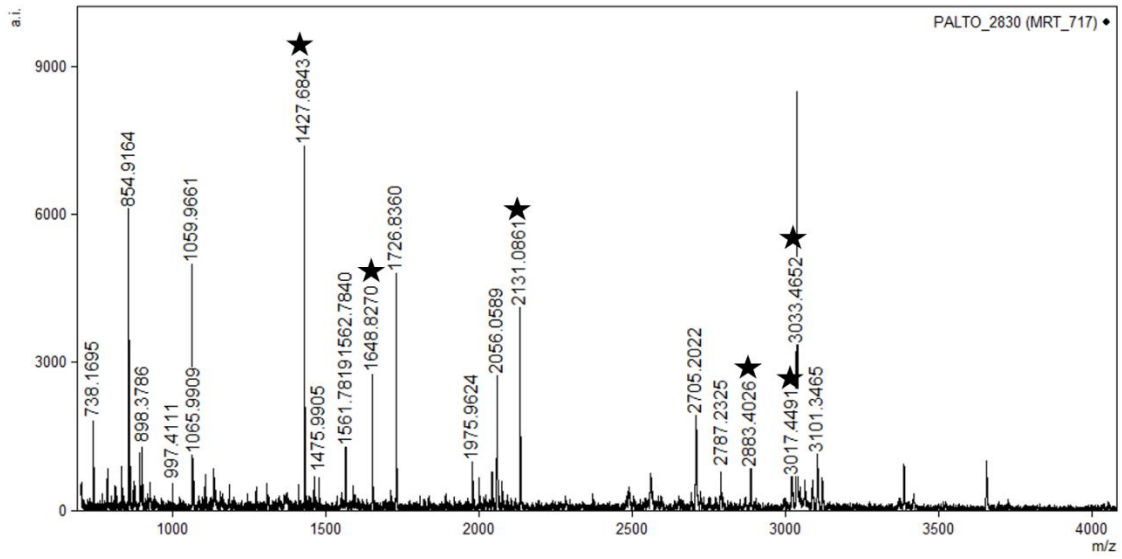
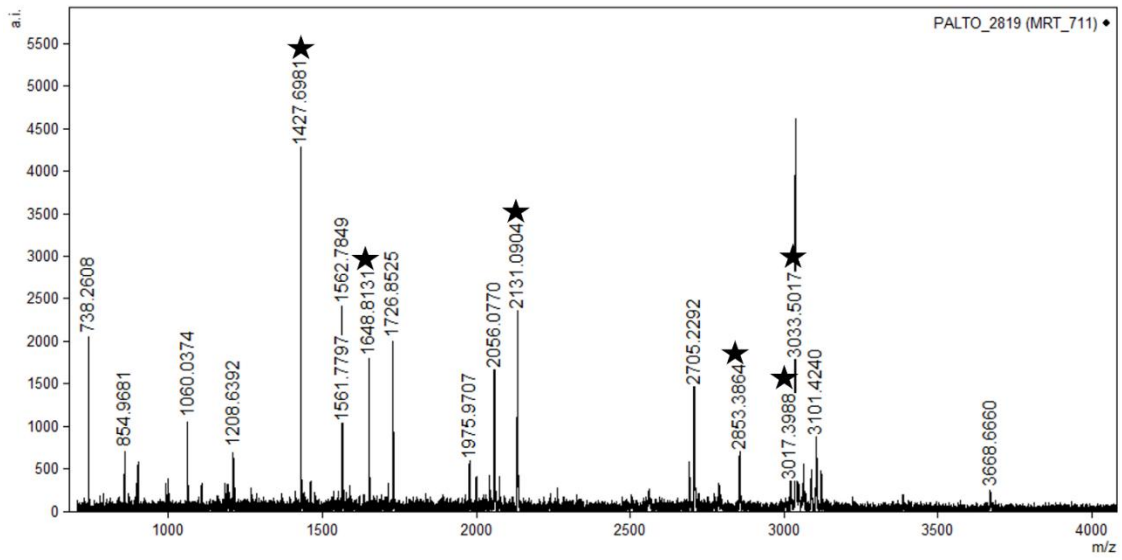
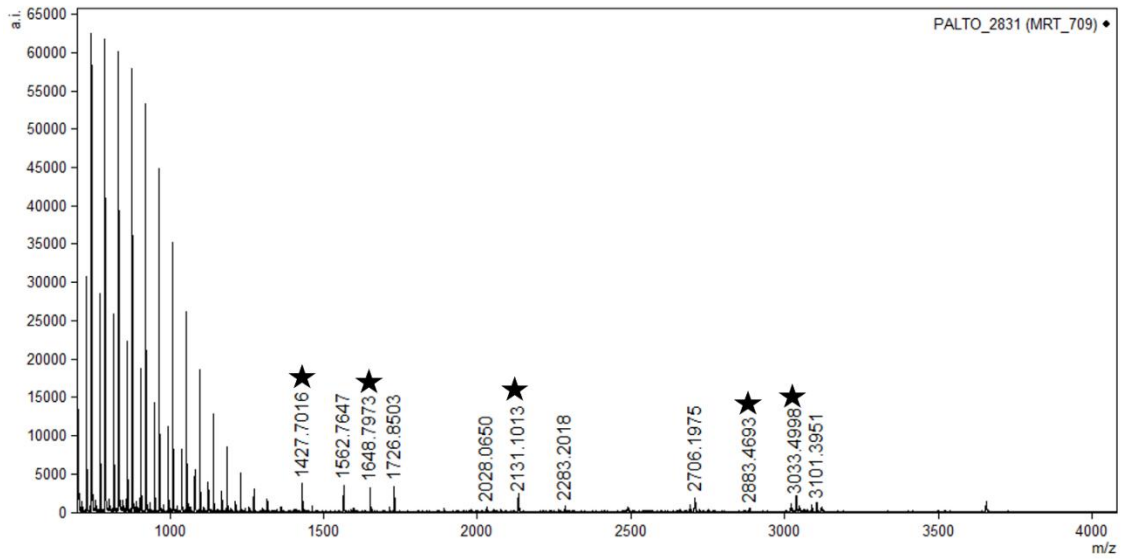


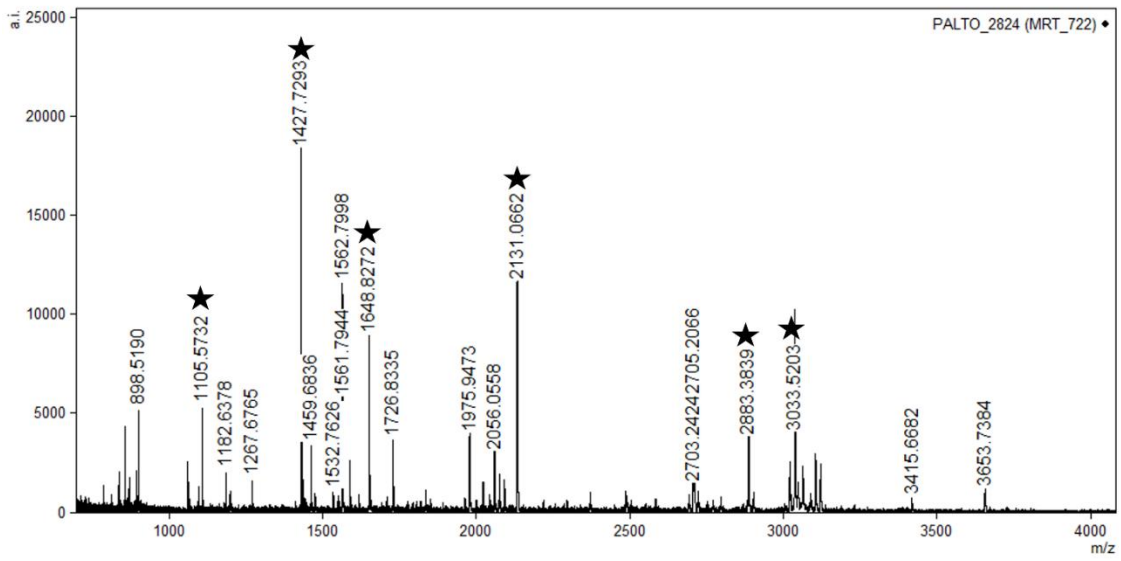
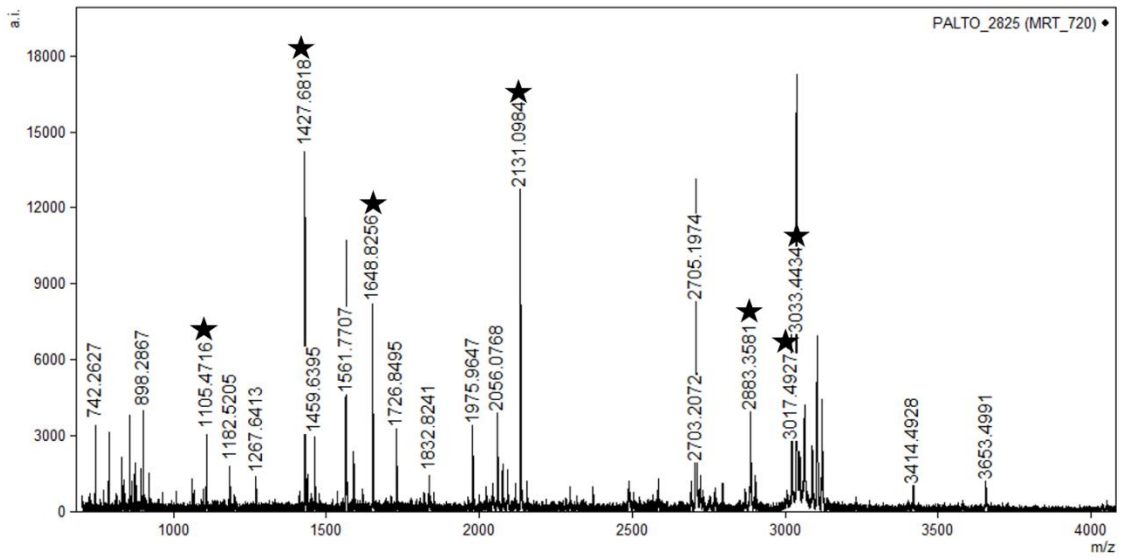
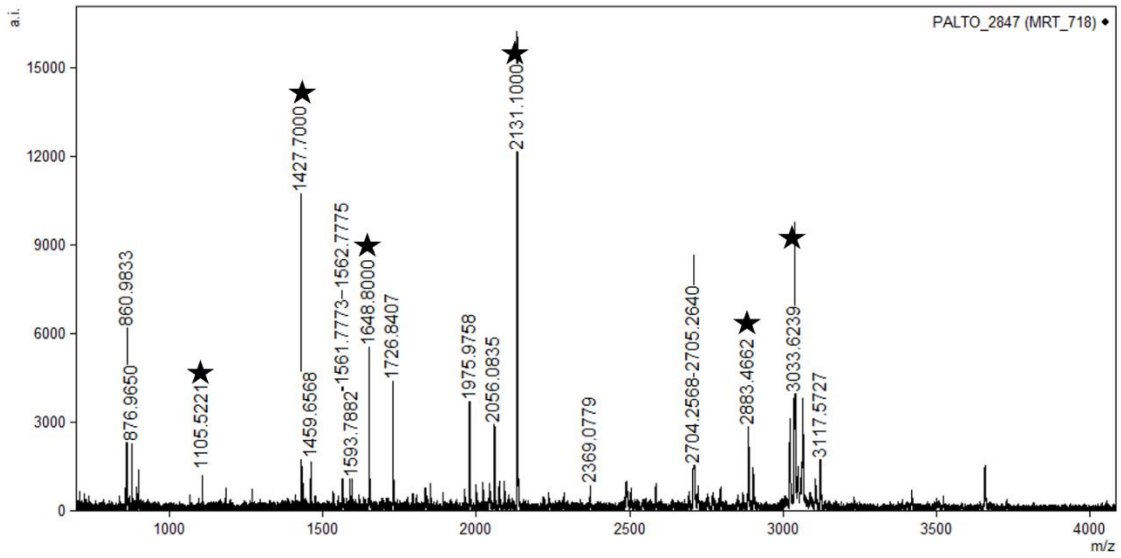


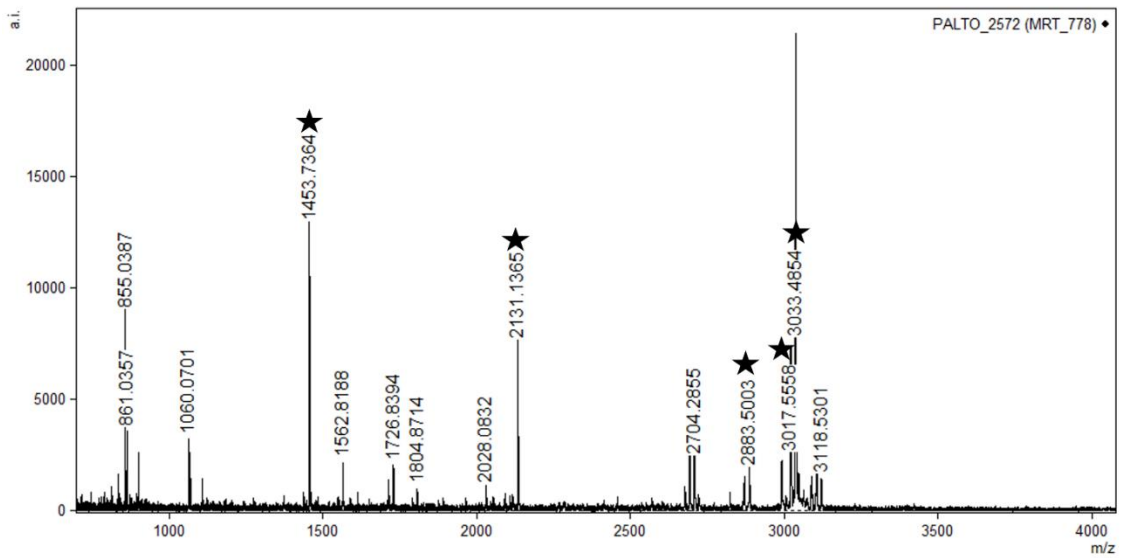
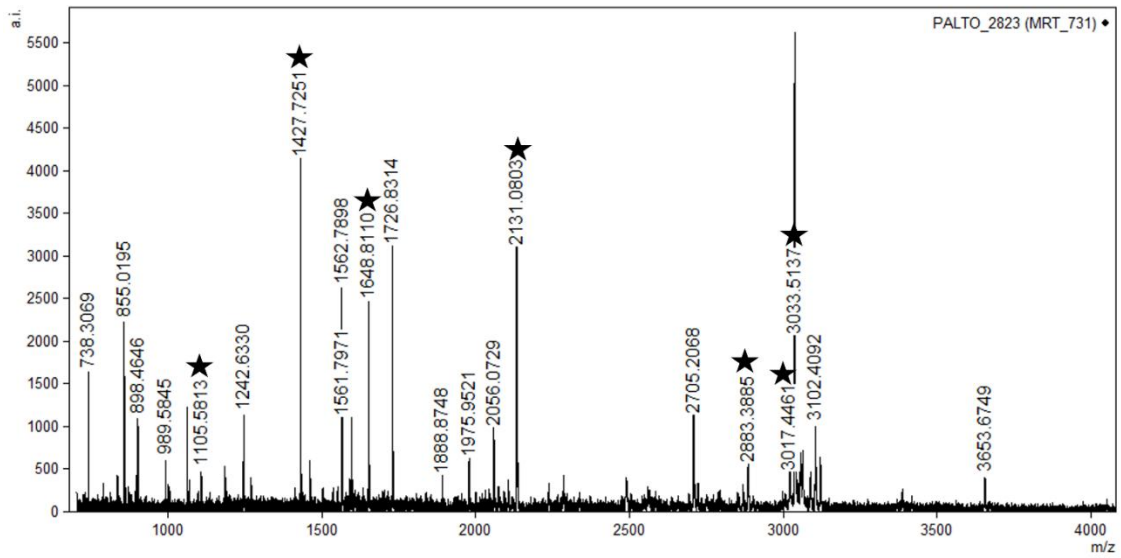
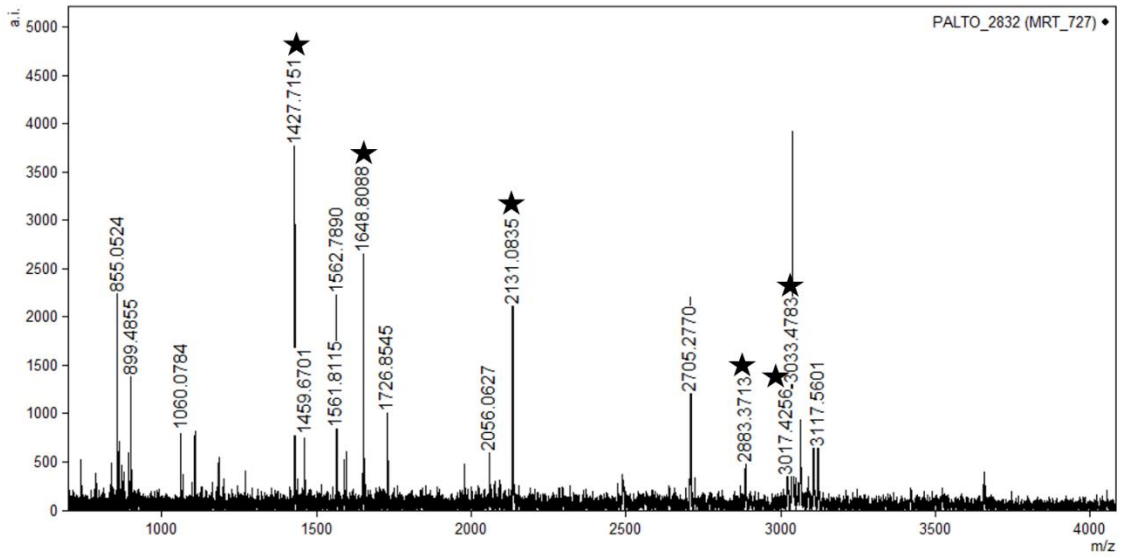


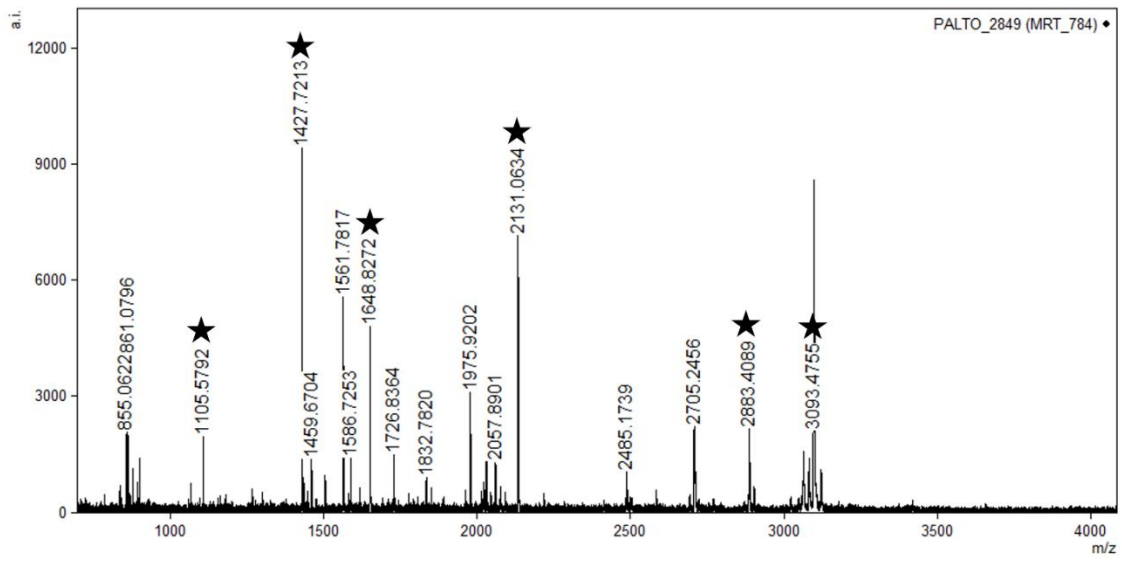
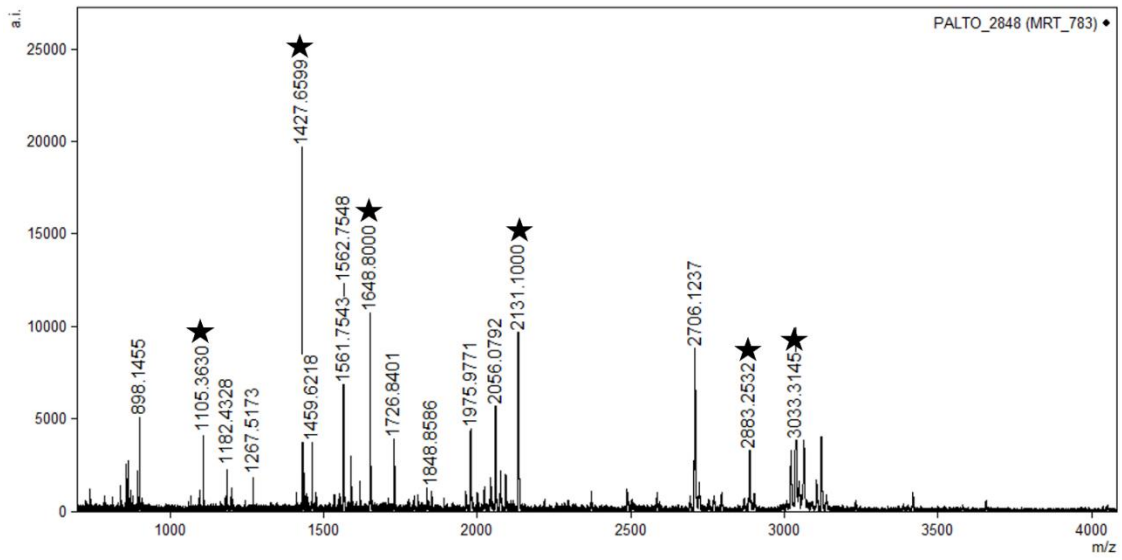
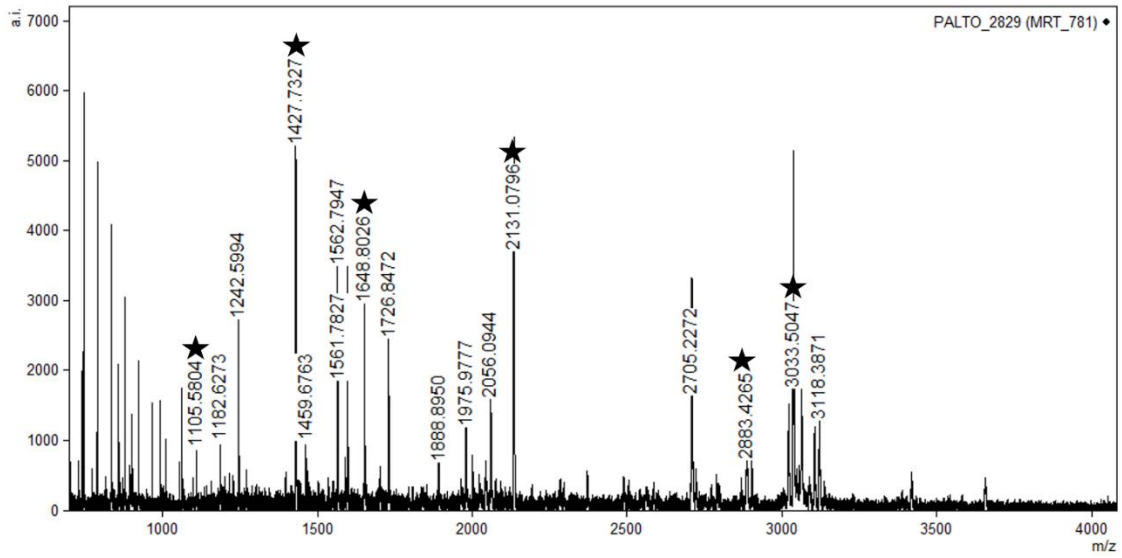


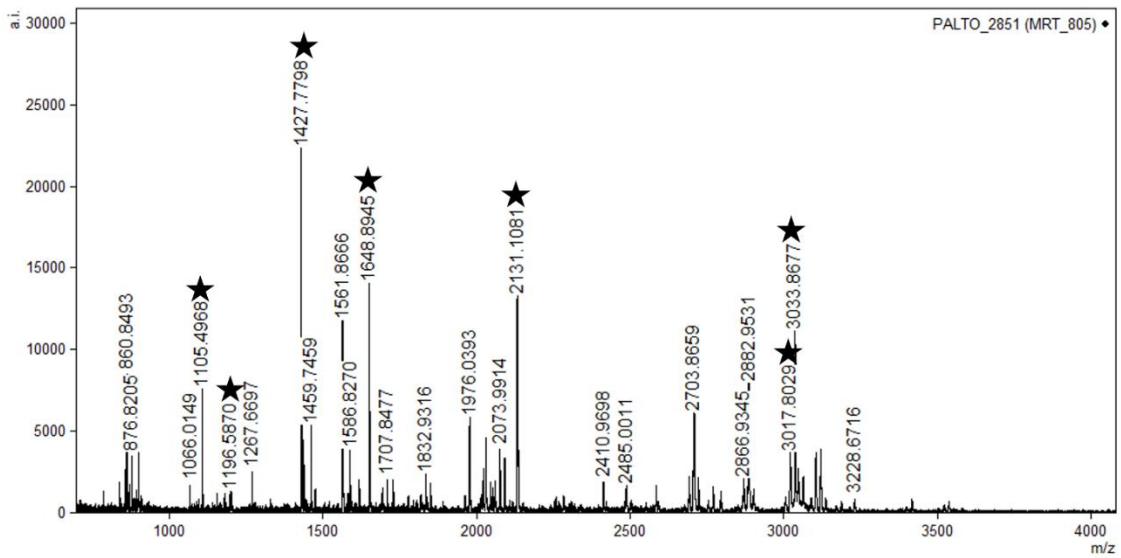
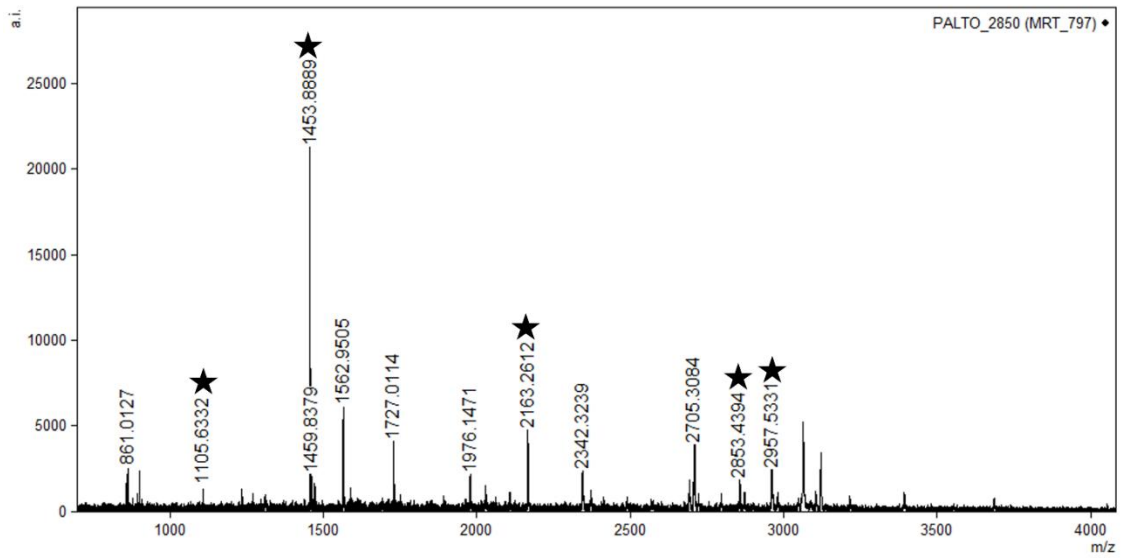
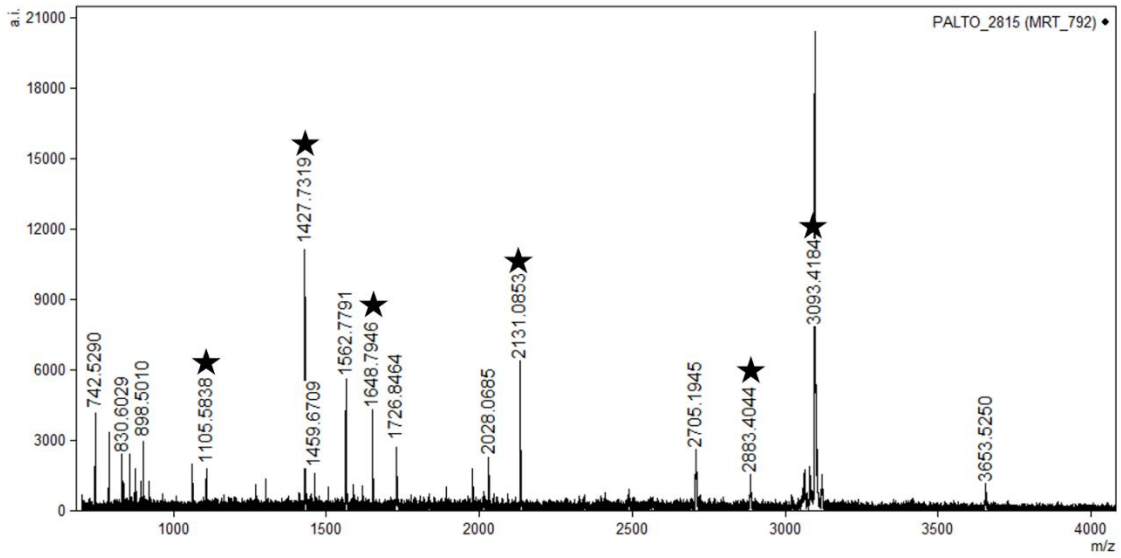


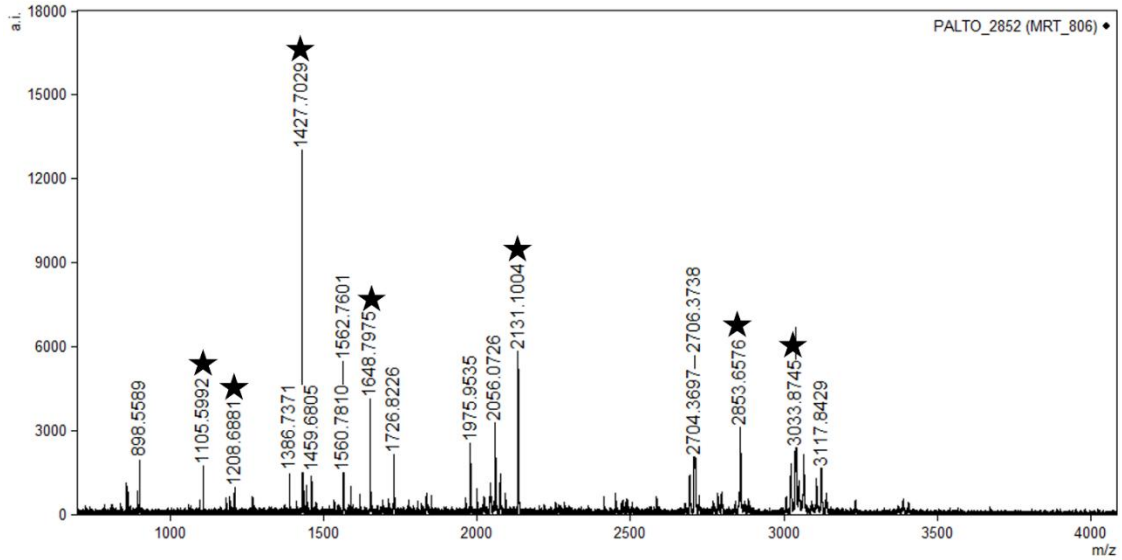
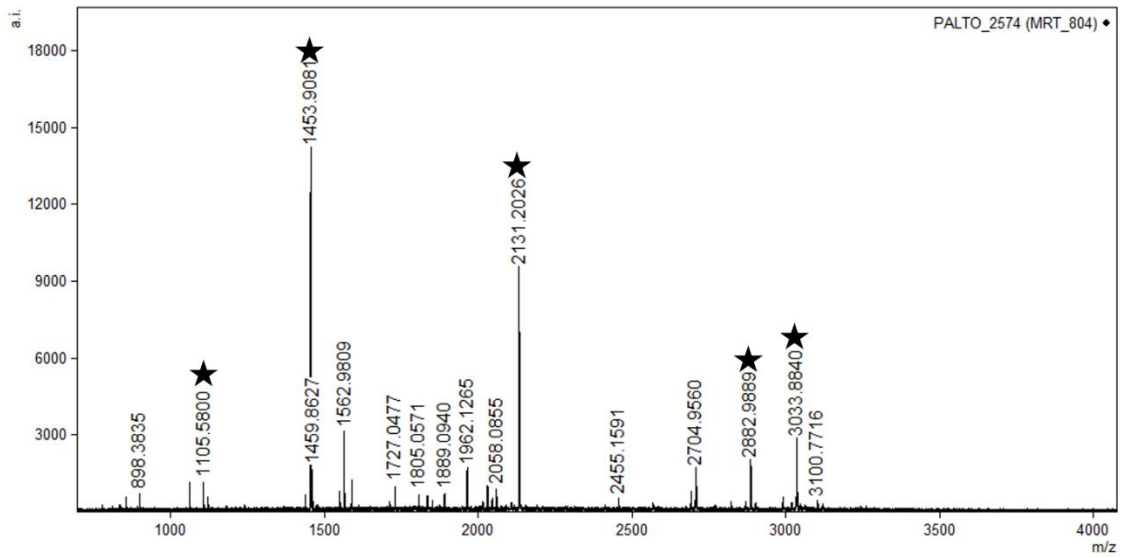
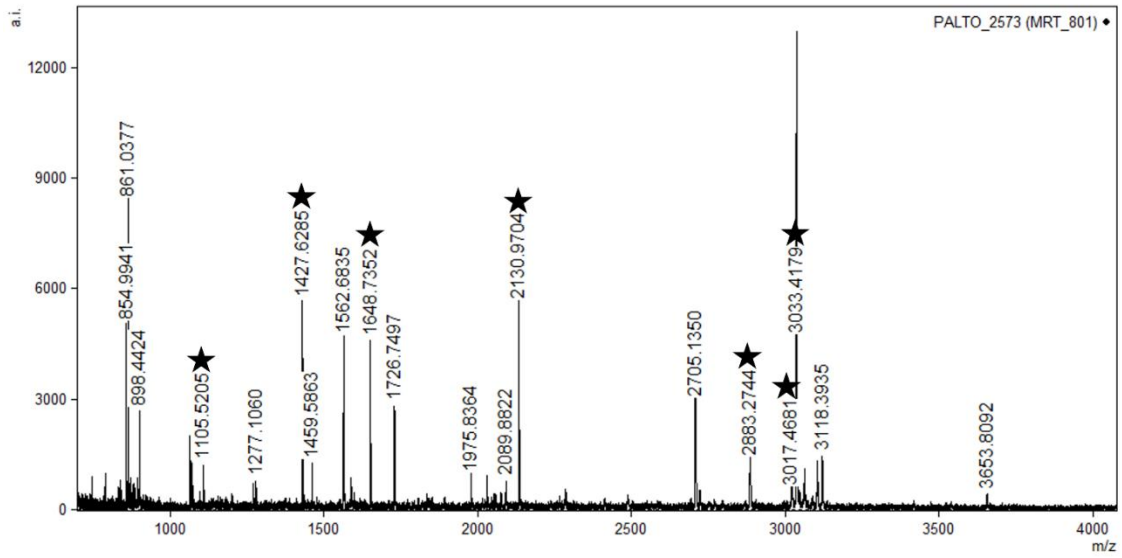


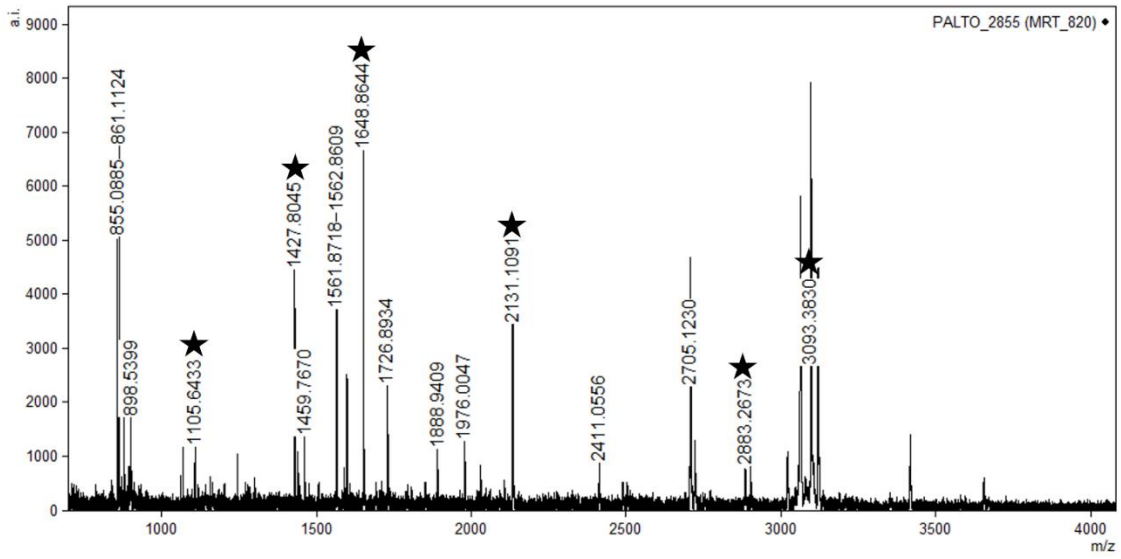
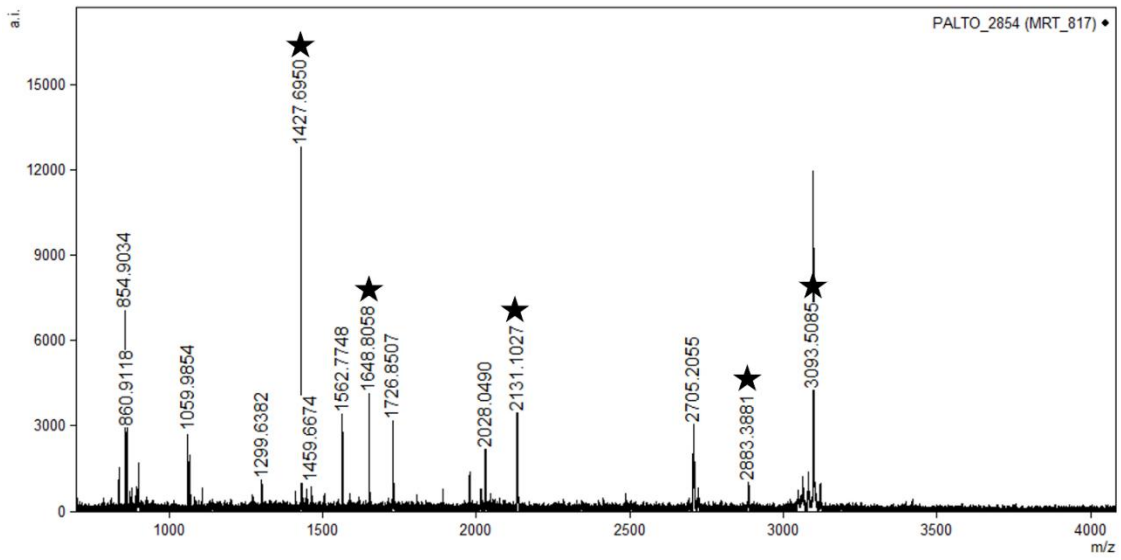
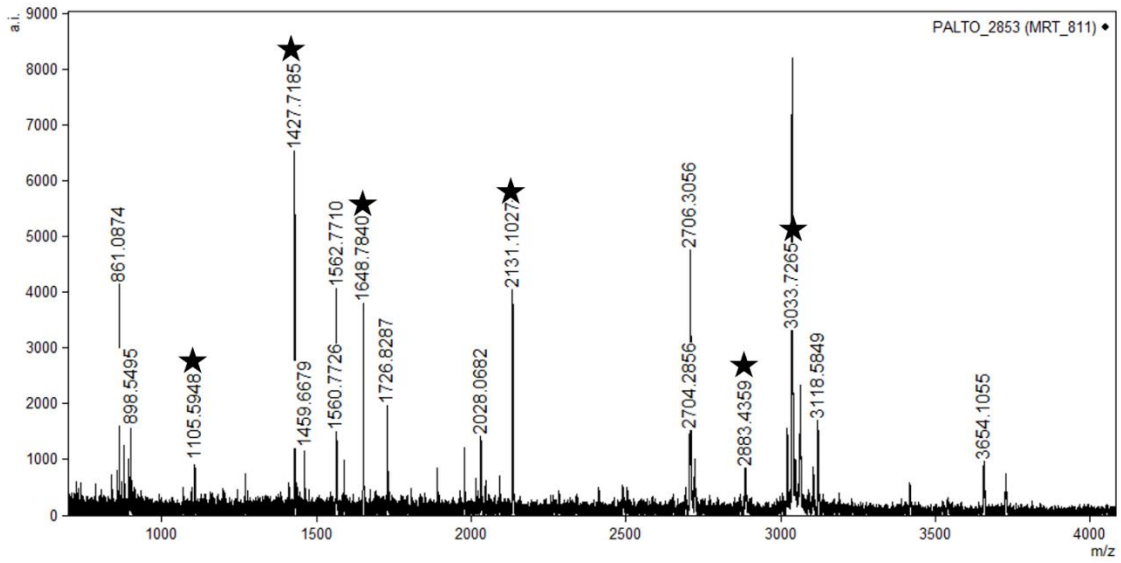


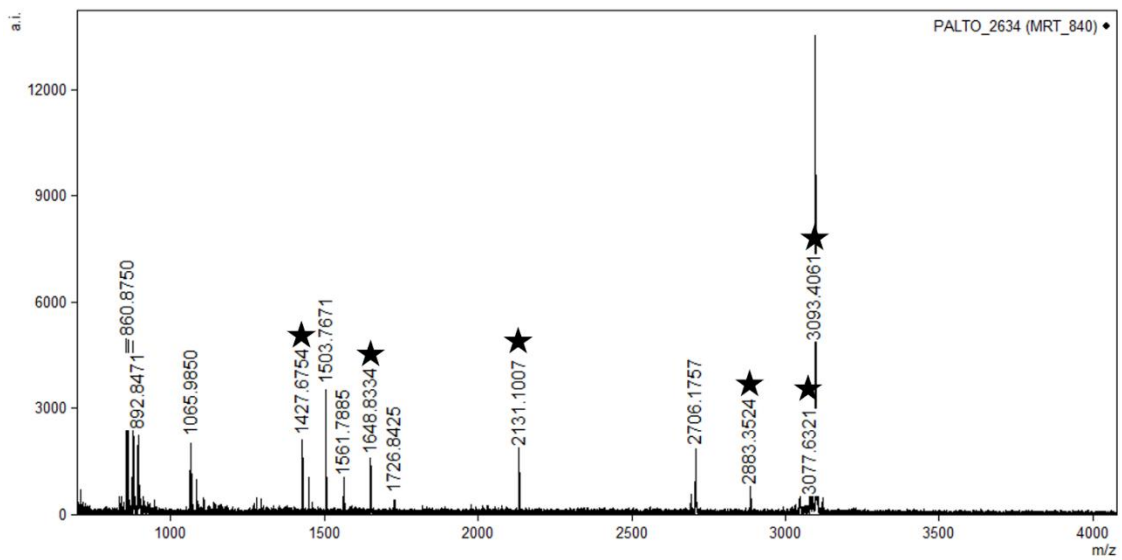
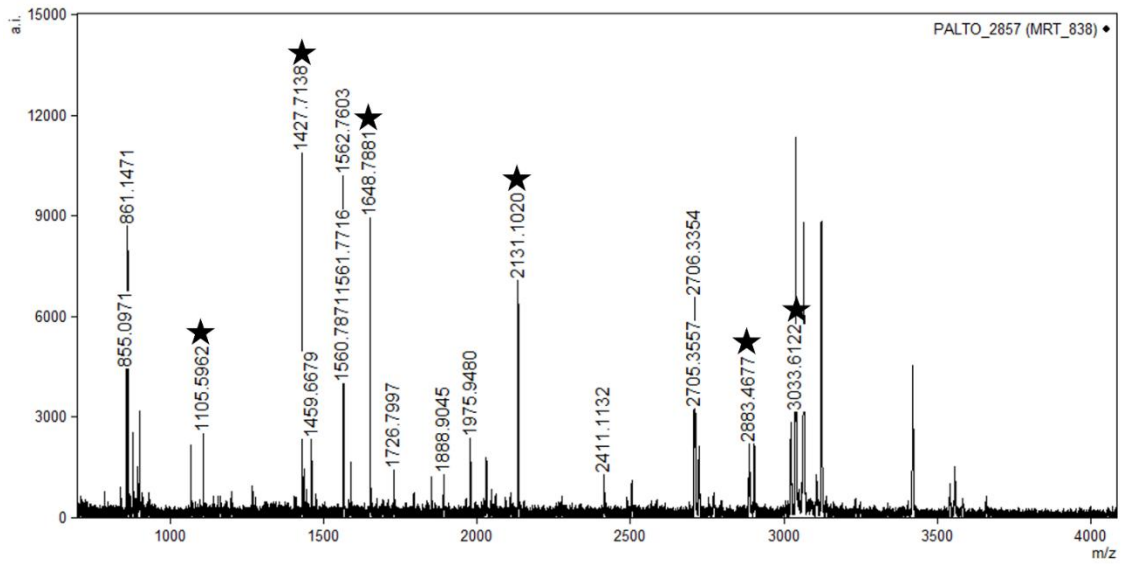
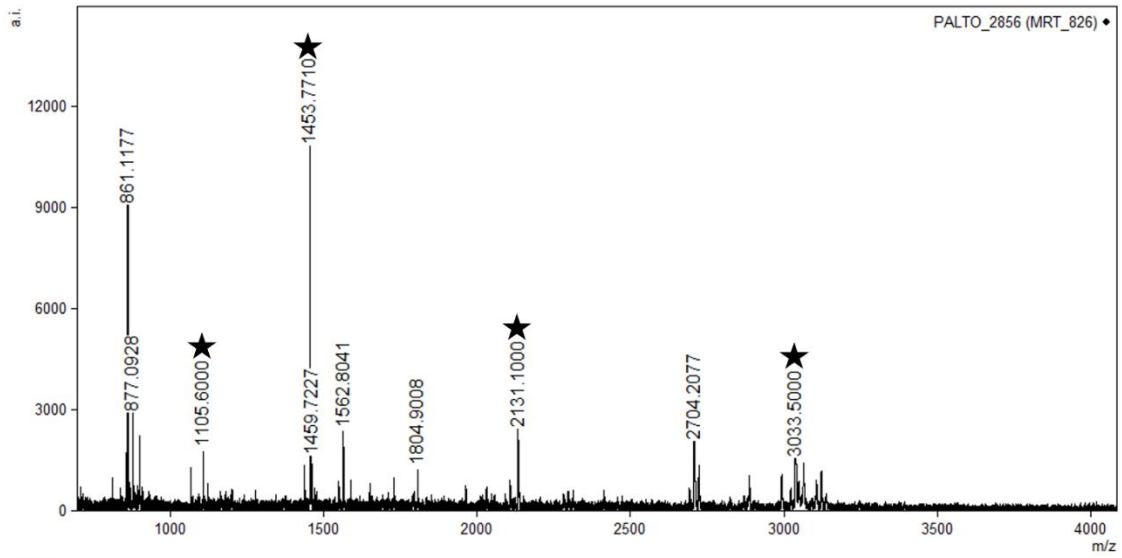


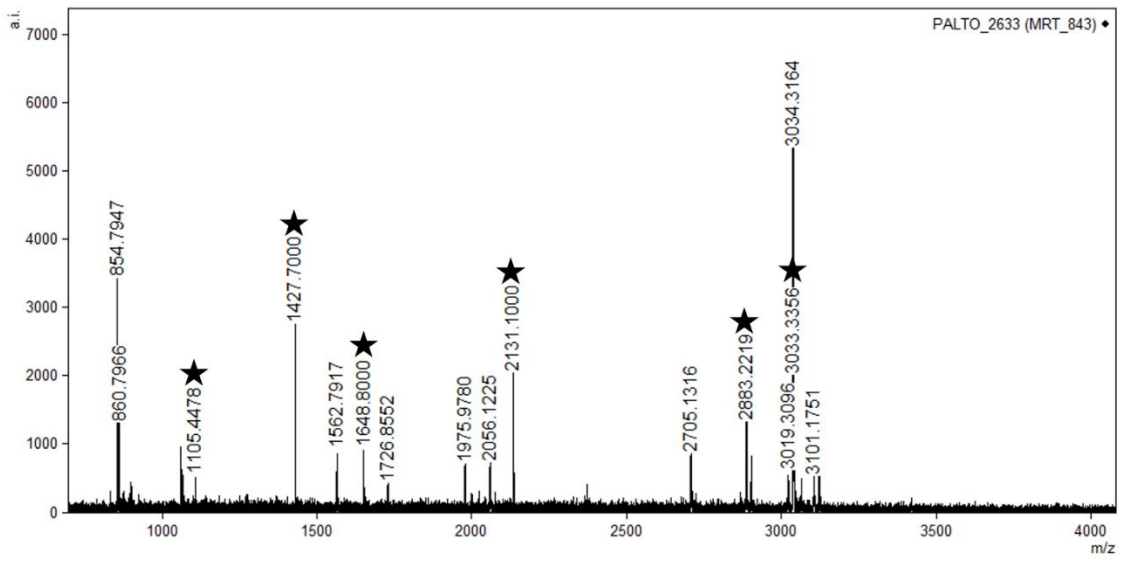
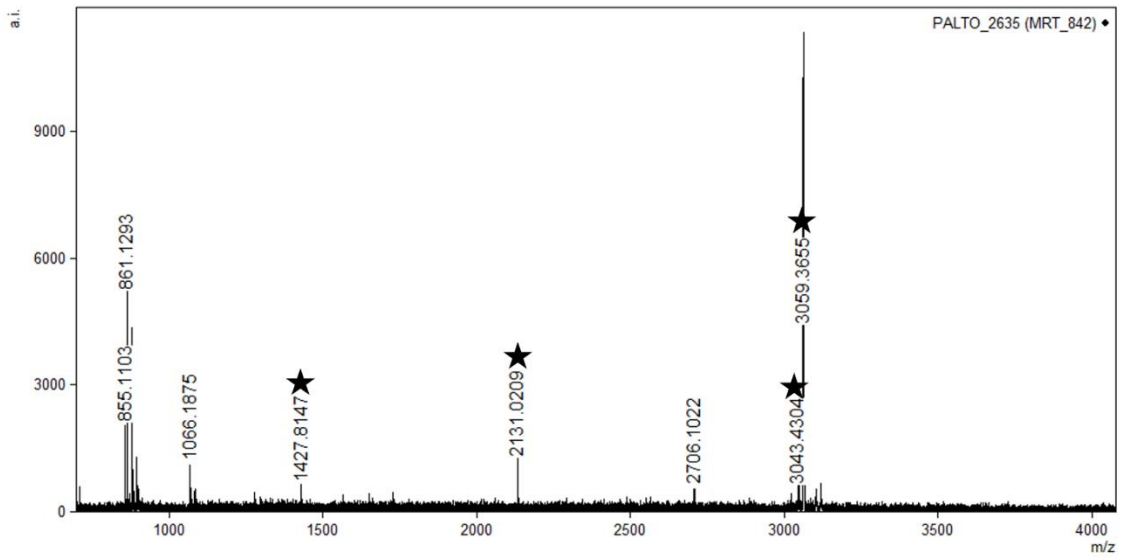
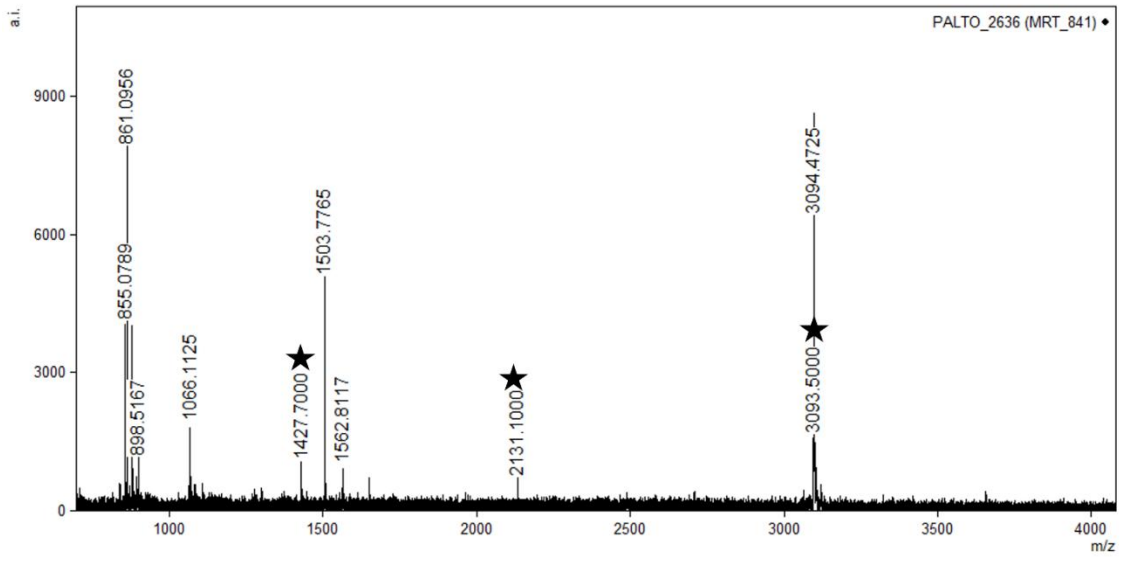


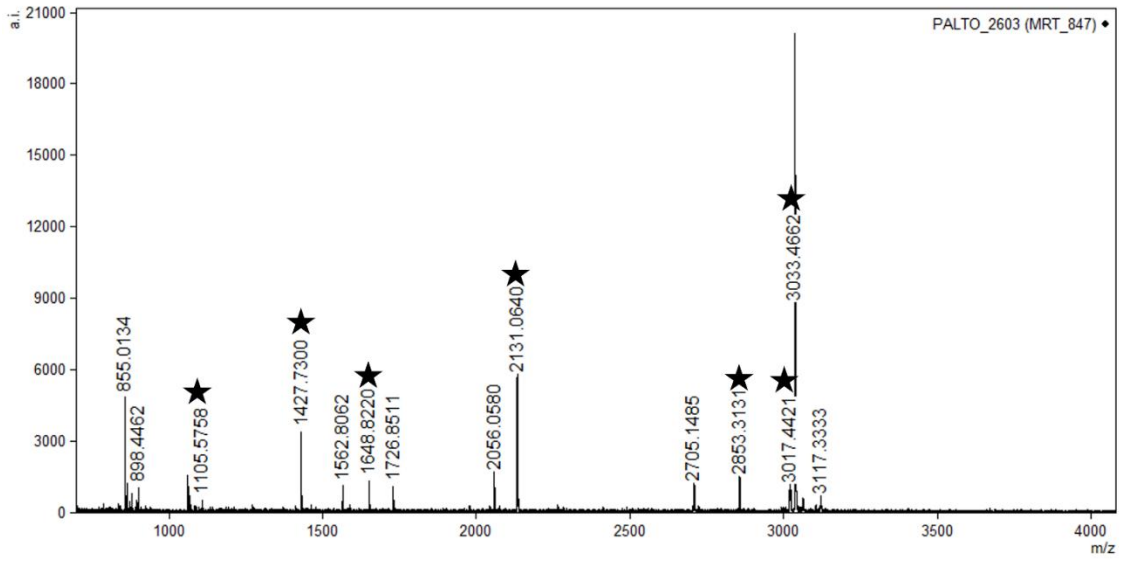
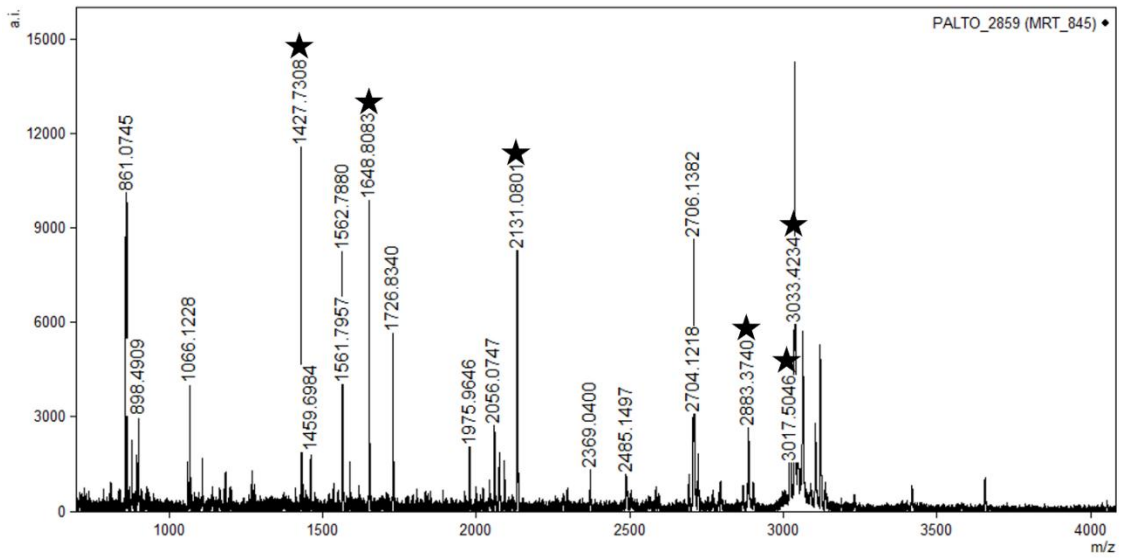
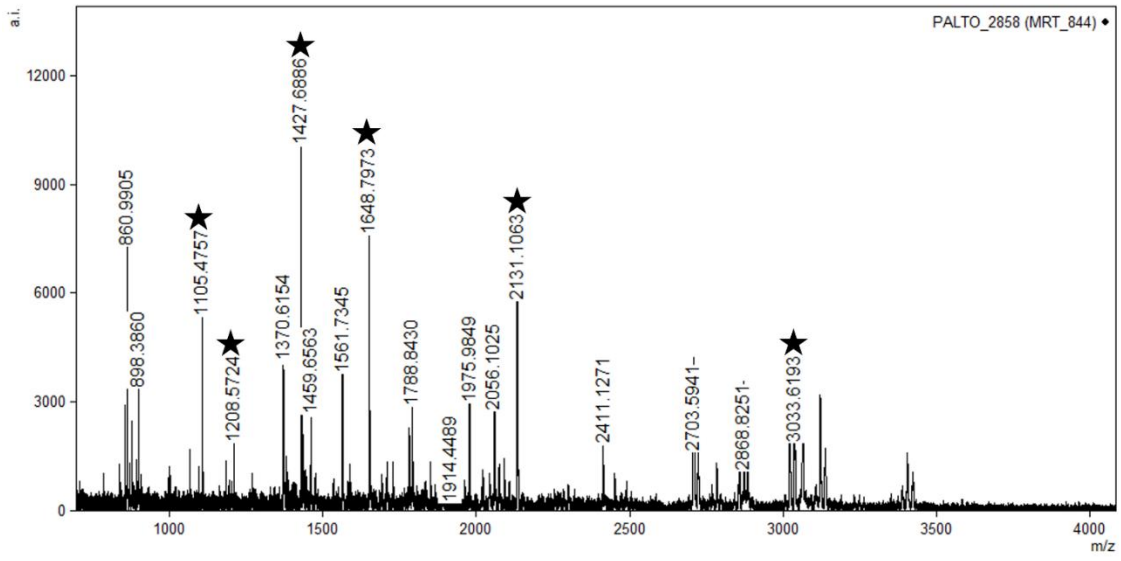


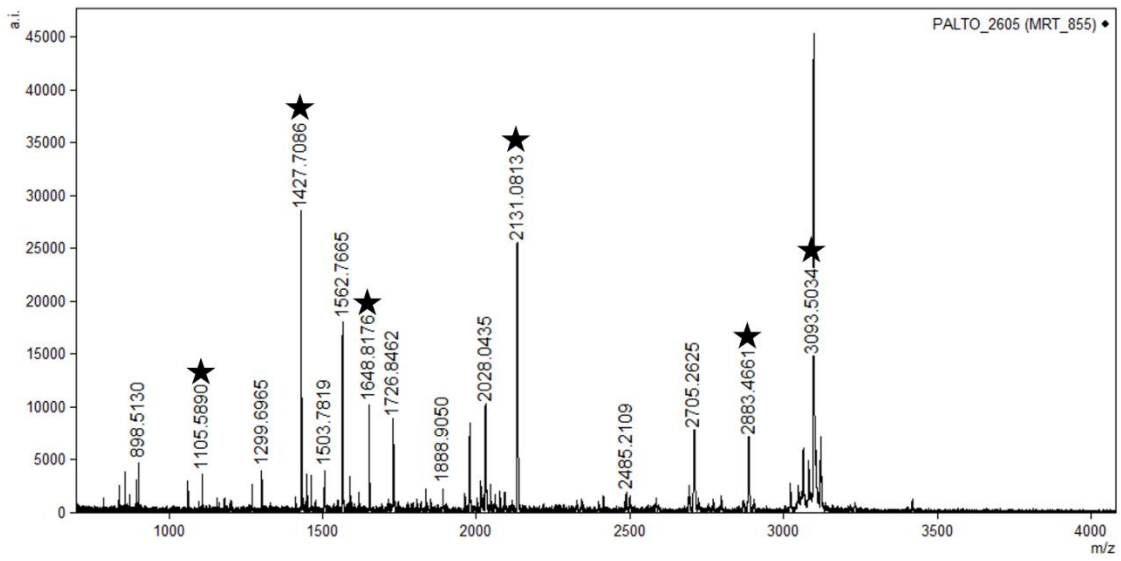
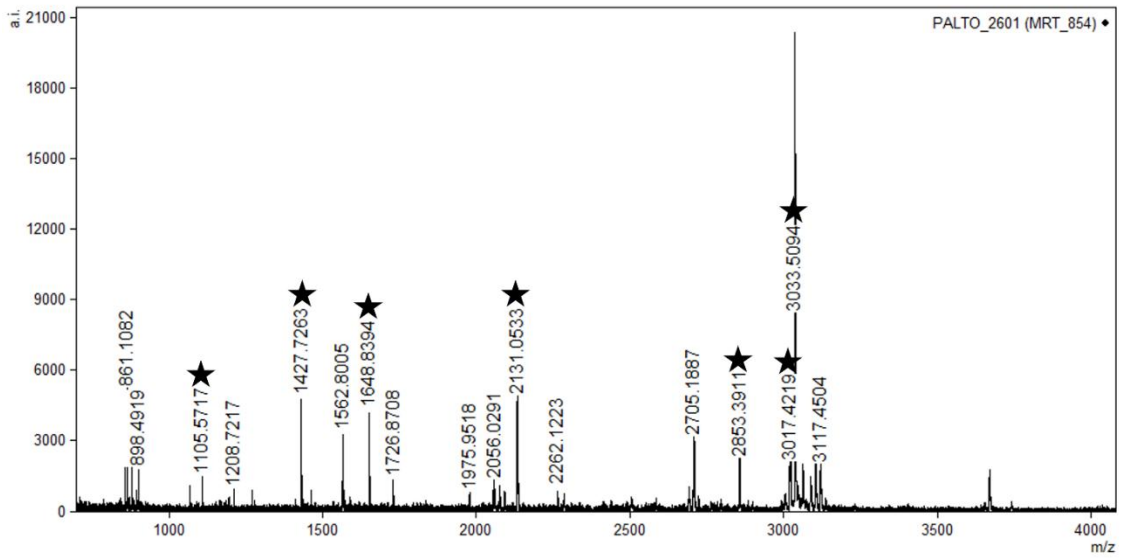
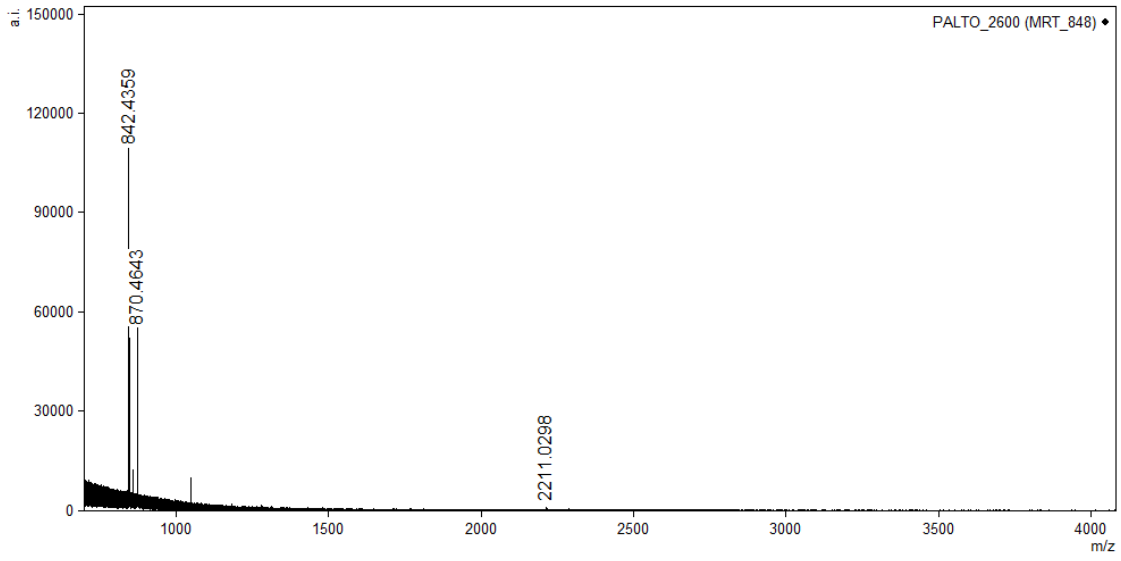


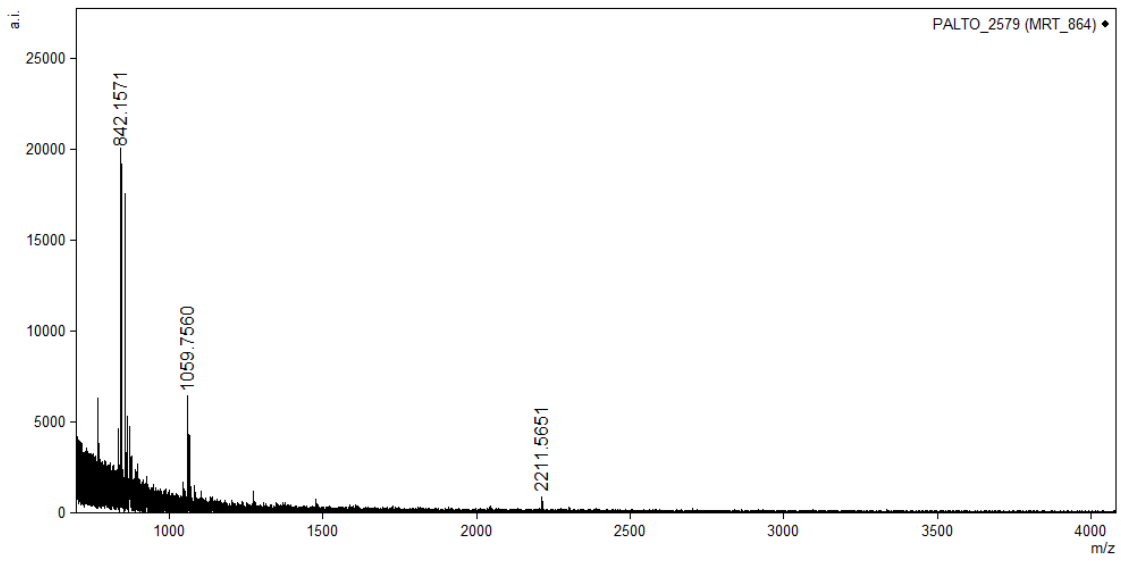
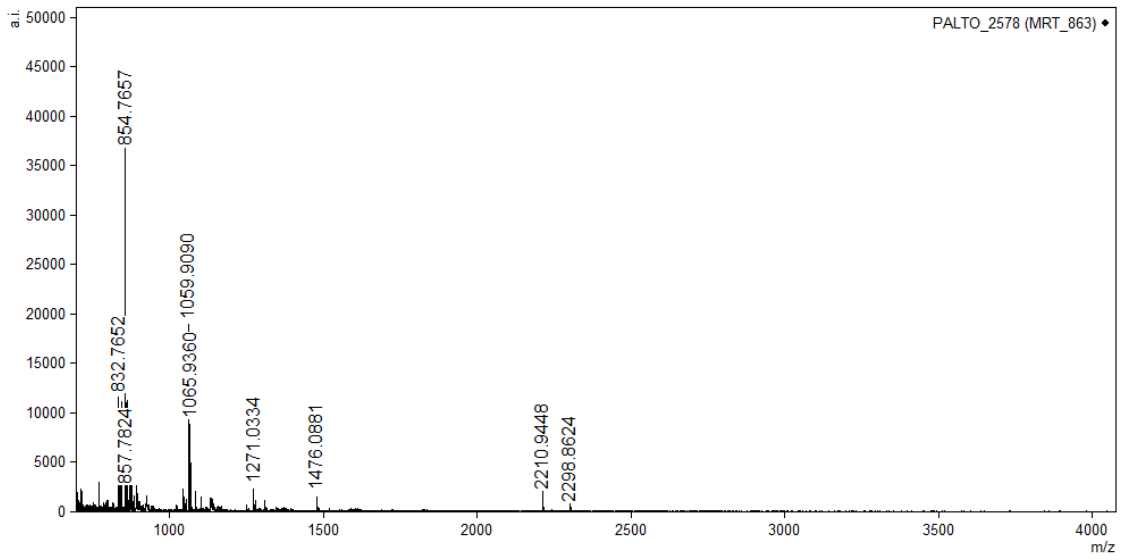
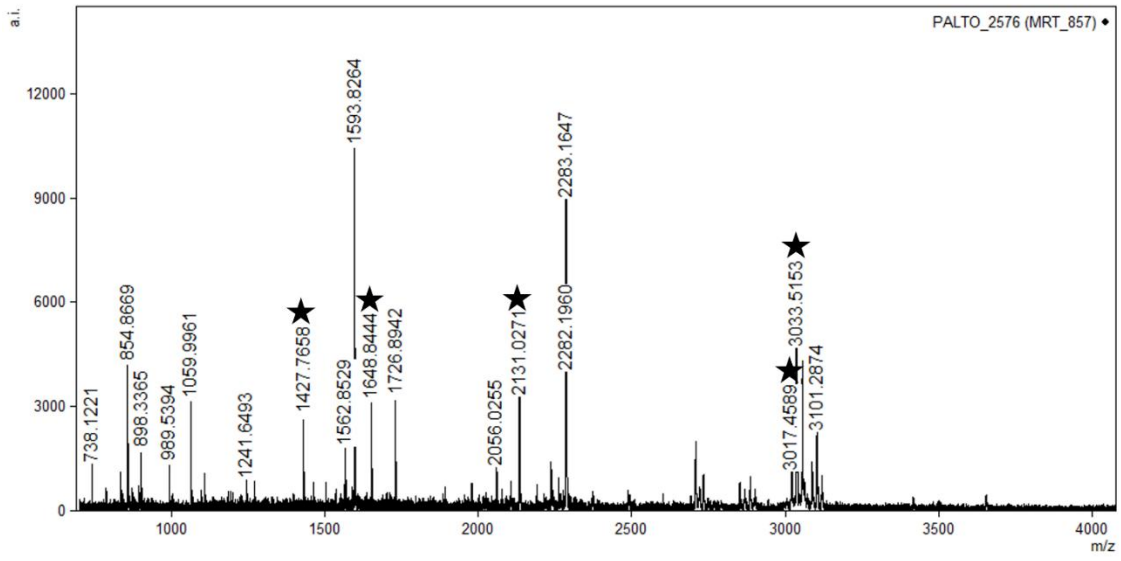


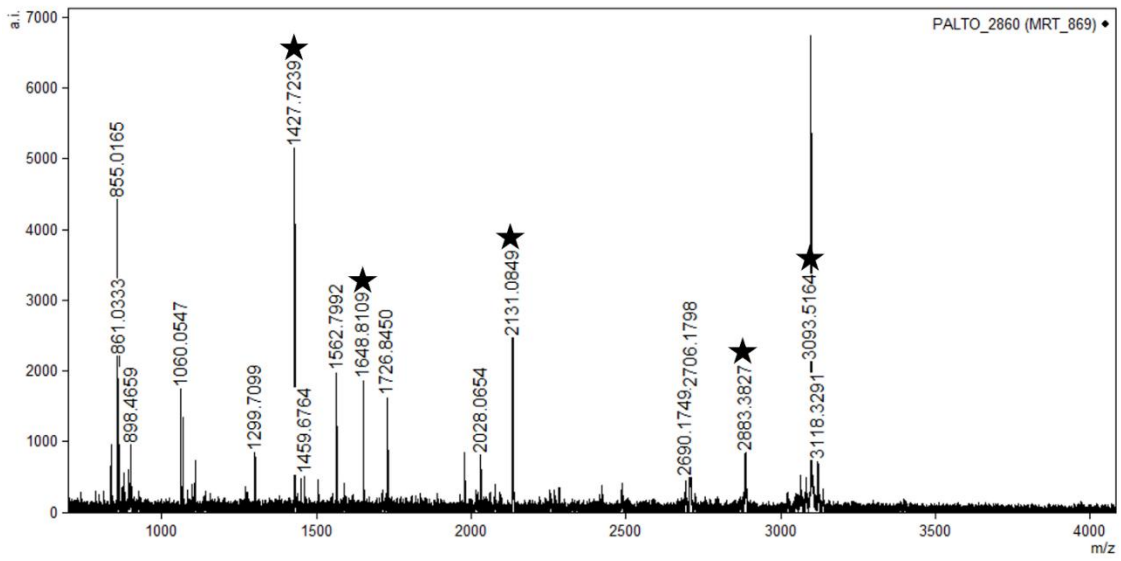
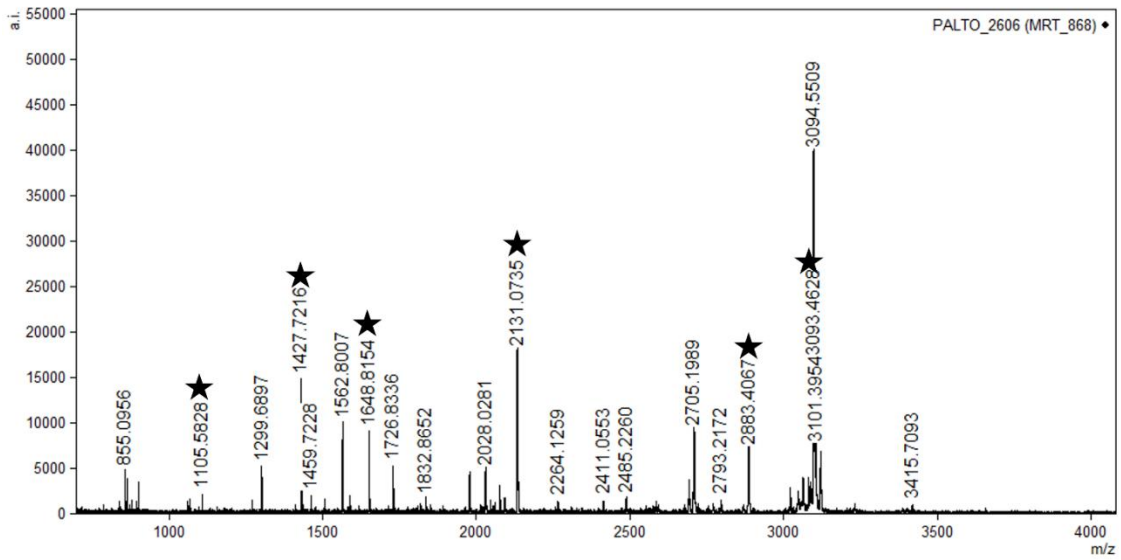
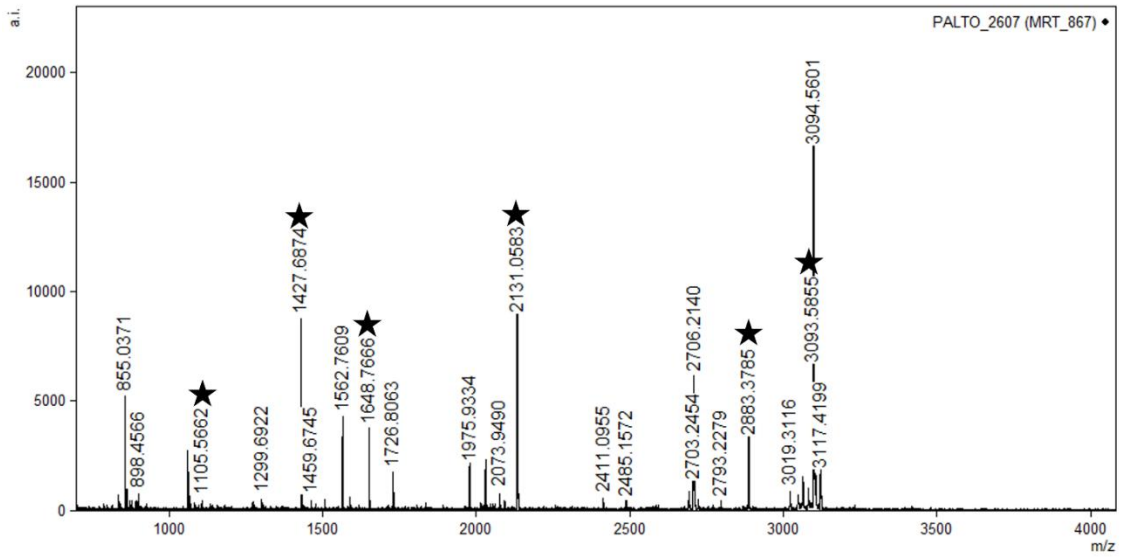


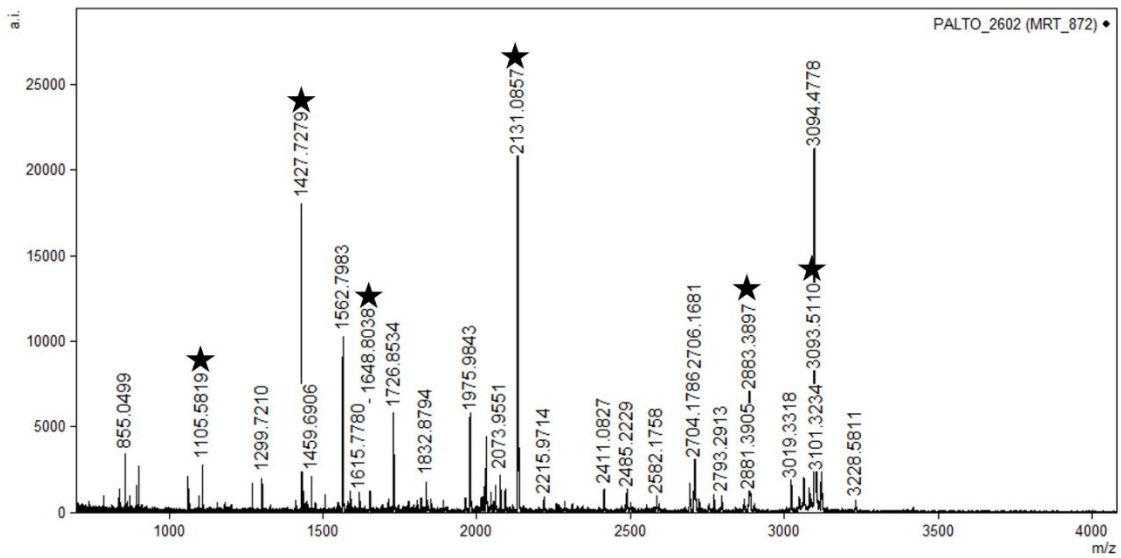
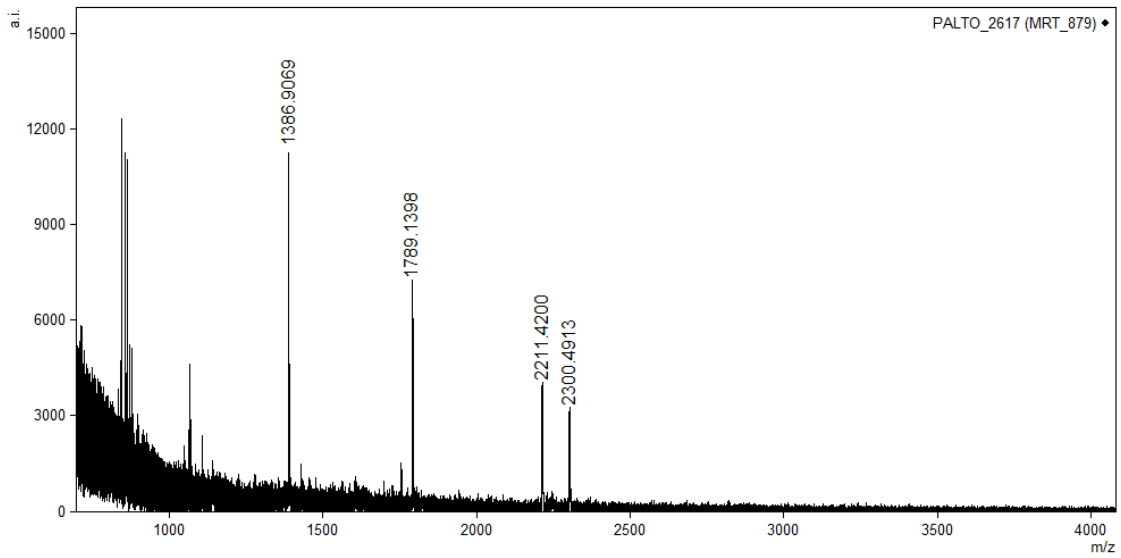
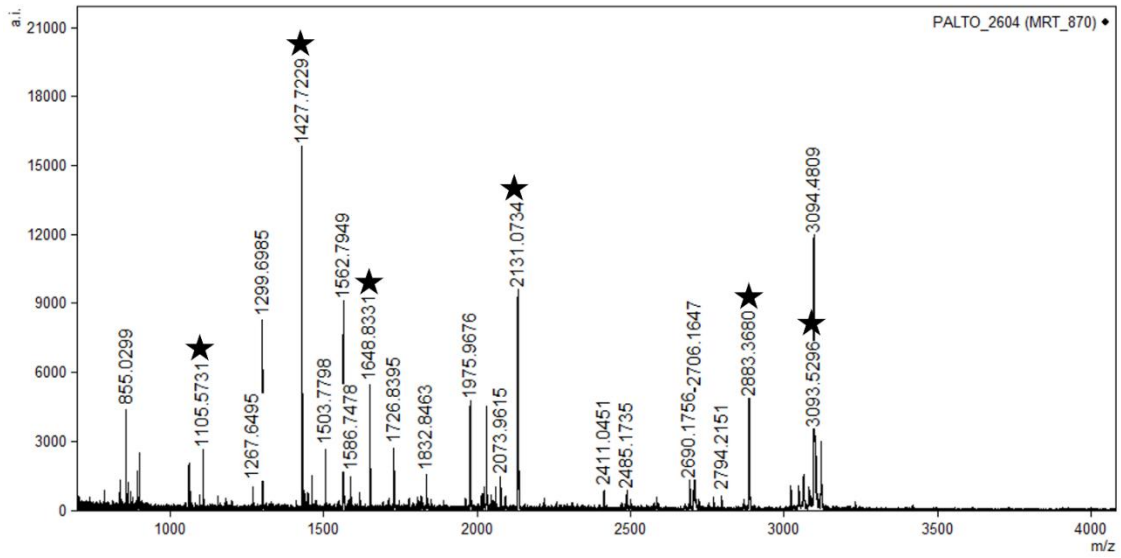


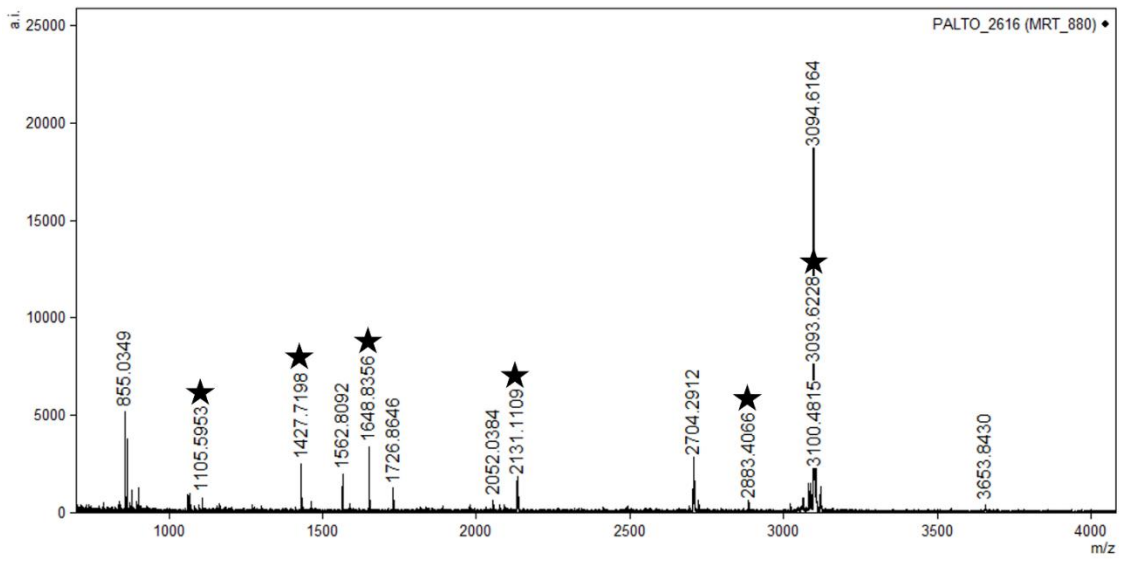
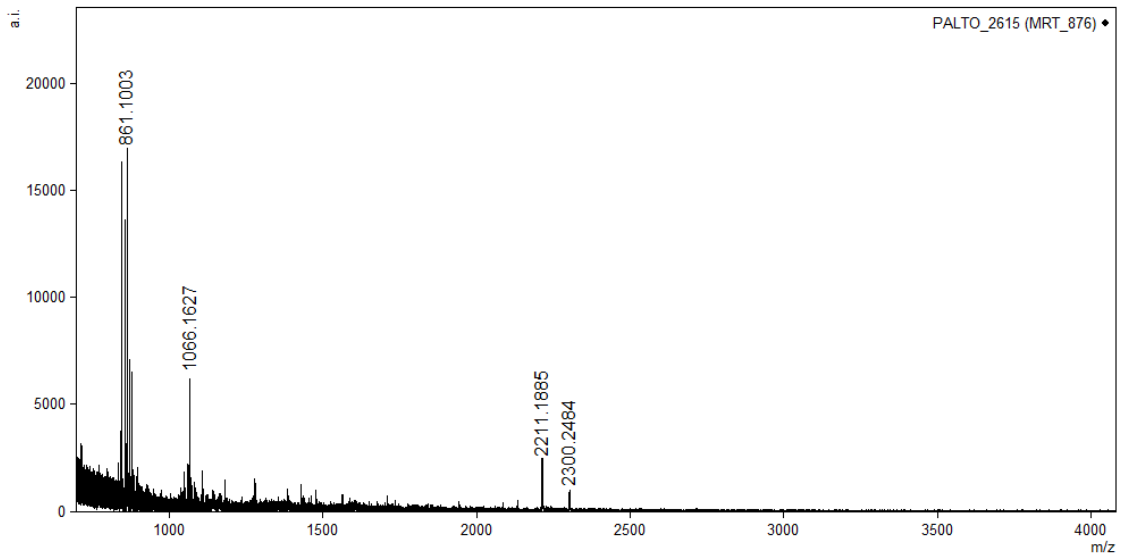
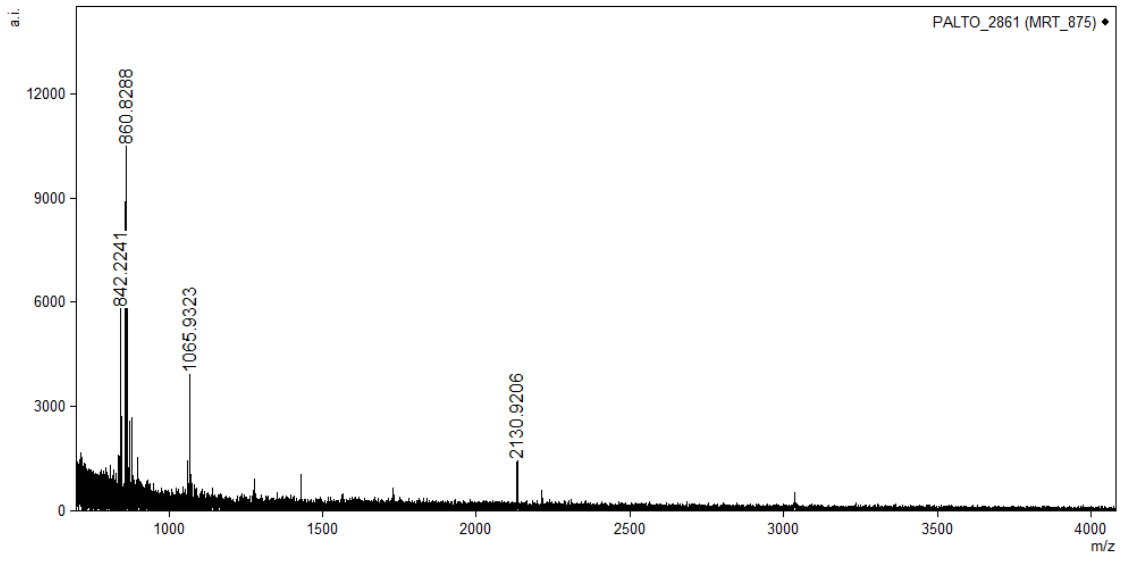


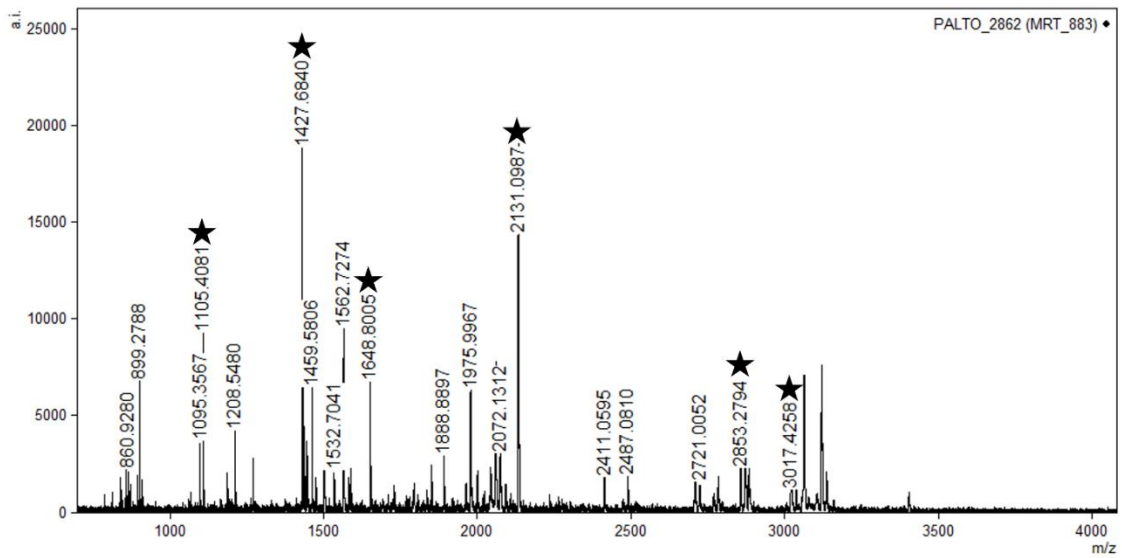
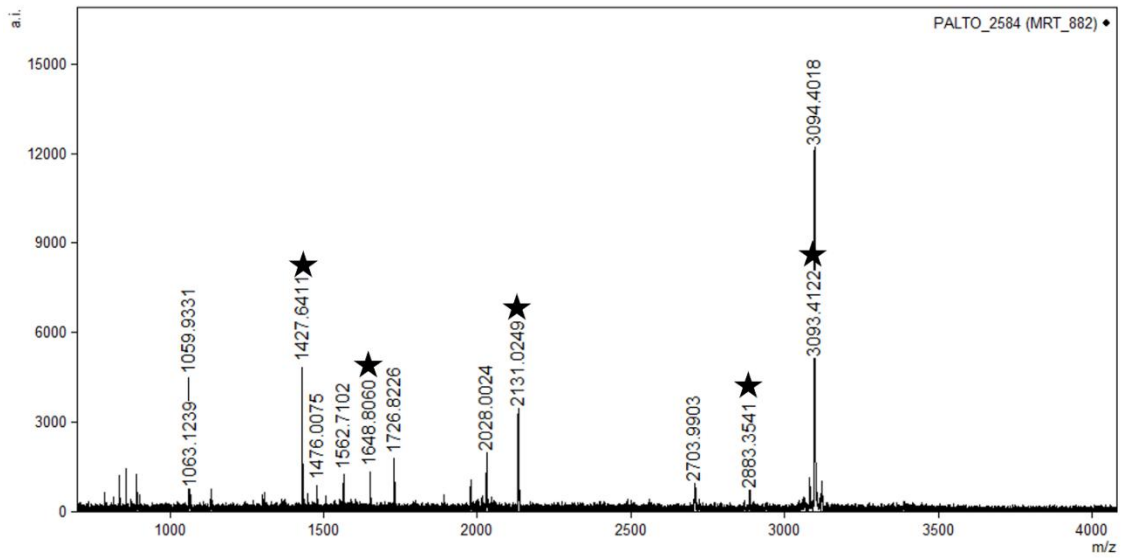
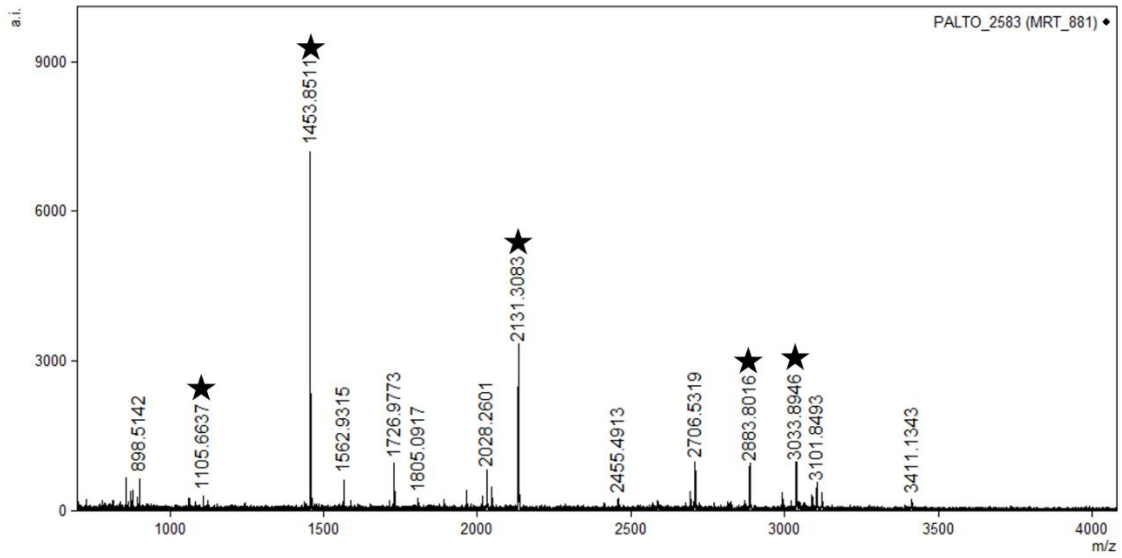


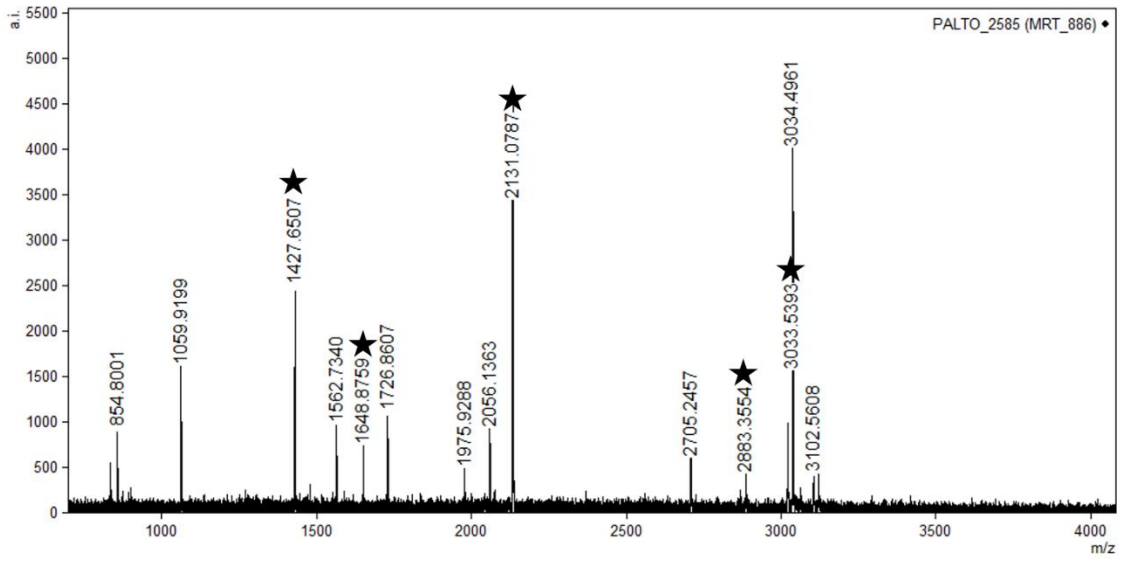
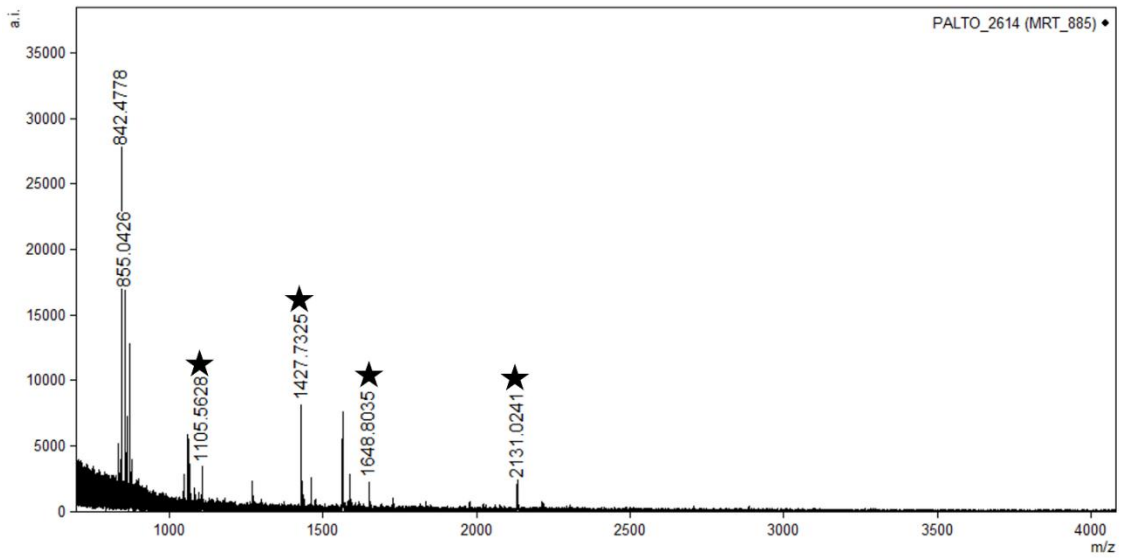
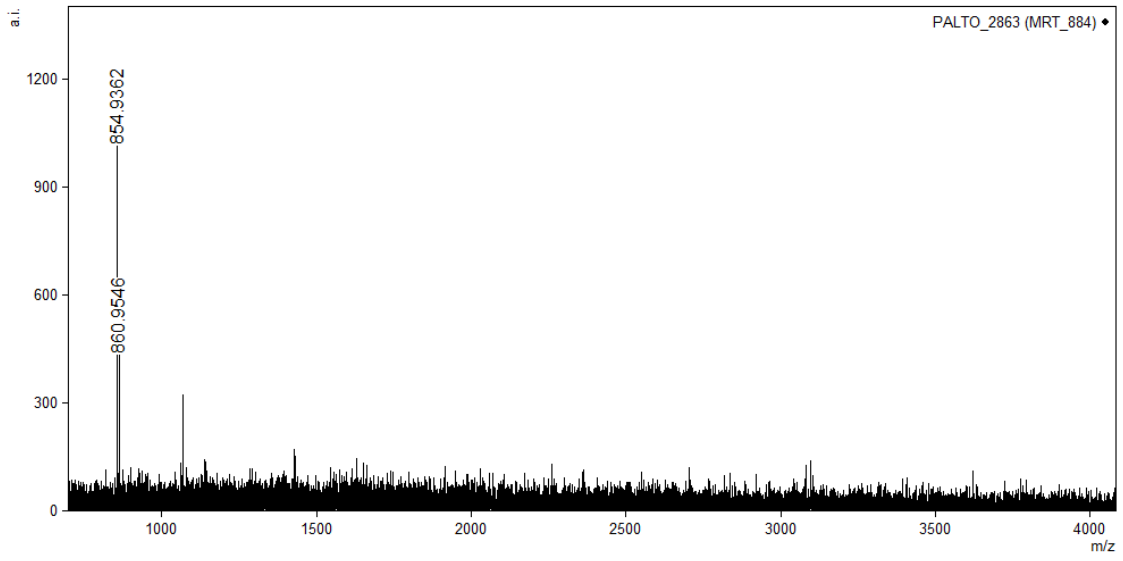


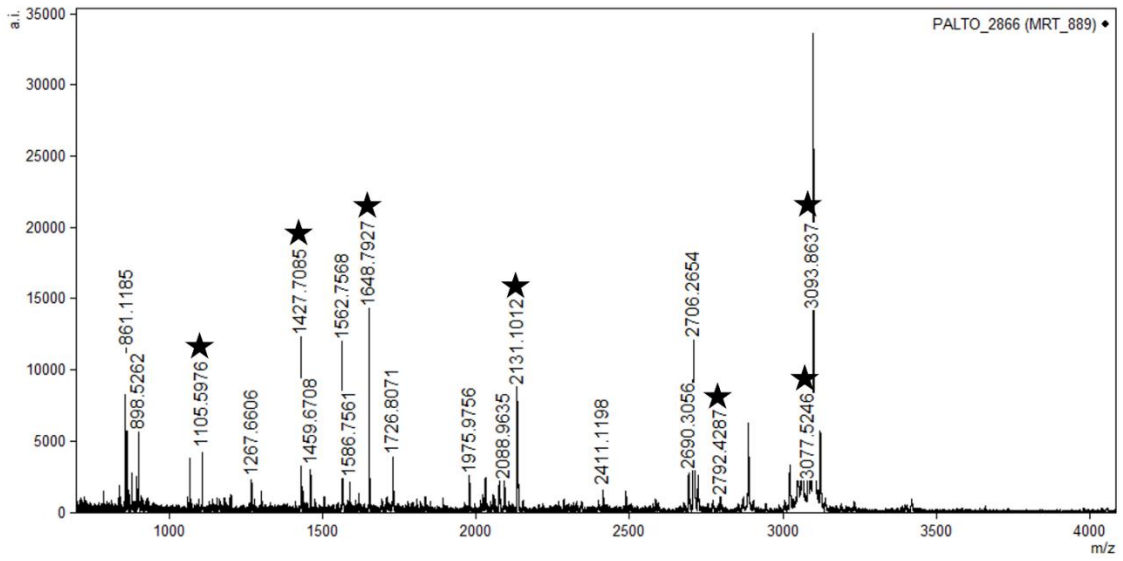
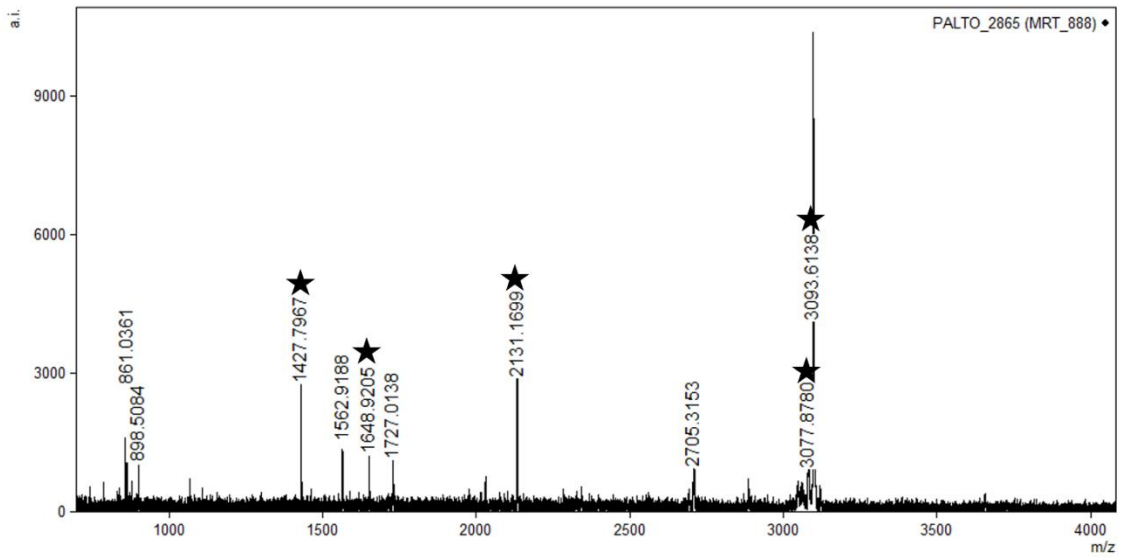
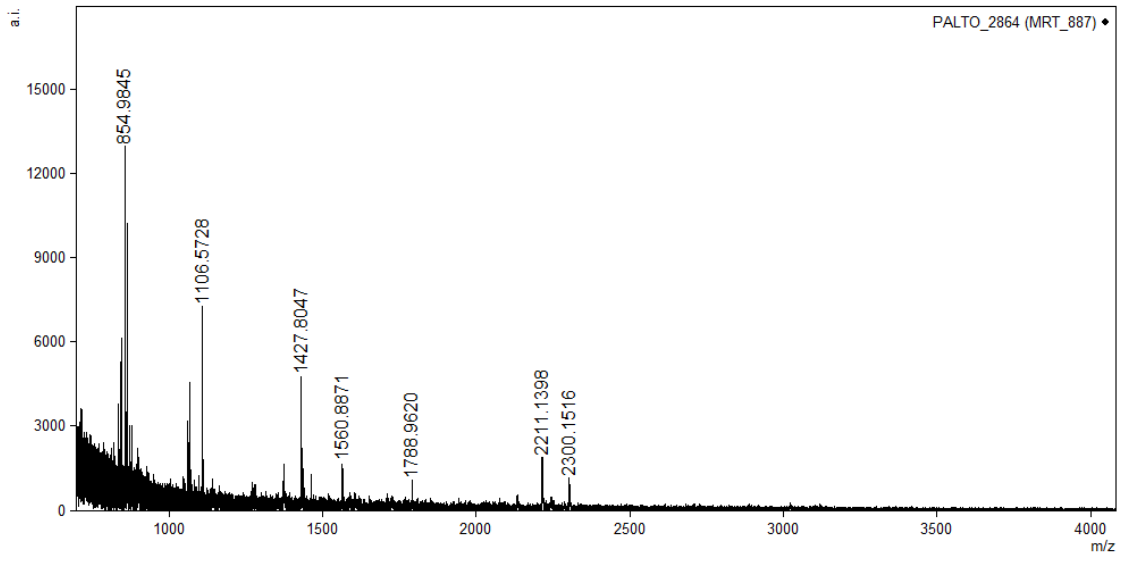


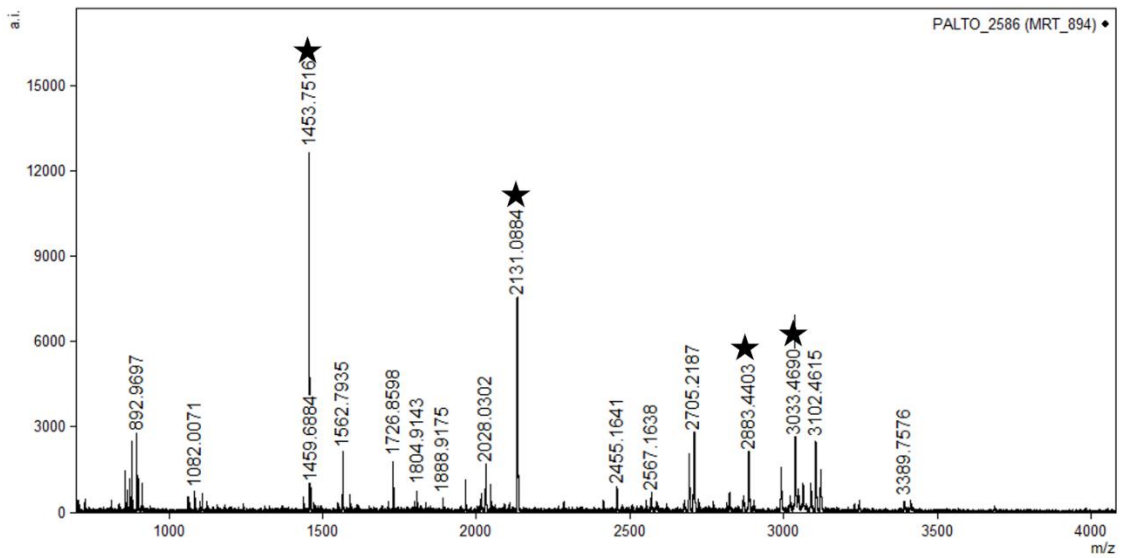
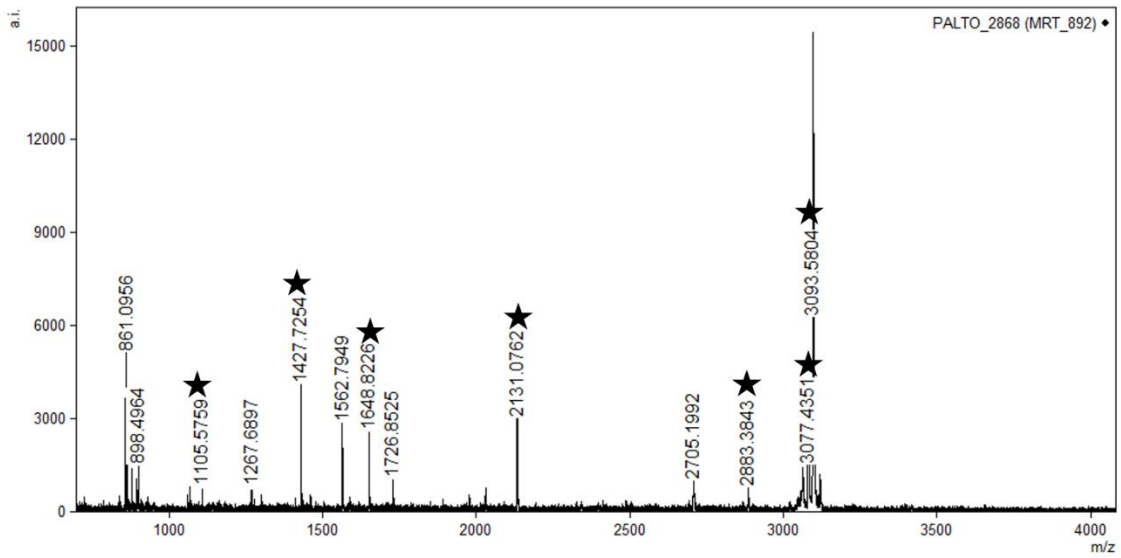
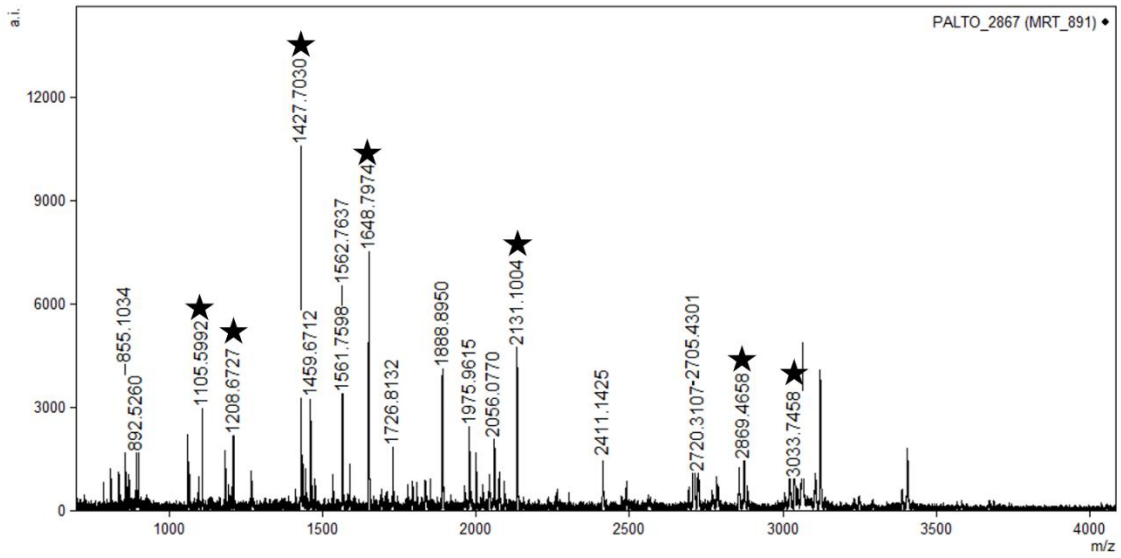


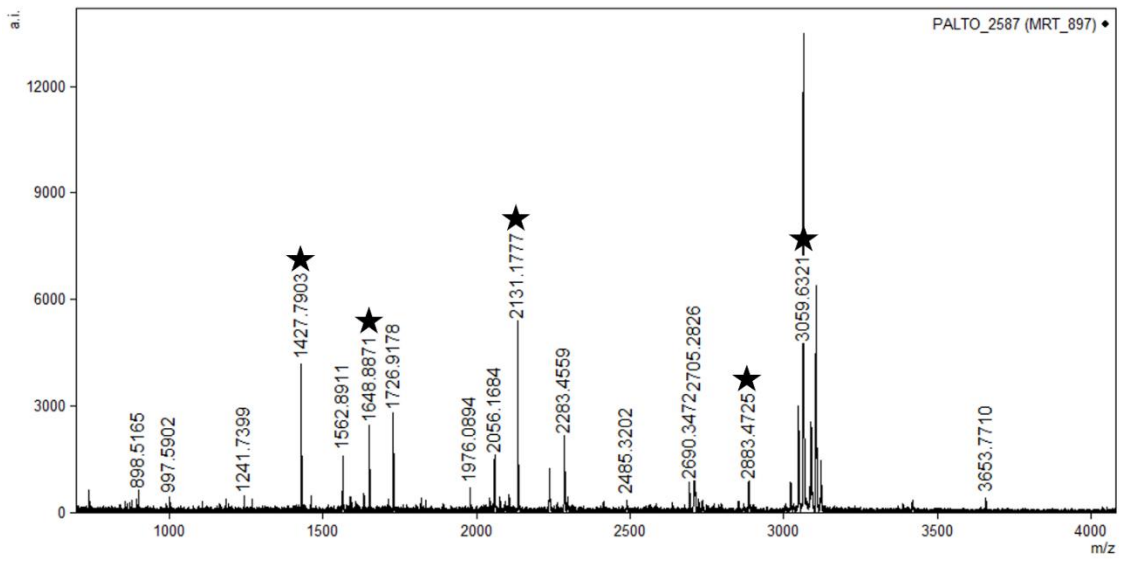
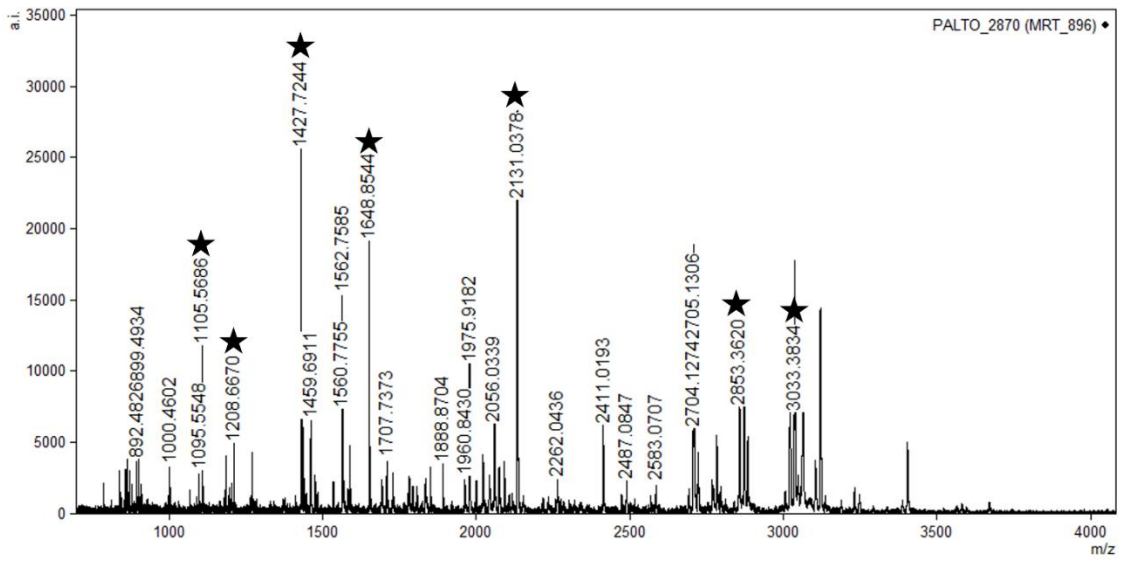
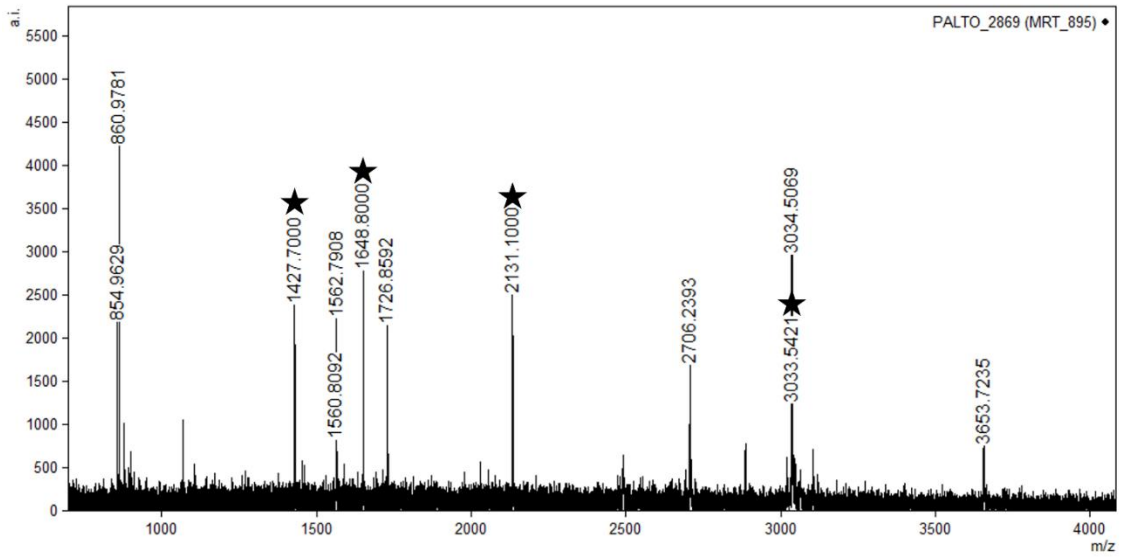


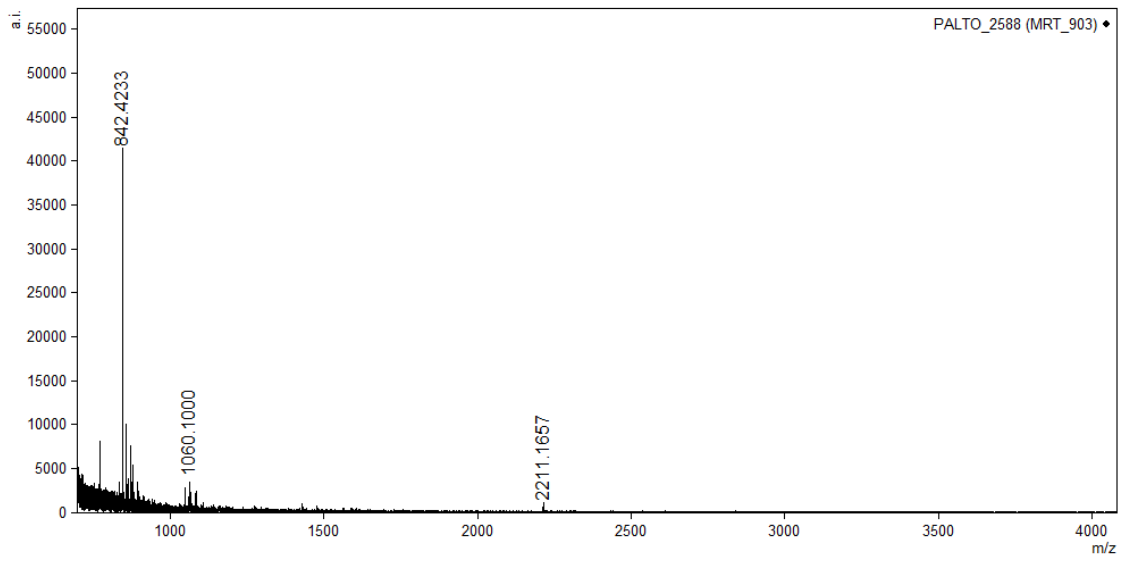
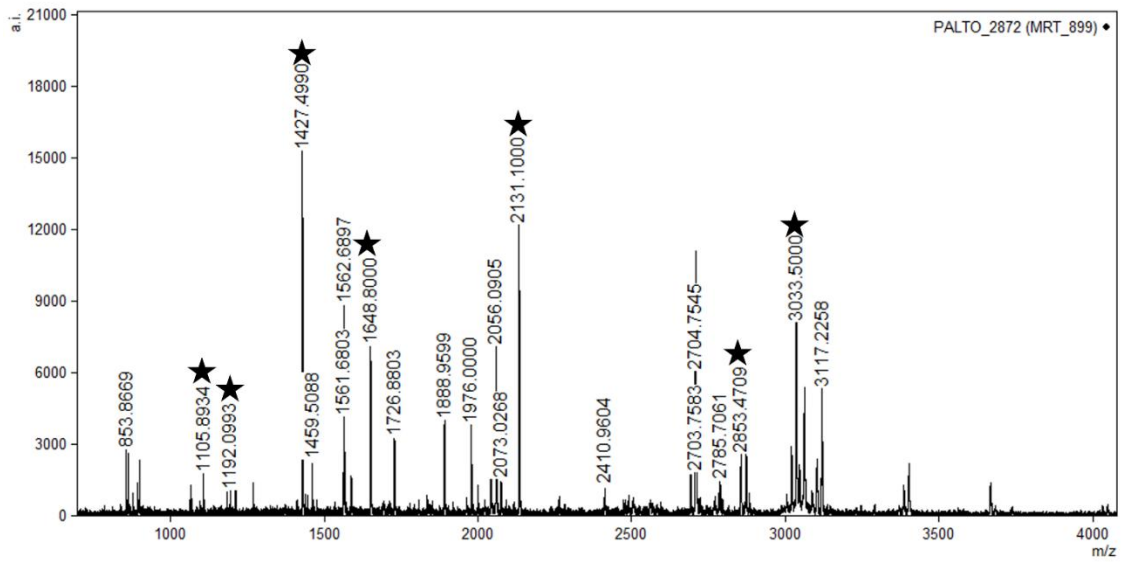
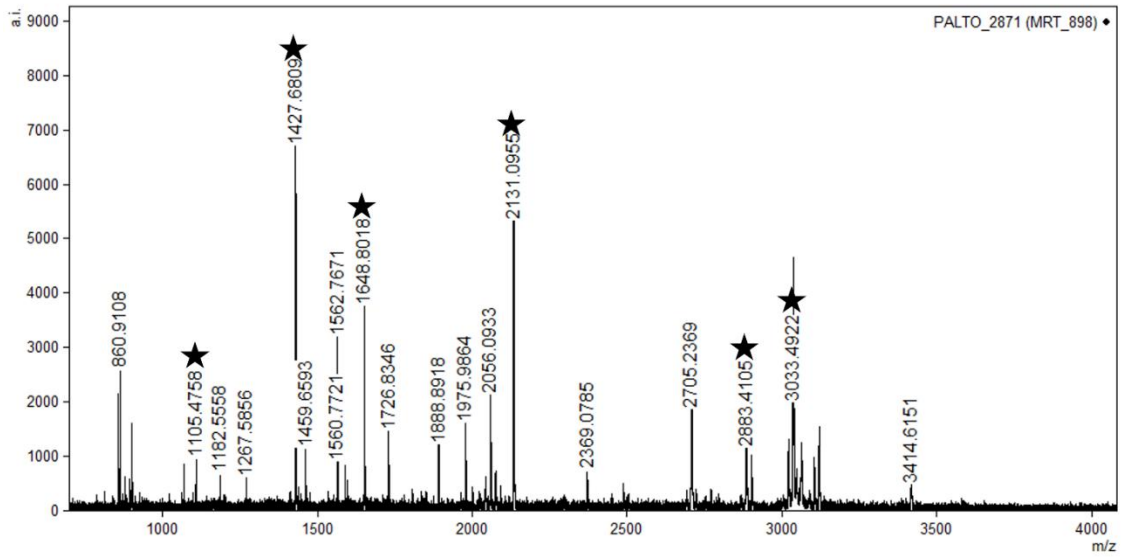


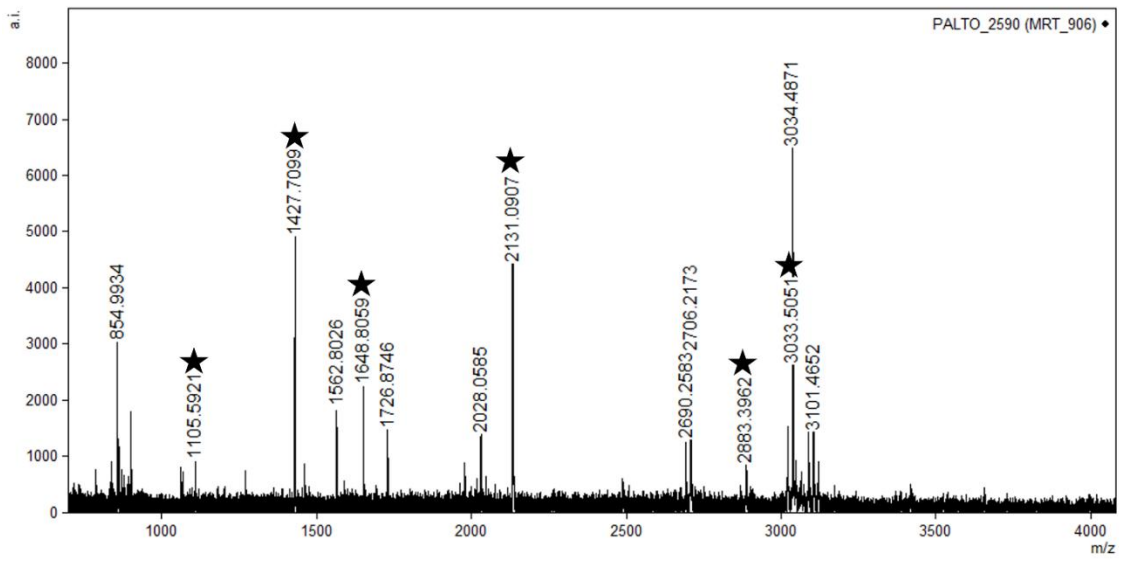
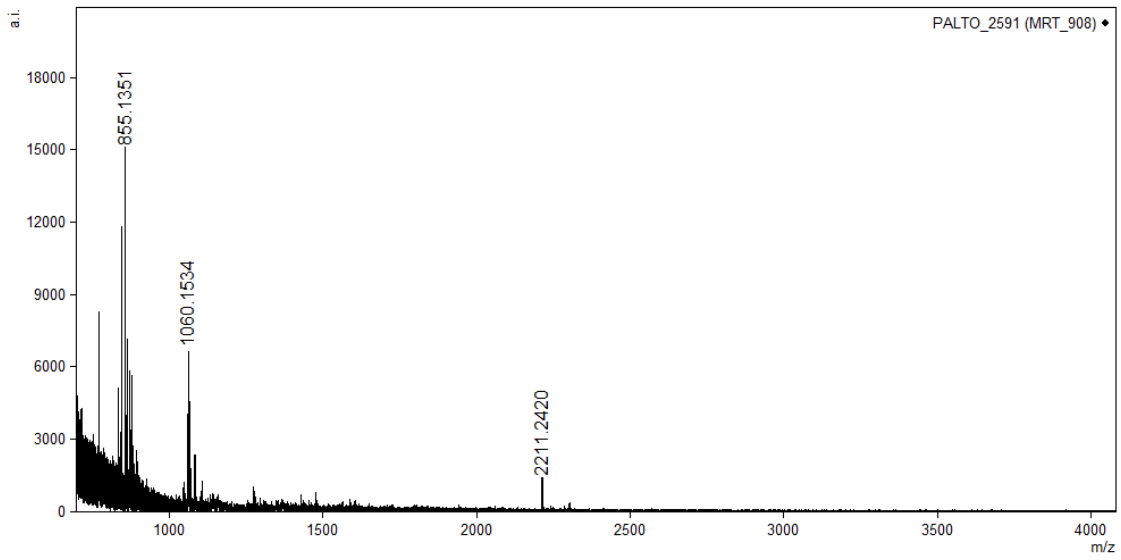
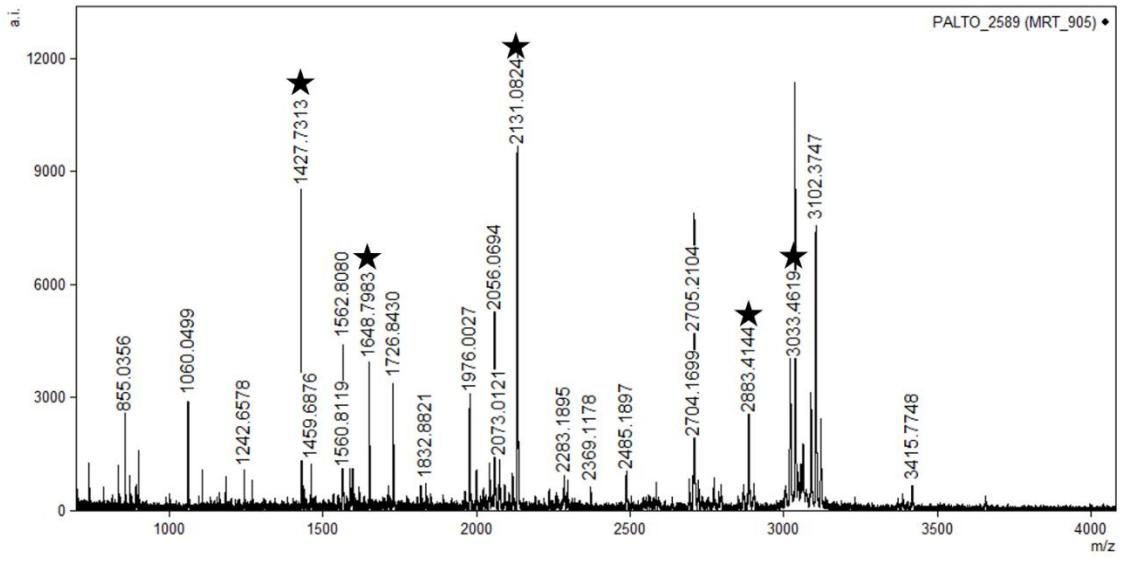


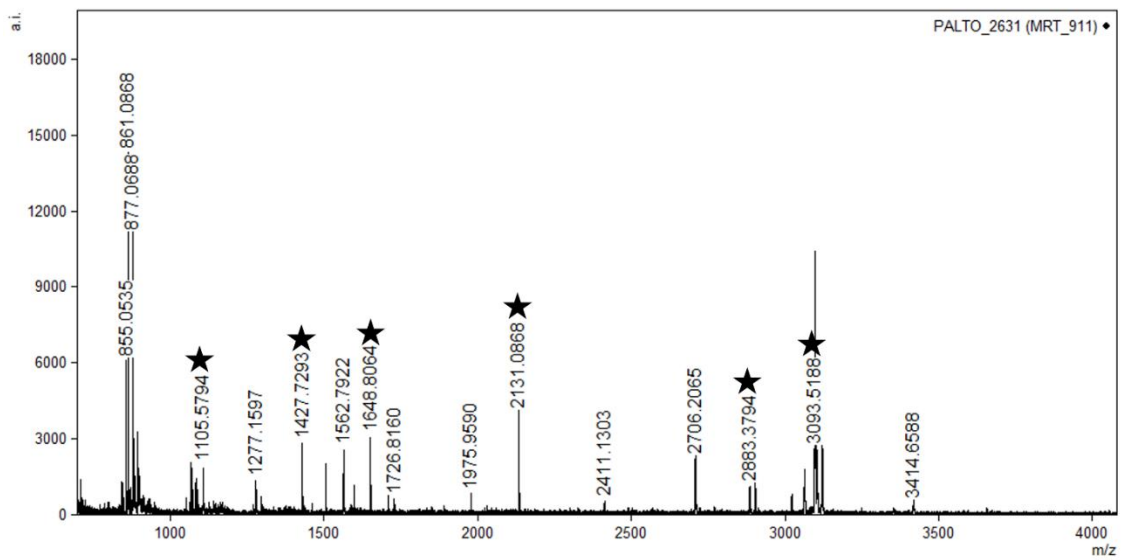
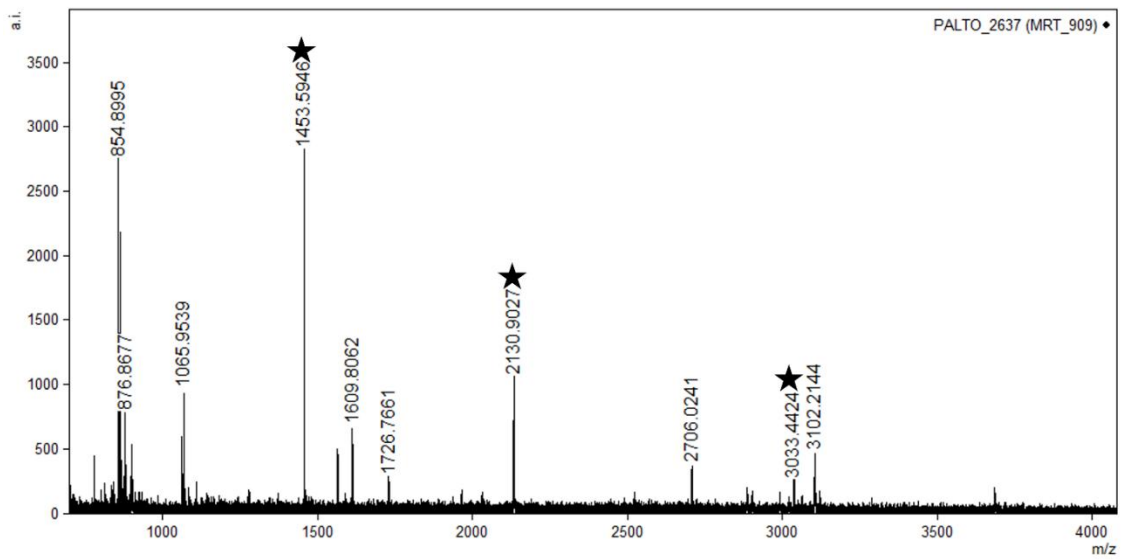
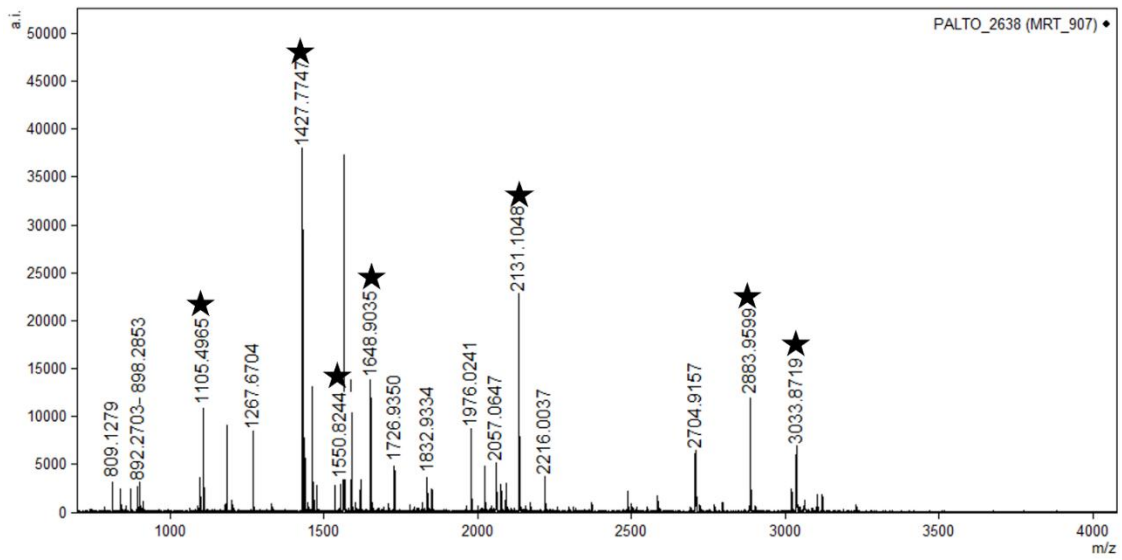


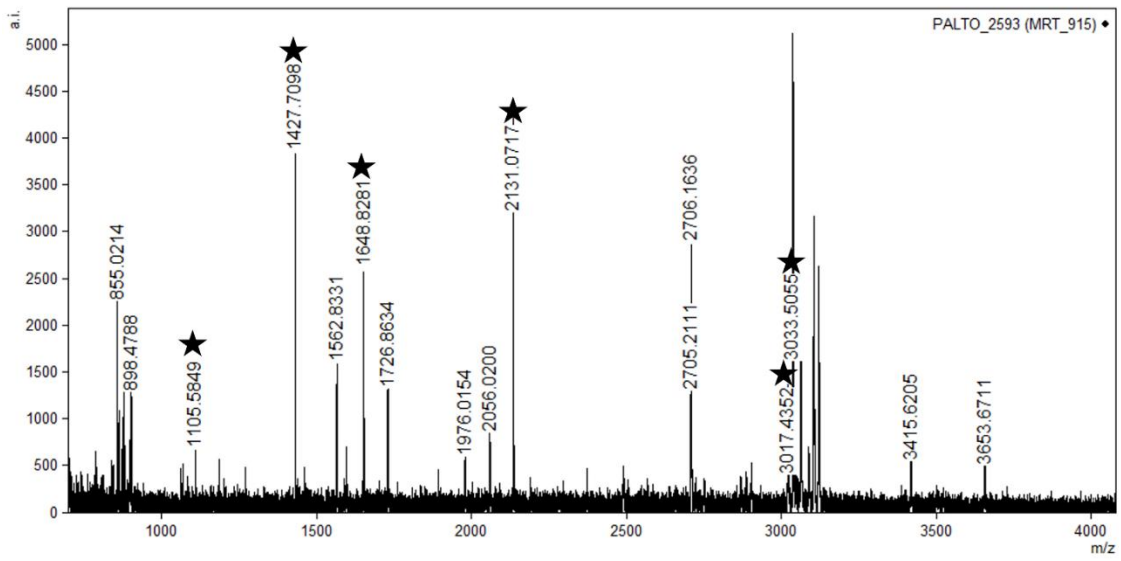
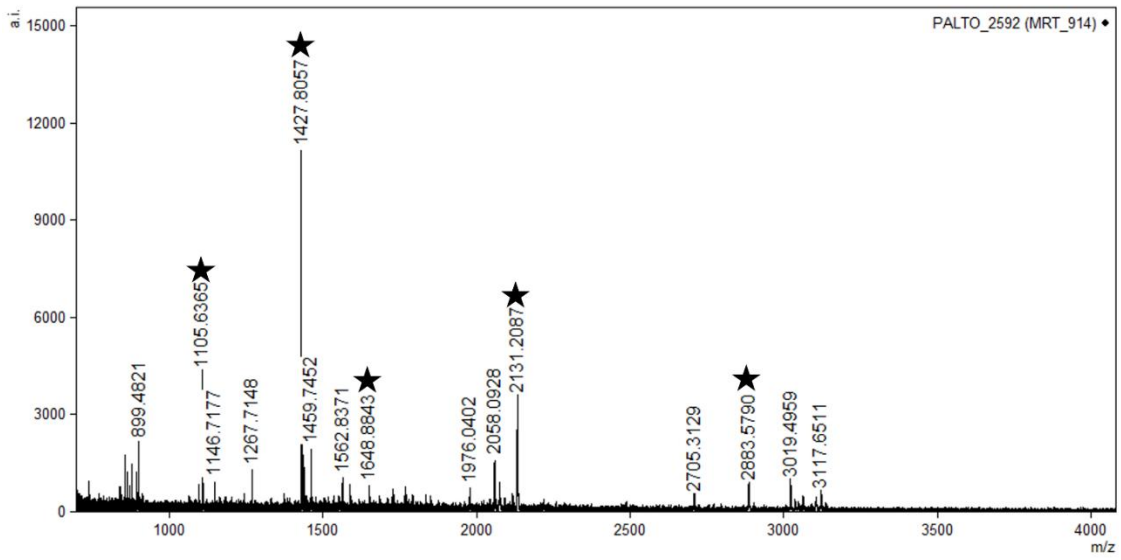
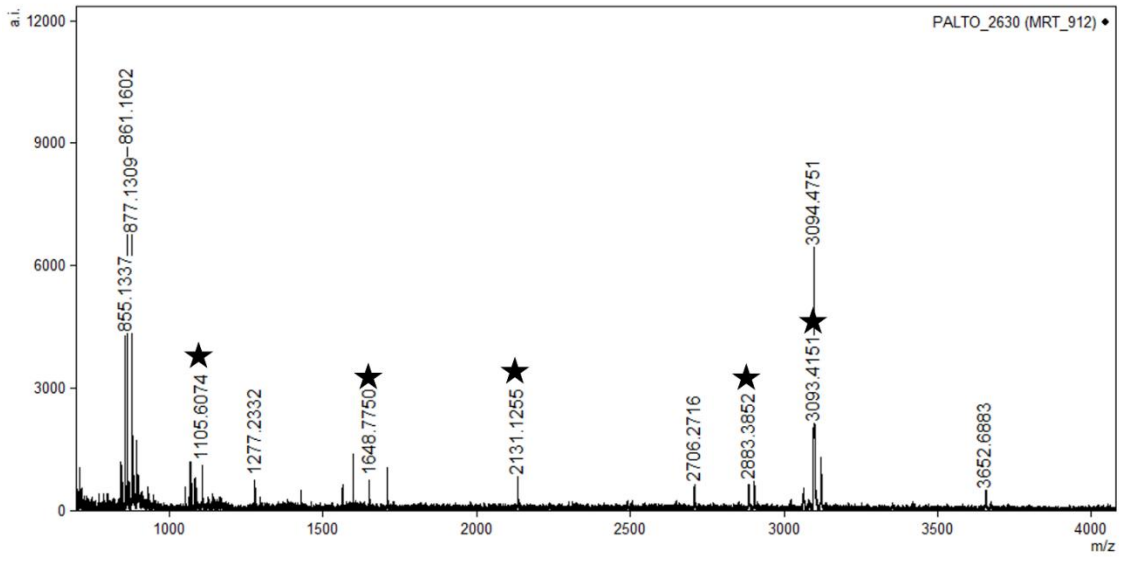


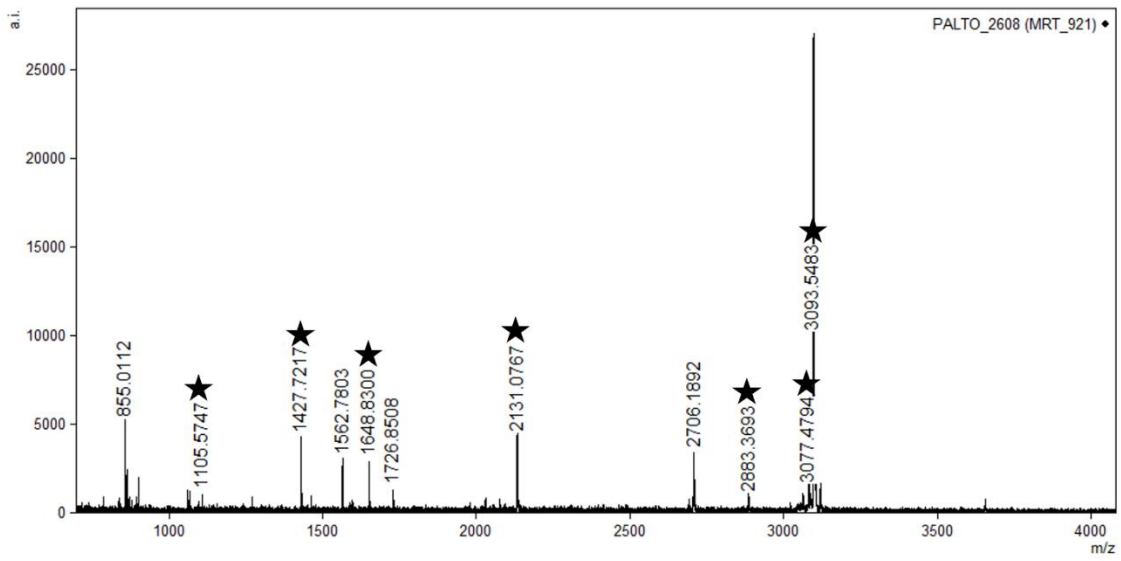
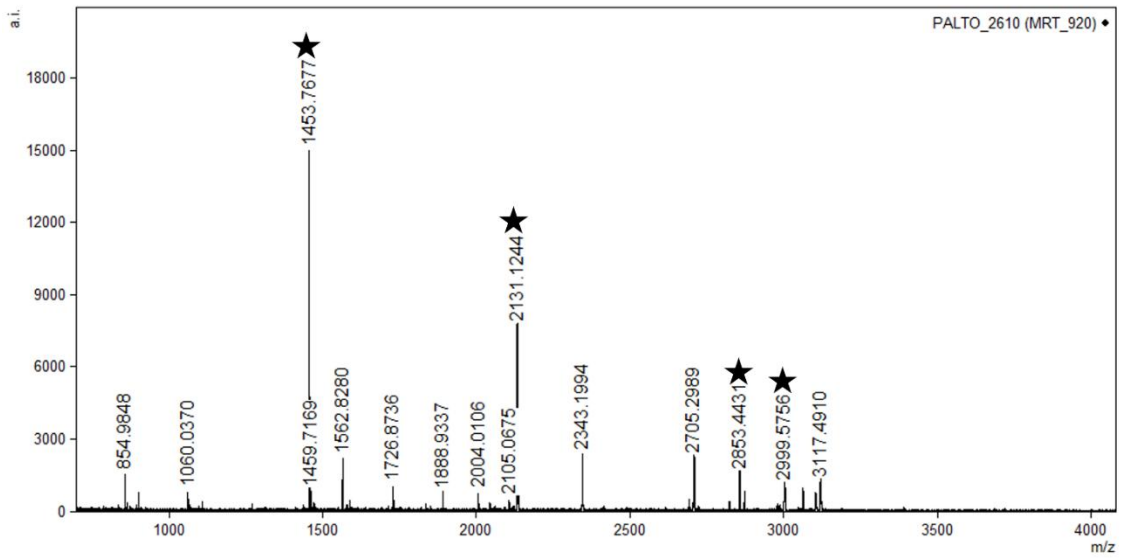
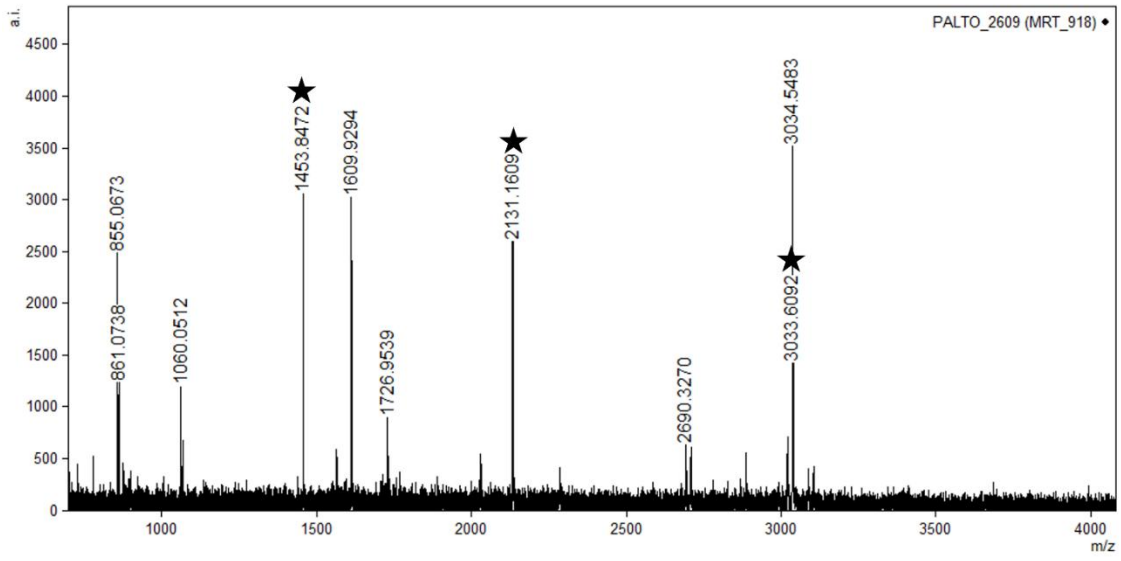


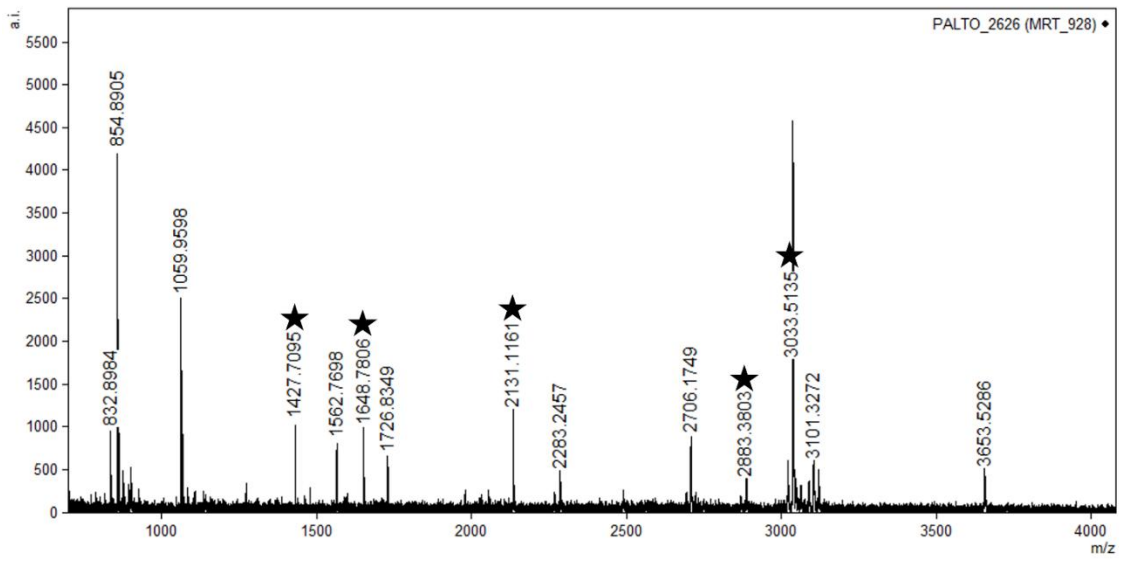
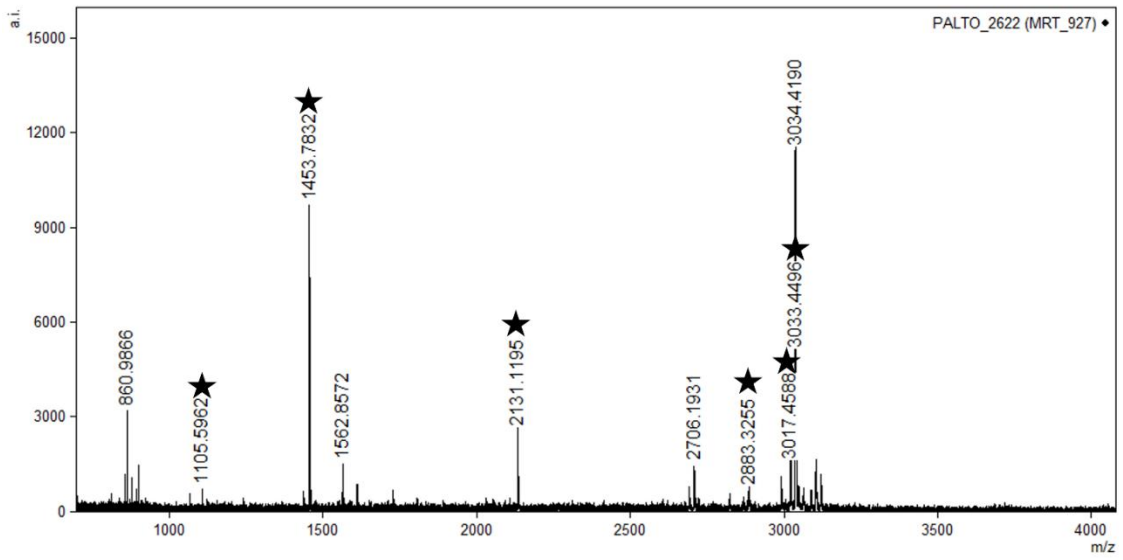
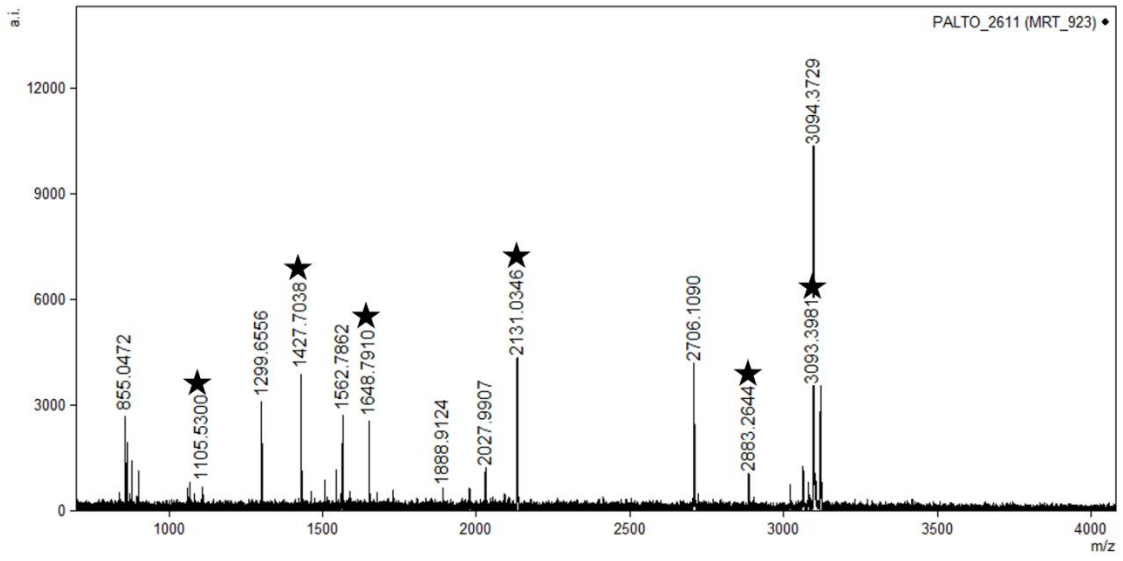


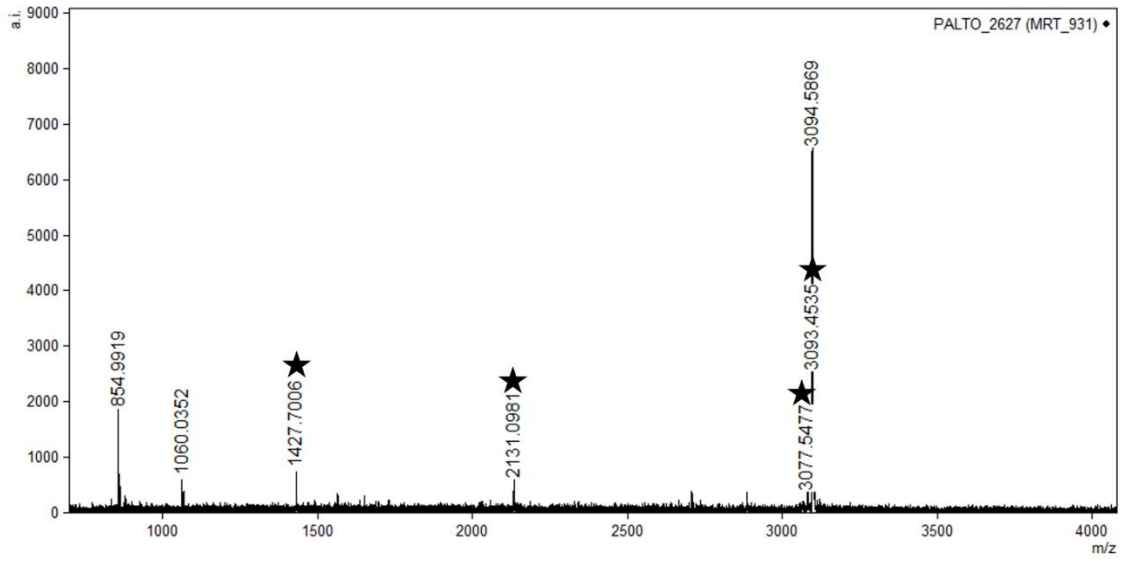
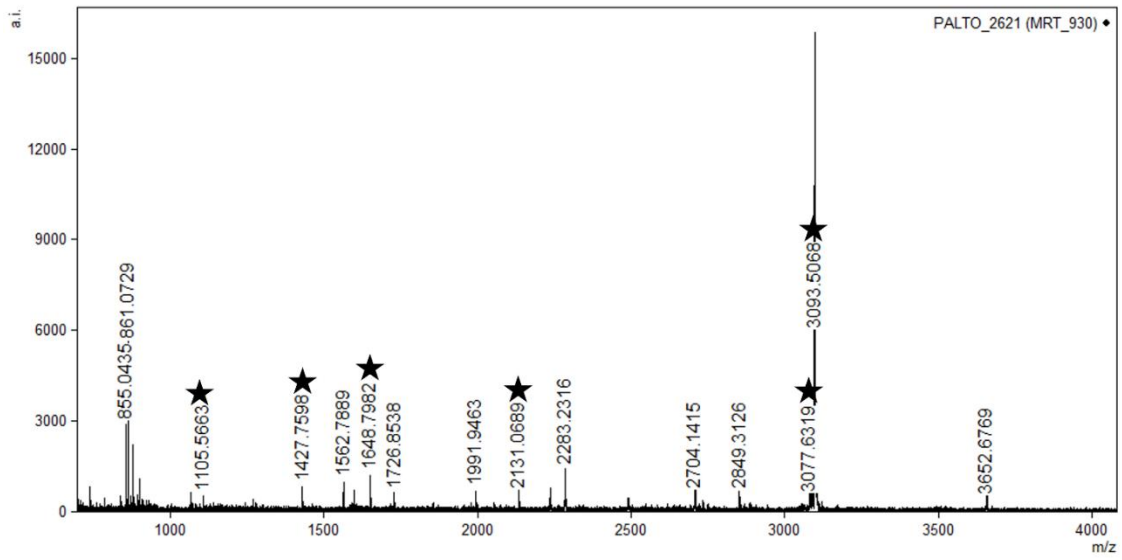
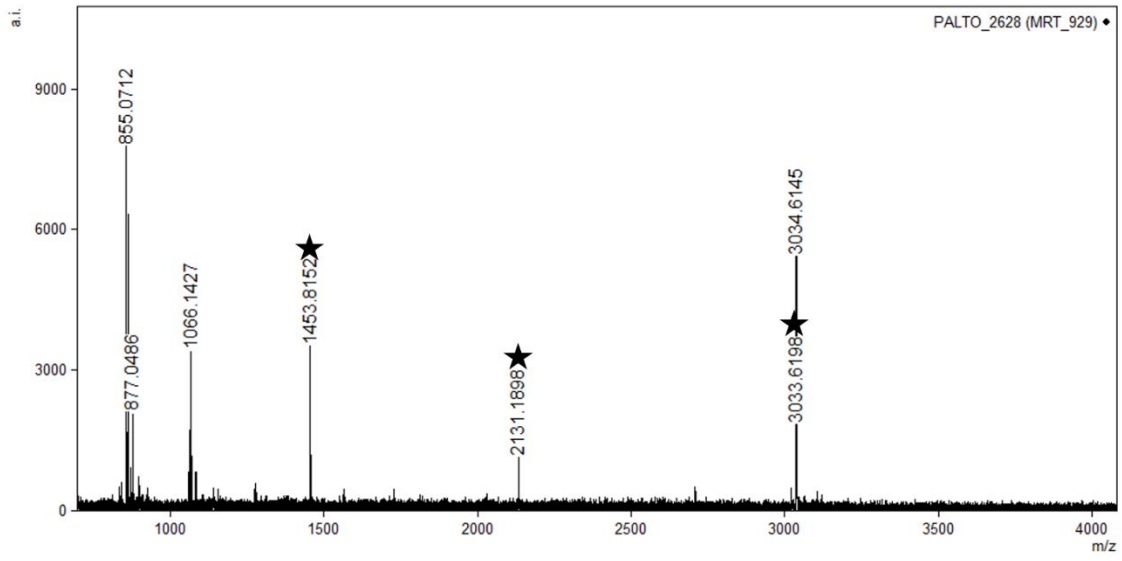


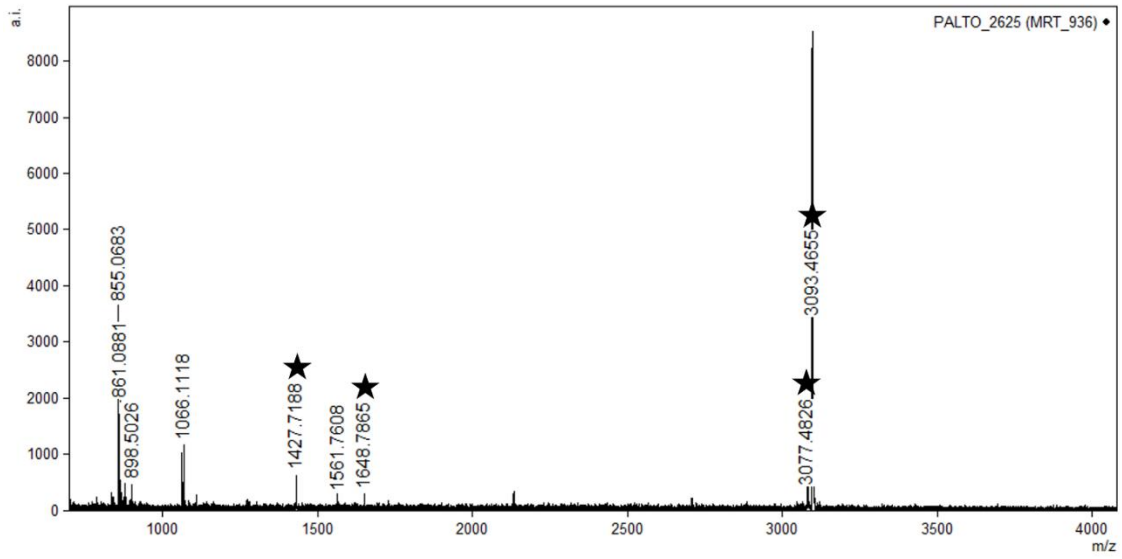
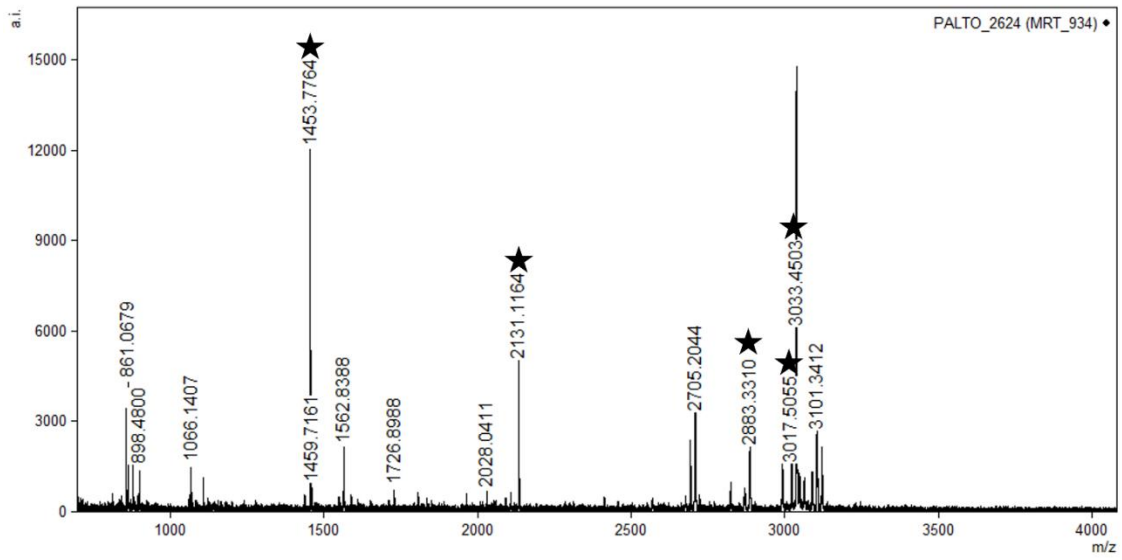
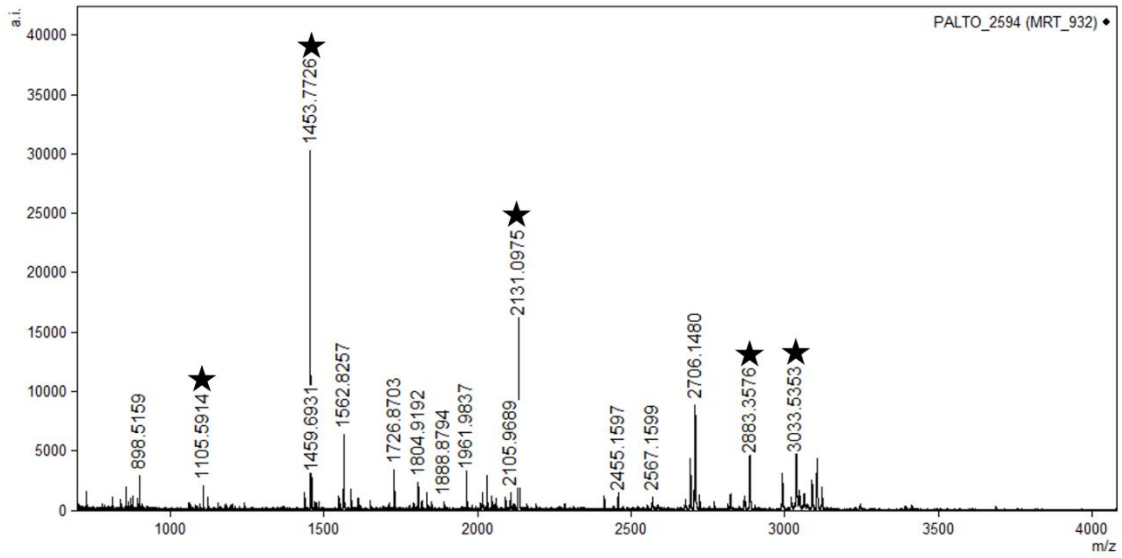


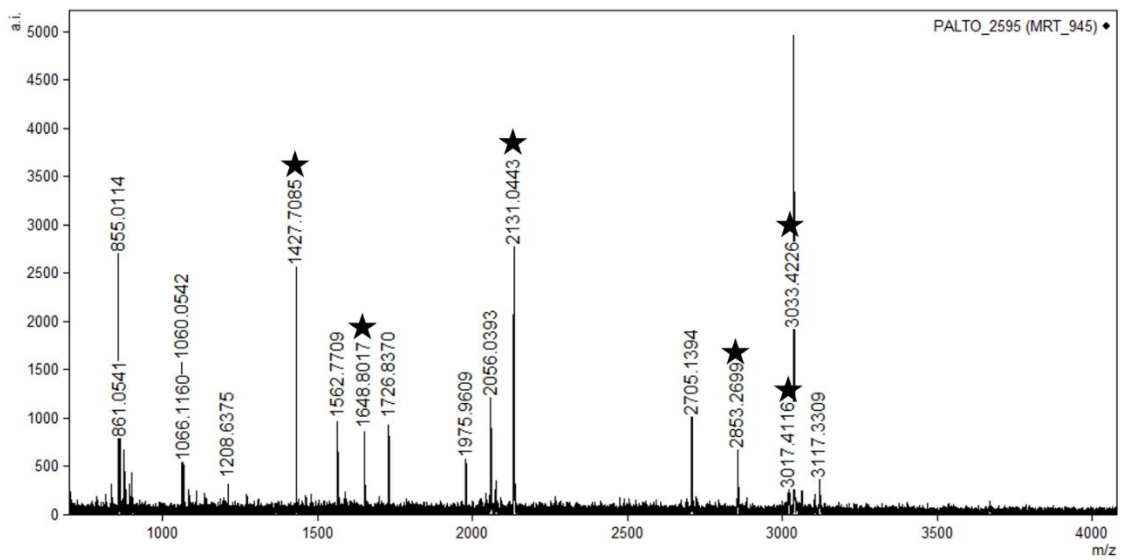
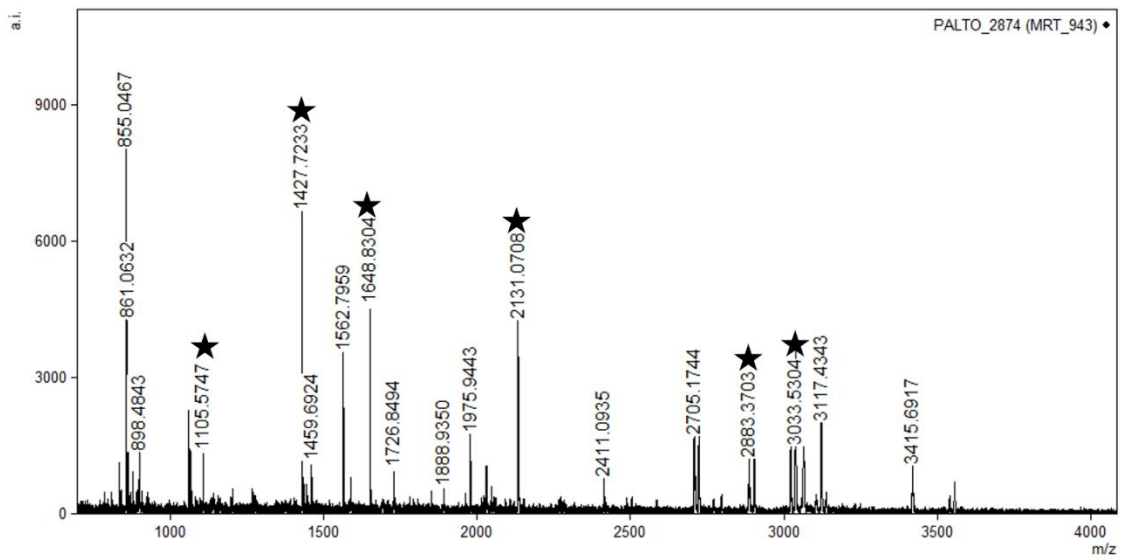
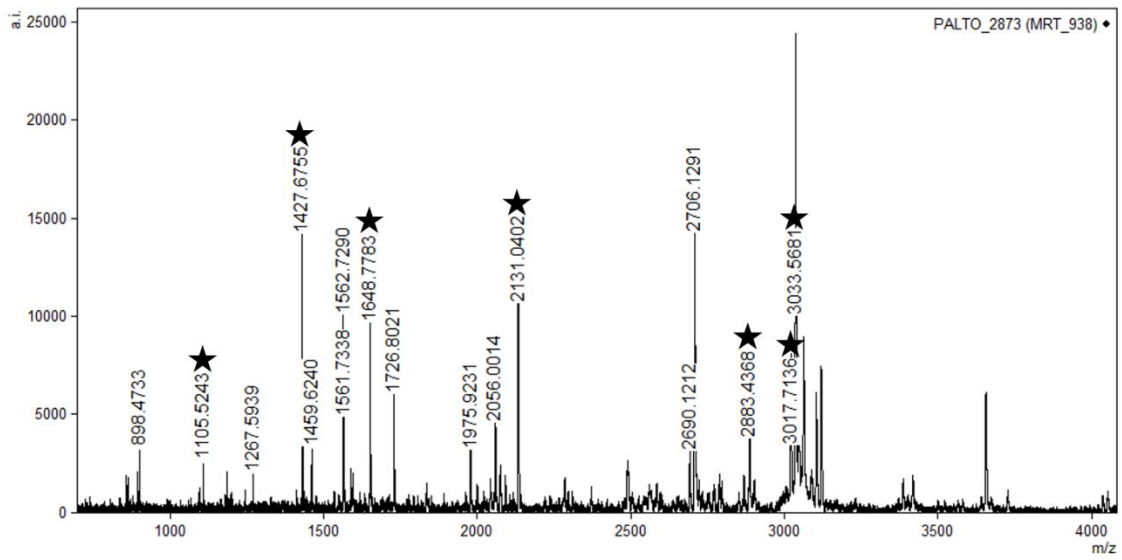


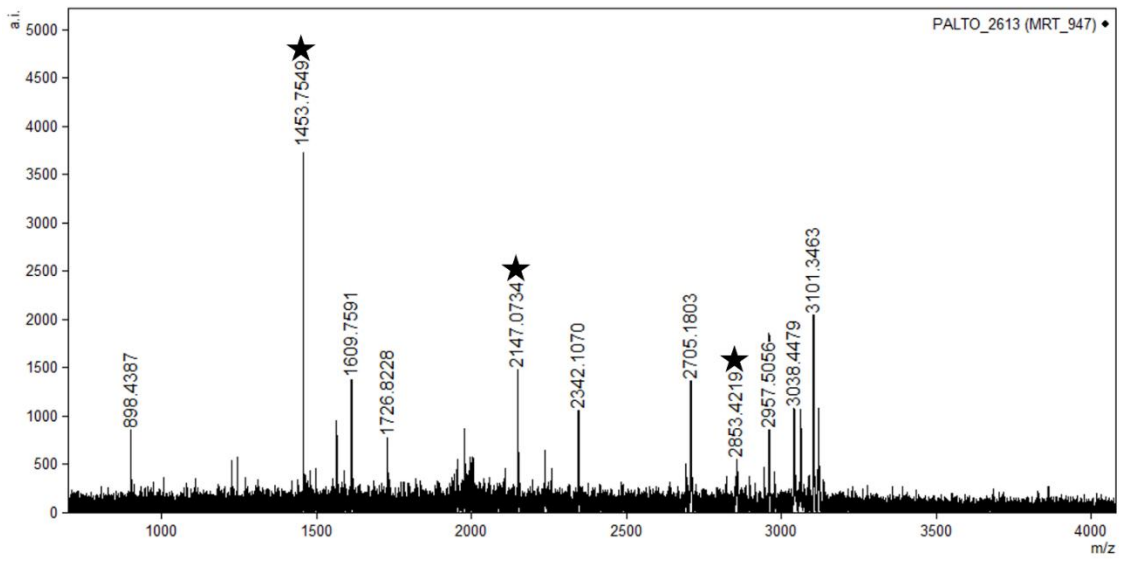
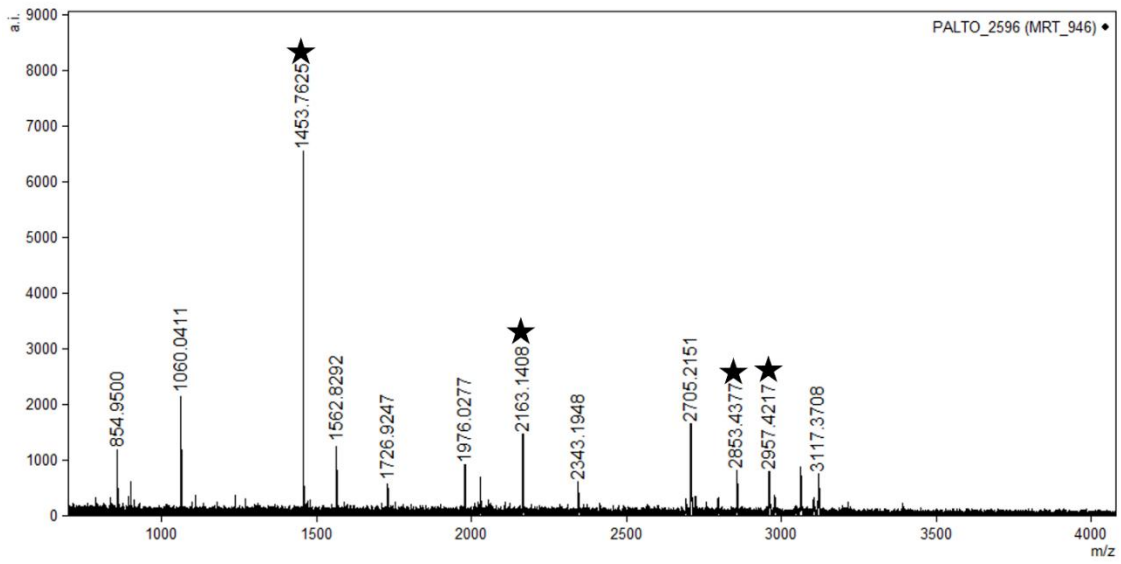
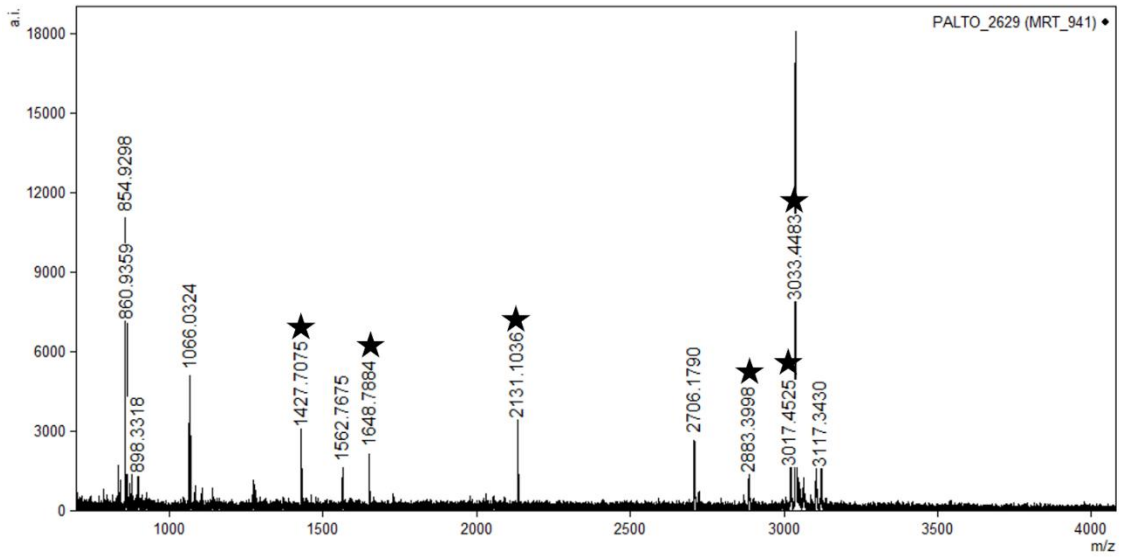


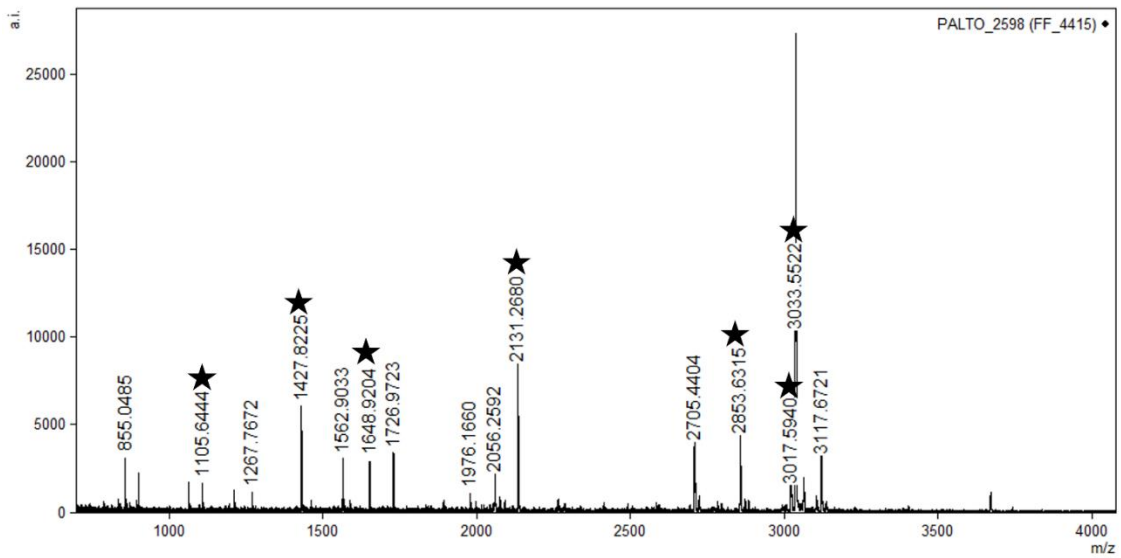
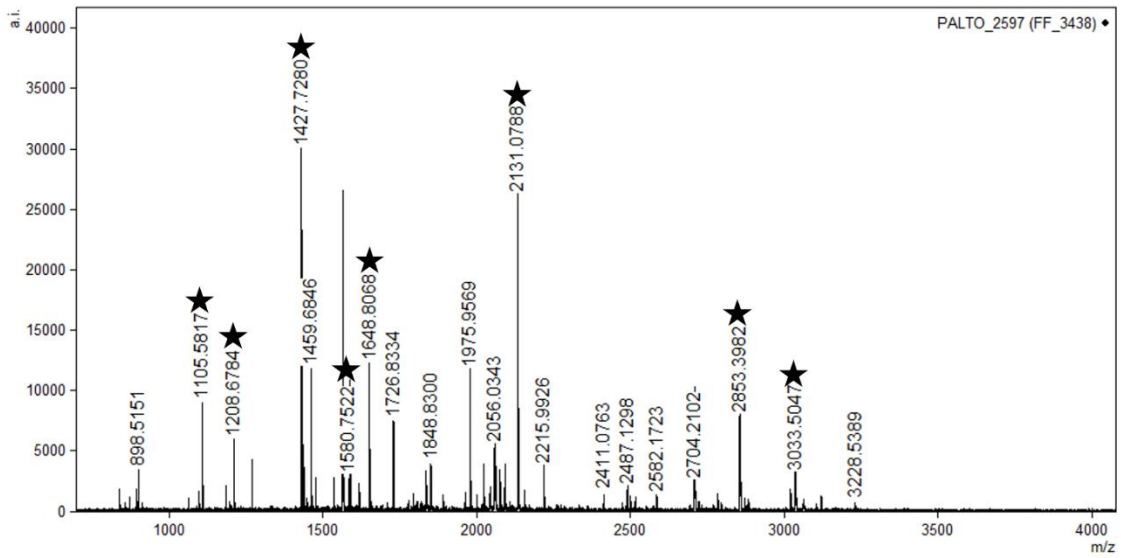
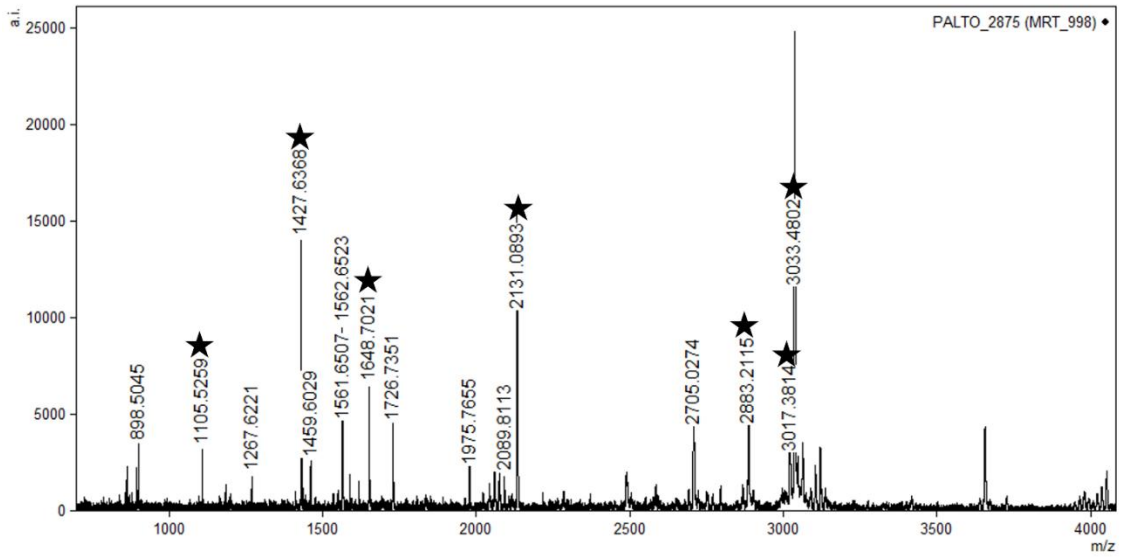












## B) Bibliografia

- Abelson, Philip H. 1954. «Amino Acids in Fossils». *Science (New York, N.Y.)* 119: 576.
- Agrostelli, Marisa, Alex Fontana, e Umberto Tecchiati. 2015. «Castelnuovo di Teolo (Padova), scavi 2011: i dati archeobotanici e faunistici». In *Preistoria e protostoria del Veneto. Studi di preistoria e protostoria - 2*, 647–51. Firenze: Istituto italiano di preistoria e protostoria.
- Aimar, Antonella. 1995. «Analisi faunistica dei resti provenienti dal sito neolitico del Saggio “Scuola G. Rodari - Palestra”». In *Navigatori e Contadini. Alba e la valle del Tanaro nella Preistoria*, a cura di M. Venturino Gambari, 257–58. Quaderni della Soprintendenza Archeologica del Piemonte, Monografie, 4.
- Alberts, Bruce, Alexander Johnson, Julian Lewis, Martin Raff, Keith Roberts, e Peter Walter. 2002. *Molecular Biology of the Cell*. Garland Science.
- Ammermann, Albert J. 1997. «L’ossidiana nei siti neolitici nell’Italia settentrionale». In *Atti della XXXIII Riunione Scientifica*, 415–22. Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, Museo Tridentino di Scienze Naturali.
- Andrews, Adam Jon, Emma Falkeid Eriksen, Bastiaan Star, Kim Præbel, Antonio Di Natale, Estrella Malca, Vedat Onar, et al. 2025. «Ancient DNA Suggests a Historical Demographic Decline and Genetic Erosion in the Atlantic Bluefin Tuna». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 122 (21): e2409302122.
- Andrews, Simon. s.d. *FastQC: A Quality Control Analysis Tool for High Throughput Sequencing Data*. Github. Consultato 11 marzo 2025.
- Antonosyan, Mariya, Eden Hill, Margaret Jodry, Noel Amano, Samantha Brown, Torben Rick, e Nicole Boivin. 2024. «A new legacy: potential of zooarchaeology by mass spectrometry in the analysis of North American megafaunal remains». *Frontiers in Mammal Science* 3 (maggio).
- Argant, Jaqueline, e Alaine Argant. 2000. «Mise en évidence de l’occupation ancienne d’un site d’altitude: analyse pollinique du lac du Lauzon (Drôme)». *Les Paléolpins, hommage à Pierre Bintz - Géologie Alpine* 31 (gennaio): 61–71.
- Argant, Thierry. 2020. «Entre formes et affects. Étude diachronique de la place des chiens dans la région Rhône-Alpes». In *Relations hommes – canidés de la préhistoire aux périodes modernes*, a cura di M. Boudadi-Maligne e J-B Mallye, 37–68. Pessac: Ausonius éditions, collection DAN@ 3.
- Arnal, Jean. 1953. «La structure du Néolithique français d’après les récentes stratigraphies». *Zephyrus* 4: 311–44.
- . 1956. «La grotte de la Madeleine». *Zephyrus* 7: 33–79.
- Badino, Federica, Cesare Ravazzi, Francesca Vallè, Roberta Pini, Amelia Aceti, Michele Brunetti, Elena Champvillair, et al. 2018. «8800 Years of High-Altitude Vegetation and Climate History at the Rutor Glacier Forefield, Italian Alps. Evidence of Middle Holocene Timberline Rise and Glacier Contraction». *Quaternary Science Reviews* 185 (aprile): 41–68.
- Bagolini, Bernardo, Lawrence H. Barfield, e Alberto Broglio. 1973. «Notizie preliminari delle ricerche sull’insediamento neolitico di Fimon-Molino Casarotto (Vicenza) (1969-1972)». *Rivista di scienze preistoriche*, fasc. 28: 161–215.
- Bagolini, Bernardo, Franco Barbacovi, e Paolo Biagi. 1979. «Le Basse di Valcalaona (Colli Euganei). Alcune considerazioni su una facies con Vasi a Bocca Quadrata e sulla sua collocazione cronologico-culturale». *Monogr. “Natura Bresciana”* 3: 3–72.

- Bagolini, Bernardo. 1980. *Introduzione al Neolitico dell'Italia Settentrionale nel quadro dell'evoluzione delle prime culture agricole europee*. Pordenone: Soc. Naturalisti "Silvia Zenari".
- Bagolini, Bernardo, e Umberto Tecchiati. 1993. «Osservazioni sul popolamento delle Valli ladine tra neolitico ed età del bronzo nel quadro della preistoria del bacino atesino». In *Archeologia nelle Dolomiti : ricerche e ritrovamenti nelle valli del Sella dall'età della pietra alla romanità*, 47–55. Istituto culturale ladino.
- Bagolini, Bernardo, e Annaluisa Pedrotti. 1998. «L'Italie septentrionale». In *Atlas du néolithique Européen: l'Europe occidentale*, a cura di J. Guilaine, 46:233–341. Université de Liège. Service de préhistoire.
- Barberis, L., e Frida Occelli. 2013. «Rilocalizzazione dell'Autoporto di Susa - Relazione Archeologica». Società Italiana Traforo Autostradale del Frejus.
- Barfield, Lawrence Harry. 1973. «The Square Mouthed Pottery Culture in the Veneto and its adriatic connections». In *Actés du VIII Congrès UISPP (Beograd)*, 393–98.
- . 1975. «Vhò-Campo Donegallo: nuove considerazioni sui materiali degli scavi del 1893». *Preistoria alpina* 11: 127–32.
- Barker, Graeme. 1977. «The Animal Bones, Site Catchment and Discussion of the Prehistoric Economy». In *Excavations at Monte Covolo (BS) (1972-1973), parte seconda*, a cura di L. H. Barfield, G. W. Barker, J. T. Chesterman, J. P. Pals, e A. Voorrips, 41–73. *Annali Museo Gavardo*, 13.
- . 1983. «Neolithic subsistence in the central Po plain». In *La stazione di Casatico di Marcaria (MN) nel quadro paleoambientale ed archeologico dell'Olocene antico della Balle Padana centrale*, a cura di P. Biagi, G. W. Barker, e M. Cremaschi, 45–68. *Studi Archeologici*, 2.
- Barker, Graeme, Paolo Biagi, Lanfredo Castelletti, Mauro Cremaschi, e Renato Nisbet. 1987. «Sussistenza, economia ed ambiente nel Neolitico dell'Italia Settentrionale». In *Atti della XXVI riunione scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria*, 103–18.
- Barocelli, Piero. 1920. «Manufatti paleontologici della torbiera di Trana». *Atti Soc. Piem. Archeol. e Belle Arti* 9: 104–24.
- . 1926. «Repertorio dei ritrovamenti e scavi di antichità preromane avvenuti in Piemonte e Liguria». *Atti Soc. Piem. Archeol. e Belle Arti* 10 (3): 357–421.
- . 1961. «La stazione preistorica di Viù». *Sibirium* 6: 41-60.
- Bazzanella, Marta. 2000. «The fauna of La Vela di Trento: preliminary analysis». *Preistoria alpina* 33: 37–40.
- Beeching, Alain. 1995. «Chronologies néolithiques : de 6000 à 2000 avant notre ère dans le Bassin rhodanien. Actes de la XI<sup>e</sup> Rencontre sur le Néolithique de la région Rhône-Alpes (Ambérieu-en-Bugey, 1992)». In *Nouveau regard sur le Néolithique ancien et moyen du Bassin rhodanien*, a cura di J.L. Voruz, 93-111. Société Préhistorique Rhodanienne, Documents du Département d'Anthropologie et d'Écologie de l'Université de Genève, 20.
- . 1999. «Quelles maisons pour les néolithiques méridionaux? Les cas rhodaniens examinés dans le contexte général». In *Préhistoire de l'espace habité en France du Sud- Actes des Premières Rencontres Méridionales de Préhistoire Récente*, a cura di A. Beeching e J. Vital, 29–61.
- Benamour, Pierrette. 1993. «Depuis 3000 ans avant notre ère... Les Balmes à Sollières-Sardières, site d'altitude et passage obligé». *Mémoires et documents publiés par la Société savoisienne* 95: 37–46.

- Benecke, Norbert. 2005. «The Holocene distribution of European bison – the archaeozoological record». *MUNIBE (Antropologia-Arkeologia)* 57 57: 421–28.
- Bennett, E. Andrew, Isabelle Crevecoeur, Bence Viola, Anatoly P. Derevianko, Michael V. Shunkov, Thierry Grange, Bruno Maureille, e Eva-Maria Geigl. 2019. «Morphology of the Denisovan Phalanx Closer to Modern Humans than to Neanderthals». *Science Advances* 5 (9): eaaw3950.
- Bennett, E. Andrew, Jill Weber, Wejden Bendhafer, Sophie Champlot, Joris Peters, Glenn M. Schwartz, Thierry Grange, e Eva-Maria Geigl. 2022. «The Genetic Identity of the Earliest Human-Made Hybrid Animals, the Kungas of Syro-Mesopotamia». *Science Advances* 8 (2): eabm0218.
- Bernabò Brea, Luigi. 1946. *Gli scavi nella caverna delle arene candide. Parte I. Gli strati con ceramiche*. Bordighera: Istituto di Studi Liguri.
- Bernabò Brea, Maria, Maurizio Cattani, e Patrizia Farello. 1994. «Una struttura insediativa del Neolitico superiore a S. Andrea di Travo (PC)». *Quaderni del Museo Archeologico Etnologico di Modena I* 1: 55–87.
- Bernabò Brea, Maria, Maria Maffi, Paola Mazzieri, e Loretana Salvadei. 2010. «Testimonianze funerarie della gente dei Vasi a Bocca Quadrata in Emilia occidentale. Archeologia e antropologia». *Rivista di Scienze Preistoriche* LX: 63–126.
- Bertola, Stefano, Federica Fontana, e Dieter Schaefer. 2016. «Attraversare Le Alpi 11.000 Anni Fa: Il Mesolitico Antico Di Alta Quota Nel Settore Orientale Delle Alpi e Il Sito Di Ullafelsen (Austria)». In *Italia Tra Mediterraneo Ed Europa: Mobilità, Interazioni e Scambi*, 10–11.
- Bertone, Aureliano. 1988a. «Didattica della ricerca archeologica: il caso di Chiomonte-La Maddalena». *Segusium - Società di Ricerche e Studi Valsusini* XXV n. 25: 125–32.
- . 1988b. «Il complesso archeologico di Chiomonte-La Maddalena e la geografia del popolamento preistorico lungo il solco della Dora Riparia». *Segusium - Ricerche e Studi Valsusini* 25 (anno XXV): 17–36.
- . 1989. «L'“Officina” del civico museo archeologico di Chiomonte». *Segusium - Ricerche e Studi Valsusini* 27 (anno XXVI): 95–114.
- . 1990. «Il gruppo Dora-Chisone-Arc: facies calcolitica tradizionale sui massicci interni delle Alpi Occidentali». *Ad Quintum* 8 (8): 327–32.
- . 1994. «I musei agli occhi degli studenti». *Nuova Secondaria* 4, XII: 75–76.
- . 2002. «L'industria litica scheggiata». In *6000 anni di storia sulle Alpi Occidentali: La Maddalena Di Chiomonte*, a cura di A. Bertone e L. Fozzati, 83–87. Edizioni Nautilus.
- Bertone, Aureliano, Sabrina Burdese, Gino Bruno, Giorgio Gaj, e Aldo Perotto. 2002. «La terracotta». In *6000 anni di storia sulle Alpi Occidentali: La Maddalena Di Chiomonte*, a cura di A. Bertone e L. Fozzati, 54–82. Edizioni Nautilus.
- Bertone, Aureliano, e Sandro Caranzano. 1993. «Chianocco, loc. Orrido. Sito neolitico». *Quaderni della Soprintendenza Archeologica del Piemonte* 11: 273.
- Bertone, Aureliano, Sandro Caranzano, Fedele Fedele, Luigi Fozzati, e Pietro Rossi. 2002. «Dopo il Neolitico». In *6000 anni di storia sulle Alpi Occidentali: La Maddalena Di Chiomonte*, a cura di A. Bertone e L. Fozzati, 159–79. Edizioni Nautilus.
- Bertone, Aureliano, Franco Carraro, Francesco Fedele, e Luigi Fozzati. 1987. *5000 anni fa Chiomonte*. Torino: Arkaia.
- Bertone, Aureliano, Franco Carraro, Francesco Fedele, Luigi Fozzati, e Aldo Perotto. 1986. «Archeologia Preistorica dell'Alta Valle di Susa: Chiomonte-La Maddalena». In *Segusium - Società di Ricerche e Studi Valsusini*, 22 (anno XXII):3–36. *Segusium - Società di Ricerche e Studi Valsusini*.

- Bertone, Aureliano, e Francesco Fedele. 1991. «Découvertes récentes dans la vallée de Susa et le problème des relations avec le Chasséen». In *Mémoire du musée de Préhistoire d'Ile-de-France*, 4, a cura di A. Beeching, 69–79.
- Bertone, Aureliano, Francesco Fedele, e Giorgio Gaj. 2002. «Il Neolitico». In *6000 anni di storia sulle Alpi Occidentali: La Maddalena Di Chiomonte*, a cura di A. Bertone e L. Fozzati, 106–10. Edizioni Nautilus.
- Bertone, Aureliano, e Luigi Fozzati. 1998. «La preistoria del bacino della Dora Riparia oggi». In *Segusium - Ricerche e Studi Valsusini*, 36 (anno XXXV): 11–82. Susa.
- . 2002a. *6000 anni di storia sulle Alpi occidentali : la Maddalena di Chiomonte*. Edizioni Nautilus.
- . 2002b. «Lo scavo». In *6000 anni di storia sulle Alpi Occidentali: La Maddalena di Chiomonte*, a cura di A. Bertone e L. Fozzati, 16–18. Edizioni Nautilus.
- Bertone, Aureliano, Giorgio Gaj, e S. Vecelli. 1995. «Cascina Parisio (Susa-Torino). Il problema degli insediamenti d'altura nel bacino della Dora Riparia». *Quaderni della Soprintendenza Archeologica del Piemonte* 13: 9–28.
- Bertone, Aureliano, e Alberto Santacroce. 1996. «Vaie, area del Riparo Rumiano. ritrovamento di materiali neolitici». *Quaderni della Soprintendenza Archeologica del Piemonte* 14: 253.
- Bertone, R., e P. Colombatto. 1984. «Esame della fauna del sito di San Valeriano di Borgone». *Quaderni della Soprintendenza Archeologica del Piemonte* 3: 21–22.
- Betti, Lia, Robert M. Beyer, Eppie R. Jones, Anders Eriksson, Francesca Tassi, Veronika Siska, Michela Leonardi, et al. 2020. «Climate Shaped How Neolithic Farmers and European Hunter-Gatherers Interacted after a Major Slowdown from 6,100 BCE to 4,500 BCE». *Nature Human Behaviour* 4 (10): 1004–10.
- Bi, Ke, Tyler Linderoth, Dan Vanderpool, Jeffrey M. Good, Rasmus Nielsen, e Craig Moritz. 2013. «Unlocking the Vault: Next-Generation Museum Population Genomics». *Molecular Ecology* 22 (24): 6018–32.
- Binford, Lewis R. 1978. *Nunamiut Ethnoarchaeology*. Academic Press Inc.
- Binni, Lanfranco, e Giovanni Pinna. 1989. *Museo*. Milan, Italy: Garzanti Editore.
- Blair, Mary E. 2024. «Conservation Museomics». *Conservation Biology: The Journal of the Society for Conservation Biology* 38 (3): e14234.
- Blaise, Emilie, Stéphanie Bréhard, Isabelle Carrère, Tassadite Favrie, Lionel Gourichon, Daniel Helmer, Julie Rivière, Anne Tresset, e Jean-Denis Vigne. 2010. «L'élevage du Néolithique moyen 2 au Néolithique final dans le Midi méditerranéen de la France: état des données archéozoologiques». In *4 Millénaire. Transition du néolithique Moyen au néolithique final dans le sud-est de la France et les régions voisines*, a cura di O. Lemerrier, R. Furestier, e E. Blaise, 261–84.
- Bleasdale, Madeleine, Kristine K. Richter, Anneke Janzen, Samantha Brown, Ashley Scott, Jana Zech, Shevan Wilkin, et al. 2021. «Ancient Proteins Provide Evidence of Dairy Consumption in Eastern Africa». *Nature Communications* 12 (1): 632.
- Bogino, Federico. 1897. «I mammiferi fossili della torbiera di Trana». *Bol. Soc. Geol. It.* 16 (1): 16–54.
- Bokonyi, Sándor. 1987. «History of Horse Domestication». *Animal Genetic Resources Information* 6: 29–34.
- Bonani, Georges, Susan D. Ivy, Irena Hajdas, Thomas R. Niklaus, e Martin Suter. 1994. «Ams 14C Age Determinations of Tissue, Bone and Grass Samples from the Ötztal Ice Man». *Radiocarbon* 36 (2): 247–50.
- Bopp-Ito, M., S. Deschler-Erb, W. Vach, e J. Schibler. 2018. «Size Diversity in Swiss Bronze Age Cattle». *International Journal of Osteoarchaeology* 28 (3): 294–304.

- Borrello, Maria A., e Samuel van Willigen. 2014. «Le Chasséen du midi de la France et l'Italie. Caractères céramiques, distribution spatiale et données chronologiques». *SIBRIUM - Centro di Studi Preistorici e Archeologici di Varese* XXVIII: 171–97.
- Braun, Ingmar M. 2020. «The Elk/Moose (*Alces Alces*) in the Upper Palaeolithic Art of Western Europe». *Paléo*, fasc. 30–2 (settembre): 58–74.
- Breda, Marzia. 2001. «*Alces alces* (Linnaeus, 1758) del Pleistocene superiore e dell'Olocene antico in Italia Nord-Orientale». *Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, Geologia Paleontologia Preistoria* 25: 27–39.
- Bréhard, Stéphanie. 2011. «Le complexe chasséen vu par l'archéozoologie: révision de la dichotomie Nord-Sud et confirmation de la partition fonctionnelle au sein des sites méridionaux». *Bulletin de la Société préhistorique française* tome 108, n° 1: 73–92.
- Briggs, Adrian W., Udo Stenzel, Philip L. F. Johnson, Richard E. Green, Janet Kelso, Kay Prüfer, Matthias Meyer, et al. 2007. «Patterns of Damage in Genomic DNA Sequences from a Neandertal». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104 (37): 14616–21.
- Brown, Samantha, Naihui Wang, Annette Oertle, Maxim B. Kozlikin, Michael V. Shunkov, Anatoly P. Derevianko, Daniel Comeskey, et al. 2021. «Zooarchaeology through the Lens of Collagen Fingerprinting at Denisova Cave». *Scientific Reports* 11 (1): 15457.
- Buckley, Michael. 2018. «Zooarchaeology by Mass Spectrometry (ZooMS) Collagen Fingerprinting for the Species Identification of Archaeological Bone Fragments». In *Zooarchaeology in Practice: Case Studies in Methodology and Interpretation in Archaeofaunal Analysis*, a cura di Christina M. Giovas e Michelle J. LeFebvre, 227–47. Cham: Springer International Publishing.
- Buckley, Michael, Matthew Collins, Jane Thomas-Oates, e Julie C. Wilson. 2009. «Species Identification by Analysis of Bone Collagen Using Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionisation Time-of-Flight Mass Spectrometry». *Rapid Communications in Mass Spectrometry: RCM* 23 (23): 3843–54.
- Buckley, Michael, Craig Lawless, e Natalia Rybczynski. 2019. «Collagen Sequence Analysis of Fossil Camels, *Camelops* and c.f. *Paracamelus*, from the Arctic and Sub-Arctic of Plio-Pleistocene North America». *Journal of Proteomics* 194 (marzo): 218–25.
- Buckley, Michael, Sarah Witcher Kansa, Sarah Howard, Stuart Campbell, Jane Thomas-Oates, e Matthew Collins. 2010. «Distinguishing between archaeological sheep and goat bones using a single collagen peptide». *Journal of archaeological science* 37 (1): 13–20.
- Budja, Mihael. 2023. «Archaeology, Rapid Climate Changes in the Holocene, and Adaptive Strategies». *Documenta Praehistorica* 50 (novembre): 2–33.
- Capello, Carlo Felice. 1940. «Antichi itinerari nell'alta valle di Susa». *Boll. Soc. Geogr. Ital.* VII (5): 599–612.
- . 1950. «Le sedi trogloditiche preistoriche e storiche nel Piemonte alpino». *Boll. Soc. Geogr. It.* VIII (3): 20–33.
- Cappellini, Enrico, Matthew J. Collins, e M. Thomas P. Gilbert. 2014. «Unlocking Ancient Protein Palimpsests». *Science* 343 (marzo): 1320–22.
- Cappellini, Enrico, Ana Prohaska, Fernando Racimo, Frido Welker, Mikkel Winther Pedersen, Morten E. Allentoft, Peter de Barros Damgaard, et al. 2018. «Ancient Biomolecules and Evolutionary Inference». *Annual Review of Biochemistry* 87 (giugno): 1029–60.
- Cappellini, Enrico, Frido Welker, Luca Pandolfi, Jazmín Ramos-Madrigal, Diana Samodova, Patrick L. Rüter, Anna K. Fotakis, et al. 2019. «Early Pleistocene Enamel Proteome from Dmanisi Resolves *Stephanorhinus* Phylogeny». *Nature* 574 (7776): 103–7.

- Carta di Siena 2.0, <http://www.icom-italia.org/la-carta-siena/>
- Cassidy, Lara M., Rui Martiniano, Eileen M. Murphy, Matthew D. Teasdale, James Mallory, Barrie Hartwell, e Daniel G. Bradley. 2016. «Neolithic and Bronze Age Migration to Ireland and Establishment of the Insular Atlantic Genome». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113 (2): 368–73.
- Catalani, Paola. 1984. «Rivarolo Mantovano: la fauna». *Preistoria alpina* 20: 255–60.
- . 1985. «Belforte di Gazuolo (MN): la fauna». *Preistoria alpina* 21: 98–108.
- Cavulli, Fabio. 2008. «Le strutture antropiche del Neolitico antico in Italia settentrionale: considerazioni e proposte interpretative». *Rivista di Scienze Preistoriche* LVIII: 75–98.
- Chaffenet, Guy, e Frédéric Cordier. 1999. «L’abri des Corréardes à Lus-la-Croix-Hautes (Drôme): une site de chasse di Néolithique ancien dans la haute vallée du Buëch». In *Circulations et identités culturelles alpines à la fin de la Préhistoire. Matériaux pour une étude*, a cura di A. Beeching, 373–80.
- Chaix, Louis, e Bertrand Valton. 2014. «Le bison (*Bison bonasus* L.) du Gouffre de la Cabosse (Ain). (Néolithique récent-final)». In *Jura Patrimoine - Les passions de Robert Le Pennec*, 75–86. Saint-Claude: AVSC /APAHJ.
- Champlot, Sophie, Camille Berthelot, Mélanie Pruvost, E. Andrew Bennett, Thierry Grange, e Eva-Maria Geigl. 2010. «An Efficient Multistrategy DNA Decontamination Procedure of PCR Reagents for Hypersensitive PCR Applications». *PloS One* 5 (9): e13042.
- Chen, Ningbo, e Artem Nedoluzhko. 2023. «Ancient DNA: The Past for the Future». *BMC Genomics* 24 (1): 309.
- Childe, V. Gordon. 1925. «The Dawn of European Civilization». *The American Historical Review* 31 (3): 499.
- Chiquet, Patricia. 2019. «Économie animale et territoire au Néolithique dans les Alpes occidentales : un même son de cloche ? Les sites de La Grande Rivoire (Sassenage, Isère, France), Le Chenet des Pierres (Bozel, Savoie, France) et La Soie (Savièse, Valais, Suisse)». In *La conquête de la montagne : des premières occupations humaines à l’anthropisation du milieu*. Paris: Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques.
- Cima, M., Mario Corino, e Fabio Ghidotti. 1988. «Lo scavo archeologico del sito preistorico di Chiomonte». *Segusium - Società di Ricerche e Studi Valsusini* n. 25 (anno XXV): 61–70.
- Cima, Marco. 1985. «Il Neolitico in Canavese». In *Atti XXVI Riunione Scientifica dell’Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria*, 495–509.
- Cleaves, Anna. 2005. «The Formation of Science Choices in Secondary School». *International Journal of Science Education* 27 (4): 471–86.
- Clerico, Marina, Luca Giunti, Alberto Tartaglia, Sergio Ulgiati, e Maurizio Zucchetti. 2015. «Railway related impacts: The Turin-Lyon high-speed rail case». *Fresenius environmental bulletin* 24 (5A): 1887–95.
- Collins, Matthew J., Christina M. Nielsen-Marsh, Jen Hiller, Colin I. Smith, James P. Roberts, Richard V. Prigodich, Tim J. Wess, Janos Csapò, Andrew R. Millard, e Gordon Turner-Walker. 2002. «The Survival of Organic Matter in Bone: A Review». *Archaeometry* 44 (3): 383–94.
- Cooper, Alan, e Hendrik N. Poinar. 2000. «Ancient DNA: Do It Right or Not at All». *Science (New York, N.Y.)*. American Association for the Advancement of Science (AAAS).
- Copley, Mark S. 2010. «Towards presenting scientific research in archaeology museums». *Museum Management and Curatorship* 25 (4): 383–98.

- Corriere della Sera*. 2011. «Val di Susa, espugnato il presidio No Tav La polizia mette in fuga i manifestanti», 27 giugno 2011.
- Crabtree, Pam J. 1990. «Zooarchaeology and Complex Societies: Some Uses of Faunal Analysis for the Study of Trade, Social Status, and Ethnicity». *Archaeological Method and Theory* 2: 155–205.
- Dabney, Jesse, Michael Knapp, Isabelle Glocke, Marie-Theres Gansauge, Antje Weihmann, Birgit Nickel, Cristina Valdiosera, et al. 2013. «Complete Mitochondrial Genome Sequence of a Middle Pleistocene Cave Bear Reconstructed from Ultrashort DNA Fragments». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110 (39): 15758–63.
- Dalmeri, Giampaolo, Anna Cusinato, Klaus Kompatscher, Maria Hrozny Kompatscher, Michele Bassetti, e Stefano Neri. 2012. «Le pietre con pitture in ocre di Riparo Dalmeri (Trento). Sviluppo delle ricerche sull'arte e la ritualità del sito epigravettiano». *Preistoria alpina* 46: 31–40.
- Davis, Charles C., e Sandra Knapp. 2025. «Exploring Biodiversity through Museomics». *Nature Reviews. Genetics* 26 (3): 149–50.
- Dee Margot W., Palstra Sjoerd W.L., Aerts-Bijma Alida T., Bleeker Martijn O., de Bruijn Sanne, Ghebru Fitsum et al. 2020. «Radiocarbon dating at Groningen: New and updated chemical pretreatment procedures». *Radiocarbon* 62: 63–74.
- De Grossi Mazzorin, Jacopo. 2008. *Archeozoologia: lo studio dei resti animali in archeologia*. A cura di Editori Laterza. Manuali Laterza. GLF Editori Laterza.
- . 2009. «Fauna ed economia animale». In *Acqua e civiltà nelle terramare. La vasca votiva di Noceto*, a cura di M. Bernabò Brea e M. Cremaschi, 170–74. Milano: Skira.
- . 2014. «Le prime ricerche sulle faune nei siti dell'età del Bronzo in Italia». In *150 anni di preistoria e protostoria in Italia*, a cura di A. Guidi, 73–78. Firenze.
- De Grossi Mazzorin, Jacopo. 2014. «L'analisi archeozoologica di alcuni siti della cultura neolitica dei vasi a bocca quadrata del Parmense». *RIVISTA DI STUDI LIGURI* 78–79: 87–93.
- De Grossi Mazzorin, Jacopo, e Roberto Montefinese. 2017. «L'estinzione del cavallo selvatico in Italia e la nuova introduzione allo stato domestico». presentato al “Fisica Nucleare e Preistoria”, Sala Convegni – CEDAD – Università del Salento.
- de Jong, Eric W., Peter Westbroek, Johannes W. Westbroek, e Johannes W. Brüning. 1974. «Preservation of Antigenic Properties of Macromolecules over 70 Myr.» *Nature* 252 (5478): 63–64.
- De Lumley, Henry, Livio Mano, Saïd Kadar, Annie Echassoux, e Laurence Meslin. 1991. «Le Gias del Ciari à Tende. Stratigraphie et attribution culturelle des niveaux archéologiques». In *Le Mont Bego (relazione preliminare del Convegno)*, I:146–52. Tenda.
- Delcaro, Dino. 2002. «L'industria litica levigata». In *6000 anni di storia sulle Alpi Occidentali: La Maddalena Di Chiomonte*, a cura di A. Bertone e L. Fozzati, 88–99. Edizioni Nautilus.
- Demarchi, Beatrice. 2020. *Amino Acids and Proteins in Fossil Biominerals: An Introduction for Archaeologists and Palaeontologists*. Analytical Methods in Earth and Environmental Science. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell.
- Demarchi, Beatrice, Meaghan Mackie, Zhiheng Li, Tao Deng, Matthew J. Collins, and Julia Clarke. 2022. «Survival of Mineral-Bound Peptides into the Miocene.» *eLife* 11 (December).
- Deschler-Erb, Sabine. 2019. «Pride and Prejudice? On the Relationship Between Archaeology and Biosciences». In *Archaeology, History and Biosciences*, 23–32. De Gruyter.

- Diciotti, Fabrizio. 2012. «Chiomonte e la maledizione del TAV». *TAURASIA Gruppo Archeologico Torinese* Anno XXVII-N. 1: 30–32.
- Discamps, Emmanuel, Karen Ruebens, Geoff Smith, e Jean-Jacques Hublin. 2024. «Can ZooMS help assess species abundance in highly fragmented bone assemblages? Integrating morphological and proteomic identifications for the calculation of an adjusted ZooMS-eNISP». *PaleoAnthropology* 2: 282-297.
- Dunbar, Robin. 1994. *Trouble with Science*. London, England: Faber & Faber.
- Eisenmann, Vera, e Rose-Marie Arbogast. 1997. «Le cheval néolithique de Chalain 3». In *Littoraux néolithiques de Clairvaux-les-lacs et de Chalain (Jura) - Tome III: Chalain station 3 3200-2900 av. J.-C.*, a cura di P. Pétrequin, 693–702. Paris: Editions de la Maison des Sciences de l’Homme.
- Ewels, Philip, Måns Magnusson, Sverker Lundin, e Max Källner. 2016. «MultiQC: Summarize Analysis Results for Multiple Tools and Samples in a Single Report». *Bioinformatics (Oxford, England)* 32 (19): 3047–48.
- Fabiano, Giulio. 1989. «La Segusium e gli scavi di Chiomonte-La Maddalena». *Segusium - Società di Ricerche e Studi Valsusini* n. 27 (anno XXVI).
- Fedele, Francesco. 1973. «Una stazione Vaso a bocca quadrata sul Monfenera, Valsesia». *Preistoria alpina* 9: 151–221.
- . 1983. «Le macrofaune antropiche dell’Età del Bronzo piemontese». *Riv. Piem. St. Nat.* 4: 85–109.
- . 1987. «Canidi nella preistoria alpina: paleobiologia e iconografia». *Rivista Piemontese di Storia Naturale* 8 (dicembre): 93–122.
- . 1988. «Il cimitero neolitico di Chiomonte-La Maddalena». *Segusium - Società di Ricerche e Studi Valsusini* n. 25 (anno XXV): 71–106.
- . 1989. «L’abitato neolitico di Chiomonte “La Maddalena” (IV millennio a.C.): Studio pilota dei reperti faunistici». In *Segusium - Società di Ricerche e Studi Valsusini*, 27 (anno XXVI):31–62.
- . 1990. *Boira Fusca e Rupe di Salto, 1977-80*. Torino: Ad Quintum.
- . 1992. «Le Alpi occidentali: biogeografia del popolamento umano preistorico». *Biogeographia – The Journal of Integrative Biogeography* 16 (1).
- . 2002a. «Il cimitero». In *6000 anni di storia sulle Alpi Occidentali: La Maddalena Di Chiomonte*, a cura di A. Bertone e L. Fozzati, 111–49. Edizioni Nautilus.
- . 2002b. «Le Faune Archeologiche o “Archeofaune”». In *6000 Anni di Storia sulle Alpi Occidentali. La Maddalena di Chiomonte*, a cura di A. Bertone e F. Fozzati, 38–52. Edizioni Nautilus.
- Ferrari, Alessandro, Chiara Delpino, Gabriella Petrucci, Mauro Rottoli, e Paola Visentini. 2002. «Introduzione all’ultimo Neolitico dell’Italia padano-alpina e nordadriatica». In *Il declino del mondo neolitico. Ricerche in Italia centro-settentrionale fra aspetti peninsulari, occidentali e nord-alpini*, a cura di A. Ferrari e P. Visentini, 101–21. Quaderni del Museo Archeologico del Friuli Occidentale,4.
- Ferrero, Luisa, Stefania Padovan, e Francesca Restano. 2018. «Preistoria e Protostoria della Valle di Susa. Occupazione del territorio, mobilità e scambi dal V al I millennio a.C.». In *Storia delle valli di Susa - Preistoria, età romana e medioevo fino al Trecento*, a cura di P. Del Vecchio e D. Vota. Terra di Confine. Edizioni del Graffio.
- Ferruzza, Maria Lucia, e Anna Maria Marras. 2020. «I depositi come spazio di ricerca e valorizzazione dei patrimoni museali». In *Beni Culturali: dai depositi alla valorizzazione. Modi, forme, esperienze, norme*, a cura di Rosalba Panvini, Fabrizio Nicoletti, Nunzio Condorelli Calf, e Mario Bevacqua, 11–17. Edizioni Lussografica.

- Fitzsimons, Sean J., e Heinz Veit. 2001. «Geology and Geomorphology of the European Alps and the Southern Alps of New Zealand: A Comparison». *Mountain Research and Development* 21 (4): 340–49.
- Fossà, Bianca. 2005. «I depositi: pianificazione, allestimento e fruizione». In *Gestione e cura delle collezioni*, a cura di A. M. Lega, 31–51. Faenza-Firenze.
- Fozzati, Luigi. 1987. «Scheda tecnica Chiomonte». SABAP - TO.
- . 1988. «Archeologia e grandi lavori: l'impatto dell'Autostrada del Frejus sull'area archeologica di Chiomonte-La Maddalena». *Segusium - Società di Ricerche e Studi Valsusini* n. 25 (anno XXV): 37–60.
- Frantz, Laurent A. F., Daniel G. Bradley, Greger Larson, e Ludovic Orlando. 2020. «Animal Domestication in the Era of Ancient Genomics». *Nature Reviews. Genetics* 21 (8): 449–60.
- Gaj, Giorgio, e Orietta Maestro. 2002. «Manufatti ossei: analisi tecnologica». In *6000 anni di storia sulle Alpi Occidentali: La Maddalena Di Chiomonte*, a cura di A. Bertone e L. Fozzati, 100–103. Edizioni Nautilus.
- Gallay, Alain. 1990. «La piace des Alpes dans la Néolithisation de l'Europe». In *The Neolithisation of the Alpine Region*, a cura di P. Biagi, 23–42. Brescia, Museo Civico di Scienze Naturali.
- Gallay, Alain, e Pierre-Yves Nicod. 1999. «Le Néolithique dans les Alpes occidentales». In *Évolutions biologiques et culturelles en milieu alpin - Actes de l'université d'été 1999*, a cura di Gilles Boëtsch, 17–38. CDDP del Hautes-Alpes.
- Gastaldi, Bartolomeo. 1871. «Iconografia di alcuni oggetti di remona antichità rinvenuti in Italia». *Memorie Regia Accademia delle Scienze di Torino, s. II XXVI*: 79–126.
- Geigl, Eva-Maria, e Thierry Grange. 2018. «Ancient DNA: The Quest for the Best». *Molecular Ecology Resources*. Wiley.
- Gentry, Anthea, Juliet Clutton-Brock, e Colin P. Groves. 2004. «The naming of wild animal species and their domestic derivatives». *Journal of archaeological science* 31 (5): 645–51.
- Georgopoulou, Popi, e Dimitris Koliopoulos. 2017. «Archaeological museums as environments of informal and non-formal science and technological education: The case of Educative Islets». In *Proceedings of the EdMuse Conference*, a cura di V. Ferrara, 100–103.
- Gilbert, Catherine, Vaclav Krupicka, Francesca Galluzzi, Aleksandra Popowich, Katell Bathany, Stéphane Claverol, Julie Arslanoglu, e Caroline Tokarski. 2024. «Species Identification of Ivory and Bone Museum Objects Using Minimally Invasive Proteomics». *Science Advances* 10 (4): eadi9028.
- Giuffrida, Maria Gabriella, Roberto Mazzoli, e Enrica Pessione. 2018. «Back to the Past: Deciphering Cultural Heritage Secrets by Protein Identification». *Applied Microbiology and Biotechnology* 102 (13): 5445–55.
- Giunti, Luca, Luca Mercalli, Alessandro Poggio, Marco Ponti, Alberto Tartaglia, Sergio Ulgiati, e Maurizio Zucchetti. 2012. «Economic, environmental and energy assessment of the Turin-Lyon high-speed rail». *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)* 2 (4): 361–68.
- Giustetto, Roberto, Marica Venturino, Luca Barale, Anna d'Atri, e Roberto Compagnoni. 2017. «The Neolithic Greenstone Industry of Brignano Frascata (Italy): Archaeological and Archaeometric Study, Implications and Comparison with Coeval Sites in the Grue, Ossona and Curone Valleys». *Journal of Archaeological Science, Reports* 14 (agosto): 662–91.

- Giustetto, Roberto, Stefania Padovan, Luca Barale, e Roberto Compagnoni. 2020. «The Neolithic Greenstone Industry of Chiomonte (Northwestern Italy): Mineralogy, Petrography and Archaeometric Implications». *European Journal of Mineralogy* 32 (1): 147–66.
- Giustetto, Roberto, Viviana G. Mancusi, Luca Barale, Marica Venturino, e Roberto Compagnoni. 2021. «The Neolithic Greenstone Industry from Valgrana/Tetto Chiappello (Cuneo Province, Northwestern Italy); A Combined Archaeometric and Archaeological Study». *Journal of Archaeological Science, Reports* 40 (103222): 103222.
- Glocke, Isabelle, e Matthias Meyer. 2017. «Extending the Spectrum of DNA Sequences Retrieved from Ancient Bones and Teeth». *Genome Research* 27 (7): 1230–37.
- Gorgé, Olivier, E. Andrew Bennett, Diyendo Massilani, Julien Daligault, Melanie Pruvost, Eva-Maria Geigl, e Thierry Grange. 2016. «Analysis of Ancient DNA in Microbial Ecology». *Methods in Molecular Biology (Clifton, N.J.)* 1399: 289–315.
- Green, Eleanor Joan, e Camilla F. Speller. 2017. «Novel Substrates as Sources of Ancient DNA: Prospects and Hurdles». *Genes* 8 (7): 180.
- Greenfield, Haskel J. 2010. «The Secondary Products Revolution: The Past, the Present and the Future». *World Archaeology* 42 (1): 29–54.
- Guschanski, Katerina, Johannes Krause, Susanna Sawyer, Luis M. Valente, Sebastian Bailey, Knut Finstermeier, Richard Sabin, et al. 2013. «Next-Generation Museomics Disentangles One of the Largest Primate Radiations». *Systematic Biology* 62 (4): 539–54.
- Haarkötter, Christian, Diana C. Vinueza-Espinosa, Xiomara Gálvez, María Saiz, María Isabel Medina-Lozano, José Antonio Lorente, e Juan Carlos Álvarez. 2023. «A Comparison between Petrous Bone and Tooth, Femur and Tibia DNA Analysis from Degraded Skeletal Remains». *Electrophoresis* 44 (19–20): 1559–68.
- Hackländer, Klaus, e Frank E. Zachos, a c. di. 2020. *Handbook of the Mammals of Europe*. Cham: Springer International Publishing.
- Hafner, Albert, Mirco Brunner, Julian Laabs. 2017. «Archaeology of the Alpine space. Research on the foothills, valley systems and high mountain landscapes of the Alps». *VITA ANTIQUA*, fasc. 9: 16–37.
- Hahn, Erin E., Marina R. Alexander, Alicia Grealy, Jiri Stiller, Donald M. Gardiner, e Clare E. Holleley. 2022. «Unlocking Inaccessible Historical Genomes Preserved in Formalin». *Molecular Ecology Resources* 22 (6): 2130–47.
- Halstead, Paul. 2024. «Zooarchaeological Evidence for Livestock Management in (Earlier) Neolithic Europe: Outstanding Questions and Some Limitations of Current Approaches». *Quaternary International: The Journal of the International Union for Quaternary Research* 683–684 (febbraio): 42–50.
- Hare, Philip E. e Philip Hauge Abelson. 1968. «Racemization of Amino Acids in Fossil Shells.» *Carnegie Institute of Washington Yearbook* 66, 526–528.
- Hassanin, Alexandre, Frédéric Delsuc, Anne Ropiquet, Catrin Hammer, Bettine Jansen van Vuuren, Conrad Matthee, Manuel Ruiz-Garcia, et al. 2012. «Pattern and Timing of Diversification of Cetartiodactyla (Mammalia, Laurasiatheria), as Revealed by a Comprehensive Analysis of Mitochondrial Genomes». *Comptes Rendus Biologies* 335 (1): 32–50.
- Helmer, Daniel, Lionel Gourichon, Hassan Sidi Maamar, e Jean-Denis Vigne. 2005. «L'élevage des caprinés néolithiques dans le sud-est de la France : saisonnalité des abattages, relations entre grottes-bergeries et sites de plein air». *Anthropozoologica* 40 (1): 167–89.

- Helmer, Daniel, e Jean-Denis Vigne. 2004. «La gestion des cheptels de caprinés au Néolithique dans le midi de la France». In *XXVe Congrès Préhistorique de France*, 397–407.
- Hendy, Jessica. 2021. «Ancient Protein Analysis in Archaeology». *Science Advances* 7 (3): eabb9314.
- Hendy, Jessica, Frido Welker, Beatrice Demarchi, Camilla Speller, Christina Warinner, e Matthew J. Collins. 2018. «A Guide to Ancient Protein Studies». *Nature Ecology & Evolution* 2 (5): 791–99.
- Higuchi, Russell, Barbara Bowman, Mary Freiburger, Oliver A. Ryder, e Allan C. Wilson. 1984. «DNA Sequences from the Quagga, an Extinct Member of the Horse Family». *Nature* 312 (5991): 282–84.
- Holmes, Michael W., Talisin T. Hammond, Guinevere O. U. Wogan, Rachel E. Walsh, Katie LaBarbera, Elizabeth A. Wommack, Felipe M. Martins, et al. 2016. «Natural History Collections as Windows on Evolutionary Processes». *Molecular Ecology* 25 (4): 864–81.
- ICCROM; UNESCO. 2011. «*International storage survey 2011: Conditions of collections in storage* (Survey report)».
- Irestedt, Martin, Filip Thörn, Ingo A. Müller, Knud A. Jønsson, Per G. P. Ericson, e Mozes P. K. Blom. 2022. «A Guide to Avian Museomics: Insights Gained from Resequencing Hundreds of Avian Study Skins». *Molecular Ecology Resources* 22 (7): 2672–84.
- Jarman, M. R. 1975. «The Fauna and Economy of Fiavè». *Preistoria alpina* 11: 65–73.
- Jones, Emily Lena, and Caroline Gabe. 2015. «The Promise and Peril of Older Collections: Meta-Analyses and the Zooarchaeology of Late Prehistoric/Early Historic New Mexico». *Open Quaternary* 1 (1).
- Jónsson, Hákon, Aurélien Ginolhac, Mikkel Schubert, Philip L. F. Johnson, e Ludovic Orlando. 2013. «MapDamage2.0: Fast Approximate Bayesian Estimates of Ancient DNA Damage Parameters». *Bioinformatics (Oxford, England)* 29 (13): 1682–84.
- Karastoyanova, Nadezhda, John Gorczyk, e Nikolai Spassov. 2020. «The Natural History of the Fallow Deer, *Dama dama* (Linnaeus, 1758) in Bulgaria in Prehistory and New Evidence for the Existence of an Autochthonous Holocene Population in the Balkans». *International Journal of Osteoarchaeology* 30 (5): 616–28.
- Kendall, Christopher, Anne Marie Høier Eriksen, Ioannis Kontopoulos, Matthew J. Collins, e Gordon Turner-Walker. 2018. «Diagenesis of Archaeological Bone and Tooth». *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 491 (febbraio): 21–37.
- Kjær, Kurt H., Mikkel Winther Pedersen, Bianca De Sanctis, Binia De Cahsan, Thorfinn S. Korneliussen, Christian S. Michelsen, Karina K. Sand, et al. 2022. «A 2-Million-Year-Old Ecosystem in Greenland Uncovered by Environmental DNA.» *Nature* 612 (7939): 283–91.
- Kömleksiz, Ferda Öztürk. 2023. «Objects in an archaeology and Nature Museum: An investigation in the context of museum education». *International education studies* 16 (5): 48.
- Korlević, Petra, Tobias Gerber, Marie-Theres Gansauge, Mateja Hajdinjak, Sarah Nagel, Ayinuer Aximu-Petri, e Matthias Meyer. 2015. «Reducing Microbial and Human Contamination in DNA Extractions from Ancient Bones and Teeth». *BioTechniques* 59 (2): 87–93.
- Korlević, Petra, e Matthias Meyer. 2019. «Pretreatment: Removing DNA Contamination from Ancient Bones and Teeth Using Sodium Hypochlorite and Phosphate». *Methods in Molecular Biology (Clifton, N.J.)* 1963: 15–19.

- la Repubblica - Torino.it*. 2011. «Valsusa, i No Tav montano la guardia a Chiomonte», 22 maggio 2011.
- La Stampa*. 2012. «“Tav, distrutto il sito archeologico”Esposto in Procura contro gli agenti», 3 aprile 2012.
- Lalueza-Fox, Carles. 2022. «Museomics». *Current Biology: CB* 32 (21): R1214–15.
- Lamichhaney, Sangeet, Daren C. Card, Phil Grayson, João F. R. Tonini, Gustavo A. Bravo, Kathrin Nöpflin, Flavia Termignoni-Garcia, et al. 2019. «Integrating Natural History Collections and Comparative Genomics to Study the Genetic Architecture of Convergent Evolution». *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 374 (1777): 20180248.
- Lazaridis, Iosif, Dani Nadel, Gary Rollefson, Deborah C. Merrett, Nadin Rohland, Swapan Mallick, Daniel Fernandes, et al. 2016. «Genomic Insights into the Origin of Farming in the Ancient Near East». *Nature* 536 (7617): 419–24.
- Leonardi, Michela, Francesco Boschin, Konstantinos Giampoudakis, Robert M. Beyer, Mario Krapp, Robin Bendrey, Robert Sommer, et al. 2018. «Late Quaternary Horses in Eurasia in the Face of Climate and Vegetation Change». *Science Advances* 4 (7): eaar5589.
- Lewenstein, Bruce V., e Rick Bonney. 2004. «Different ways of looking at public understanding of research». A cura di D. Chittenden, G. Farmelo, e B. V. Lewenstein. *Creating connections. Museums and the public understanding of current research*, 63–72.
- Li, Heng, e Richard Durbin. 2009. «Fast and Accurate Short Read Alignment with Burrows-Wheeler Transform». *Bioinformatics (Oxford, England)* 25 (14): 1754–60.
- Li, Heng, Bob Handsaker, Alec Wysoker, Tim Fennell, Jue Ruan, Nils Homer, Gabor Marth, Goncalo Abecasis, Richard Durbin, e 1000 Genome Project Data Processing Subgroup. 2009. «The Sequence Alignment/Map Format and SAMtools». *Bioinformatics (Oxford, England)* 25 (16): 2078–79.
- Lundström-Baudais, Karen, Lucie Martin, e Claude Olive. 2012. «Chapitre 9. Les ressources végétales et carnées et les restes humains». In *Économies, sociétés et espaces en Alpe : la grotte des Balmes à Sollières-Sardières (Savoie)*, 233–73. Alpara.
- Maccarinelli, Angela, Stefano Marconi, e Annalisa Pedrotti. 2015. «I Resti Faunistici Dell’insediamento Del Neolitico Antico Di Lugo Di Grezzana (Verona)». *Preistoria e Protostoria Del Veneto*, 605–10.
- Malone, Caroline. 2004. «The Late Neolithic of Northern Italy and Southern France». In *Ancient Europe 8000 B.C.–A.D. 1000 : encyclopedia of the Barbarian world*, a cura di P. Bogucki e P. J. Crabtree, 439–46. Farmington Hills, MI: Charles Scribner Farmington Hills.
- Manzollino, Roberta, Giulia Chellini, Paola La Torre, Saverio Giulio Malatesta, Marco Raoul Marini, e Claudia Moricca. 2024. «Archaeobotany and Bioanthropology: The Potential of VR and 3D Printing in the Enhancement of Archaeological Organic Remains». *Proceedings* 96 (15).
- Marom, Nimrod. 2025. «Current Methods and Theory in Quantitative Zooarchaeology». *Journal of Archaeological Science* 176 (106165): 106165.
- Massilani, Diyendo, Silvia Guimaraes, Jean-Philip Brugal, E. Andrew Bennett, Malgorzata Tokarska, Rose-Marie Arbogast, Gennady Baryshnikov, et al. 2016. «Past Climate Changes, Population Dynamics and the Origin of Bison in Europe». *BMC Biology* 14 (1): 93.

- Mathieson, Iain, Iosif Lazaridis, Nadin Rohland, Swapan Mallick, Nick Patterson, Songül Alpaslan Roodenberg, Eadaoin Harney, et al. 2015. «Genome-Wide Patterns of Selection in 230 Ancient Eurasians». *Nature* 528 (7583): 499–503.
- McGrath, Krista, Keri Rowsell, Christian Gates St-Pierre, Andrew Tedder, George Foody, Carolynne Roberts, Camilla Speller, e Matthew Collins. 2019. «Identifying Archaeological Bone via Non-Destructive ZooMS and the Materiality of Symbolic Expression: Examples from Iroquoian Bone Points». *Scientific Reports* 9 (1): 11027.
- Mecozzi, Beniamino, e Flavia Strani. 2022. «Equids from the late Middle Pleistocene to Early Holocene of the Apulia Peninsula (southern Italy): reassessment of their taxonomy and biochronology». *Geodiversitas* 44 (2): 17–45.
- Mikanowski, Jacob. 2024. «Solar storms, ice cores and nuns' teeth: the new science of history». *The Guardian*, 20 febbraio 2024.
- Minaldi, Donatella. 2013. *Il popolamento umano nell'ecosistema alpino*. Aracne.
- Monticone, Alessia, Elisa Panero, Erika Heritier, Barbara Pergolizzi, Federica Dal Bello, Enrica Mecarelli, Rosa Boano, et al. 2024. «Combing through Museum Collections. A “Museomic” Application of ZooMS». *International Journal of Osteoarchaeology* 34 (2): e3295.
- Morales Colón, Emely, Mireya Hernández, Mariel Candelario, María Meléndez, e Tracey Dawson Cruz. 2018. «Evaluation of a Freezer Mill for Bone Pulverization Prior to DNA Extraction: An Improved Workflow for STR Analysis». *Journal of Forensic Sciences* 63 (2): 530–35.
- Morel, Philippe. 1993. «Une chasse à l'ours brun il y a 12'000 ans : nouvelle découverte à la grotte du Bichon (La Chaux-de-Fonds)». *Archéologie suisse* 16 (1): 110–17.
- Morin, Eugène, Ellie-May Oldfield, Mile Baković, Jean-Guillaume Bordes, Jean-Christophe Castel, Isabelle Crevecoeur, Hélène Rougier, Gilliane Monnier, Gilbert Tostevin, e Michael Buckley. 2023. «A Double-Blind Comparison of Morphological and Collagen Fingerprinting (ZooMS) Methods of Skeletal Identifications from Paleolithic Contexts». *Scientific Reports* 13 (1): 18825.
- Mottes, Elisabetta, Gabriella Petrucci, Mauro Rottoli, e Paola Visentini. 2009. «Evolution of the square mouthed pottery culture in Trentino-alto Adige, Veneto and Friuli: cultural, chronological, palaeoeconomic and environmental aspects». *Gortania* 31: 97–124.
- Mullis, Kary B., Fred A. Faloon, Stephen Scharf, Randy Saiki, Glenn Horn, e Henry Erlich. 1986. «Specific Enzymatic Amplification of DNA in Vitro: The Polymerase Chain Reaction». *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 51 Pt 1: 263–73.
- Muret, Alain. 1991. «Huit campagnes de fouilles archéologiques au lieu-dit “Coumbauche” au Col des Tourettes (Montmorin - Hautes-Alpes)». In *Archéologie dans les Hautes-Halpes*, 81–88. Gap.
- Muttillio, Brunella. 2016. «Il patrimonio invisibile dei musei. Indagine sulla gestione dei depositi museali archeologici in Italia». *FORMA URBIS XXI*: 6–9.
- Muttillio, Brunella. 2019. «Museum Archaeological Collection Storage: reassessing needs and priorities». *Tafer Journal* 105: 1–6.
- Negrino, Fabio, e Elisabetta Starnini. 2006. «Modelli di sfruttamento e circolazione delle materie prime per l'industria litica scheggiata tra Paleolitico inferiore ed Età del Rame in Liguria». *Atti della XXXIX Riunione scientifica: materie prime e scambi nella preistoria italiana: nel cinquantenario della fondazione dell'Istituto italiano di preistoria e protostoria: Firenze, 25-27 novembre 2004: vol. I-II-III*, 283–98.
- Nicod, Pierre-Yves. 2008. «Les premières sociétés agropastorales dans les Alpes occidentales». *Premiers bergers des Alpes: de la Préhistoire à l'Antiquité. Infolio, Gollion*, 44–51.

- Nims, Reno, Darby Filimoehala, Melinda S. Allen, and Virginia L. Butler. 2020. «When Less Is More: Element Selection as Sampling Strategy in Zooarchaeology». *Journal of Archaeological Science* 121 (105205): 105205.
- Nisbet, R. 1988. «Archeobotanica e Paleoecologia». *Segusium - Società di Ricerche e Studi Valsusini* XXV n. 25: 107–24.
- Nisbet, R., e P. Biagi. 1987. *Balm 'Chanto: un riparo sottoroccia dell'età del Rame nelle Alpi Cozie*. Vol. 4. Como.
- Nisbet, Renato. 1983. «Vislario. Archeologia e paleoecologia di un terrazzamento alpino». *Orco Anthropologica* 3.
- . 2002. «Ricerche archeobotaniche a Chiomonte-La Maddalena». In *6000 anni di storia sulle Alpi Occidentali: La Maddalena di Chiomonte*, a cura di Aureliano Bertone e Luigi Fozzati, 27–37. Edizioni Nautilus.
- O'Connor, Terry. 2000. *The Archaeology of Animal Bones*. Texas A&M University Press.
- Ostrom, Peggy H., Michael Schall, Hasand Gandhi, Tun-Li Shen, Peter V. Hauschka, John R. Strahler, e Douglas A. Gage. 2000. «New strategies for characterizing ancient proteins using matrix-assisted laser desorption ionization mass spectrometry». *Geochimica et cosmochimica acta* 64 (6): 1043–50.
- Pääbo, Svante. 1985. «Molecular Cloning of Ancient Egyptian Mummy DNA». *Nature* 314 (6012): 644–45.
- . 1989. «Ancient DNA: Extraction, Characterization, Molecular Cloning, and Enzymatic Amplification». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 86 (6): 1939–43.
- Padovan, Stefania. 2010. «La Valle della Dora Riparia dal Neolitico all'età del Ferro. Linee di inquadramento cronologico e culturale». In *Lontane Radici. Vaie, 60 secoli di storia*, a cura di Unitre di Sant'Antonino. Edizioni del Graffio.
- . 2017. «Il sito di Chiomonte La Maddalena nel quadro del Neolitico recente-finale dell'arco alpino occidentale. Aspetti cronologici e culturali». In *Pionieri delle Alpi - Il Pieno Neolitico tra le Alpi Occidentali*, a cura di F. M. Gambari, M. Ferrero, e S. Padovan, 49–56. Tipo Stampa Srl, Moncalieri (TO).
- Padovan, Stefania, Francesco Rubat Borel, Gabriele Berruti, Sara Daffara, Viviana Germana Mancusi, e Marta Zunino. 2019. «Il sito perilacustre vbq di Montalto Dora nel quadro del Neolitico del Piemonte». In *Le quistioni nostre paleontologiche più importanti... Trent'anni di tutela e ricerca preistorica in Emilia occidentale*, a cura di M. Maffi, L. Bronzoni, e P. Mazzieri, 11–23.
- Panero, Elisa. 2022. «Il Museo di Antichità di Torino: dal Regio Museo dell'Università ai Musei Reali». *Studi Piemontesi* LI, fasc. 2: 381–418.
- Parasayan, Oğuzhan, Christophe Laurelut, Christine Bôle, Lola Bonnabel, Alois Corona, Cynthia Domenech-Jaulneau, Cécile Paresys, Isabelle Richard, Thierry Grange, e Eva-Maria Geigl. 2024. «Late Neolithic Collective Burial Reveals Admixture Dynamics during the Third Millennium BCE and the Shaping of the European Genome». *Science Advances* 10 (25): ead12468.
- Parker, Cody, Adam B. Rohrlach, Susanne Friederich, Sarah Nagel, Matthias Meyer, Johannes Krause, Kirsten I. Bos, e Wolfgang Haak. 2020. «A Systematic Investigation of Human DNA Preservation in Medieval Skeletons». *Scientific Reports* 10 (1): 18225.
- Paterson, Ryan S., Meaghan Mackie, Alessio Capobianco, Nicola S. Heckeberg, Danielle Fraser, Beatrice Demarchi, Fazeelah Munir, et al. 2025. «Phylogenetically Informative Proteins from an Early Miocene Rhinocerotid.» *Nature* 643 (8072): 719–24.

- Perotto, Aldo, e Franco Carraro. 2002. «Evoluzione del paesaggio e meccanismi di sedimentazione». In *6000 anni di storia sulle Alpi Occidentali: La Maddalena di Chiomonte*, a cura di Aureliano Bertone e Luigi Fozzati, 20–26. Edizioni Nautilus.
- Pessina, Andrea, e Giovanna Radi. 2006. «La diffusione dell'ossidiana nell'Italia centro-settentrionale». In *Atti della XXXIX Riunione Scientifica nel cinquantenario della fondazione dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria*, 1:435–60.
- Pétrequin, Pierre, Serge Cassen, Estelle Gauthier, Lutz Klassen, Yvan Paillet, e Alison Sheridan. 2012. «Typologie, chronologie et répartition des grandes haches alpines en Europe occidentale». In *Grandes haches alpines du Néolithique européen, V<sup>e</sup> au IV<sup>e</sup> millénaires av. J.-C.*, 574–727. Presses Universitaires de Franche-Comté.
- Phillips, Patricia. 1988. «Aspects de la civilisation chasséenne». In *Le Chasséen en Languedoc oriental, Hommagea Jean Arnal, Actes des journées d'études, Montpellier*, a cura di G. B. Arnal, J. Arnal, e M. Bordreuil, 1985:285–88. Montpellier: Publication de la Recherche.
- «Picard». s.d. Consultato 11 marzo 2025. <https://broadinstitute.github.io/picard/>.
- Pilli, Elena, Alessandra Modi, Ciro Serpico, Alessandro Achilli, Hovirag Lancioni, Barbara Lippi, Francesca Bertoldi, Sauro Gelichi, Martina Lari, e David Caramelli. 2013. «Monitoring DNA Contamination in Handled vs. Directly Excavated Ancient Human Skeletal Remains». *PloS One* 8 (1): e52524.
- Pinhasi, Ron, Daniel Fernandes, Kendra Sirak, Mario Novak, Sarah Connell, Songül Alpaslan-Roodenberg, Fokke Gerritsen, et al. 2015. «Optimal Ancient DNA Yields from the Inner Ear Part of the Human Petrous Bone». *PloS One* 10 (6): e0129102.
- Pinhasi, Ron, Daniel M. Fernandes, Kendra Sirak, e Olivia Cheronet. 2019. «Isolating the Human Cochlea to Generate Bone Powder for Ancient DNA Analysis». *Nature Protocols* 14 (4): 1194–1205.
- Pion, Gilbert. 1997. «L'abri de la Fru à Saint-Christophe-la-Grotte (Savoie): l'Azilien ancien du début de l'Alleröd». *Bulletin de la Société préhistorique française* 94 (3): 319–26.
- Prüfer, Kay, Cosimo Posth, He Yu, Alexander Stoessel, Maria A. Spyrou, Thibaut Deviese, Marco Mattonai, et al. 2021. «A Genome Sequence from a Modern Human Skull over 45,000 Years Old from Zlatý Kůň in Czechia». *Nature Ecology & Evolution* 5 (6): 820–25.
- Prummel, Wietske. 1998. «Distinguishing features postcranial skeletal elements cattle, *Bos primigenius* f. *taurus*, red deer, *Cervus elaphus*». *Schriften aus der Archäologisch-Zoologischen Arbeitsgruppe Schleswig-Kiel*, 5–52.
- Pruvost, Mélanie, Reinhard Schwarz, Virginia Bessa Correia, Sophie Champlot, Séverine Braguier, Nicolas Morel, Yolanda Fernandez-Jalvo, Thierry Grange, e Eva-Maria Geigl. 2007. «Freshly Excavated Fossil Bones Are Best for Amplification of Ancient DNA». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104 (3): 739–44.
- Raxworthy, Christopher J., e Brian Tilston Smith. 2021. «Mining Museums for Historical DNA: Advances and Challenges in Museomics». *Trends in Ecology & Evolution* 36 (11): 1049–60.
- Reindel, Markus, e Günther A. Wagner. 2009. «Introduction – new methods and technologies of natural sciences for archaeological investigations in Nasca and palpa, Peru». A cura di M. Reindel e Reindel M. Wagner, *Natural Science in Archaeology*, , 1–13.
- Renaud, Gabriel, Udo Stenzel, e Janet Kelso. 2014. «LeeHom: Adaptor Trimming and Merging for Illumina Sequencing Reads». *Nucleic Acids Research* 42 (18): e141.
- Rey, Fabian, Erika Gobet, Jacqueline F. N. van Leeuwen, Adrian Gilli, Ulrike J. van Raden, Albert Hafner, Othmar Wey, et al. 2017. «Vegetational and Agricultural Dynamics at

- Burgäschisee (Swiss Plateau) Recorded for 18,700 Years by Multi-Proxy Evidence from Partly Varved Sediments». *Vegetation History and Archaeobotany* 26 (6): 571–86.
- Riedel, Alfredo. 1981. «La fauna di Spilamberto-S. Cesario». In *Il Neolitico e l'Età del Rame: ricerca a Spilamberto - S. Cesario 1977- 1980*, 135–38. Bologna: Tamari.
- . 1982. «Die Fauna Der Vorgeschichtlichen Siedlung von Acquaviva Im Trentino». *Preistoria Alpina* 18: 205–7.
- . 1988. «The Neolithic Animal Bones Deposit of Cornuda (Treviso)». *Annali Dell'Università Di Ferrara (Nuova Serie), Sezione: Scienze Della Terra* 1, n. 6: 71–90.
- . 1995. «Nogara. Scavo di pozzetti neolitici in località Olmo. La fauna neolitica». *Quaderni di Archeologia del Veneto* XI: 56–63.
- Rodríguez-Varela, Ricardo, Antonio Tagliacozzo, Irene Ureña, Nuria García, Evelyne Crégut-Bonnoure, Marcello A. Mannino, Juan Luis Arsuaga, e Cristina Valdiosera. 2015. «Ancient DNA Evidence of Iberian Lynx Palaeoendemism». *Quaternary Science Reviews* 112 (marzo): 172–80.
- Rowley-Conwy, Peter. 2025. «European Neolithic Farmers Interbred Their Domestic Pigs with Wild Boar». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*.
- Ruebens, Karen, Geoff M. Smith, Emmanuel Discamps, e Jean-Jacques Hublin. 2024. «Integrating ZooMS and Zooarchaeology to assess the Châtelperronian and carnivore occupations at Cassenade (Dordogne, France)». *PaleoAnthropology* 2: 263-281.
- Santana, C. David de, Lynne R. Parenti, Casey B. Dillman, Jonathan A. Coddington, Douglas A. Bastos, Carole C. Baldwin, Jansen Zuanon, et al. 2021. «The Critical Role of Natural History Museums in Advancing EDNA for Biodiversity Studies: A Case Study with Amazonian Fishes». *Scientific Reports* 11 (1): 18159.
- Schibler, Jörg, Heidemarie Hüster-Plogmann, e Stefanie Jacomet. 1997. «Economic Crash 37th 36th Centuries Cal. BC Neolithic Lake Shore Sites Switzerland». *Anthropozoologica* 25: 553–70.
- Schmölcke, Ulrich, e Frank E. Zachos. 2005. «Holocene Distribution and Extinction of the Moose (Alces Alces, Cervidae) in Central Europe». *Zeitschrift Für Säugetierkunde [Mammalian Biology]* 70 (6): 329–44.
- Seersholm, Frederik V., Kasper Lykke Hansen, Matthew Heydenrych, Anders J. Hansen, Michael Bunce, e Morten E. Allentoft. 2021. «Ancient DNA Preserved in Small Bone Fragments from the P.W. Lund Collection». *Ecology and Evolution* 11 (5): 2064–71.
- Seglie, Dario, Renato Nisbet, e Piero Ricchiardi. 1990. «Insediamenti preistorici nel Pinerolese (Alpi Cozie, Italia): cronologia e collegamenti culturali». In *Actes V Colloque sur les Alpes dans l'Antiquité*, 351–67. Aosta.
- Siart, Christoph, e Bernhard Eitel. 2013. «Santorini tephra on Crete: a mineralogical record of Bronze Age environmental change». In *1600 – Cultural change in the shadow of the Thera-Eruption?*, 77–87.
- Slatkin, Montgomery, e Fernando Racimo. 2016. «Ancient DNA and Human History». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113 (23): 6380–87.
- Smith, Geoffrey M., Karen Ruebens, Virginie Sinet-Mathiot, e Frido Welker. 2024. «Towards a deeper integration of ZooMS and zooarchaeology at Palaeolithic sites: Current challenges and future directions». *PaleoAnthropology* 2: 186-211.
- Sobczak-Kupiec, Agnieszka, Anna Drabczyk, Wioletta Florkiewicz, Magdalena Głab, Sonia Kudłacik-Kramarczyk, Dagmara Słota, Agnieszka Tomala, e Bożena

- Tyliszczak. 2021. «Review of the Applications of Biomedical Compositions Containing Hydroxyapatite and Collagen Modified by Bioactive Components». *Materials* 14 (9): 2096.
- Solano-García, José A., e Anne-Marie Moigne. 2025. «Hunters of the “Mediterranean Triad”: Persistent and Intensive Exploitation of Faunal Resources during the Late Middle Pleistocene at Cueva Del Ángel (Lucena, Spain)». *Frontiers in Environmental Archaeology* 4 (marzo): 1517568.
- Sommer, R. S., e N. Benecke. 2006. «Late Pleistocene and Holocene Development of the Felid Fauna (Felidae) of Europe: A Review». *Journal of Zoology (London, England: 1987)* 269 (1): 7–19.
- Sommer, Robert S., Norbert Benecke, Lembi Lõugas, Oliver Nelle, e Ulrich Schmölcke. 2011. «Holocene Survival of the Wild Horse in Europe: A Matter of Open Landscape?». *Journal of Quaternary Science* 26 (8): 805–12.
- Spadoni, Elena, Sara Porro, Monica Bordegoni, Ilaria Arosio, Laura Barbalini, e Marina Carulli. 2022. «Augmented Reality to Engage Visitors of Science Museums through Interactive Experiences». *Heritage* 5: 1370–94.
- Starnini, Elisabetta, e Barbara Voytek. 1997. «The Neolithic chipped stone artefacts from the Bernabò Brea-Cardini excavations». In *Arene Candide: a functional and environmental assessment of the Holocene sequence excavated by L. Bernabò Brea (1940-50)*, 5:349–426. Il Calamo.
- Steele, Teresa E. 2015. «The contributions of animal bones from archaeological sites: the past and future of zooarchaeology». *Journal of archaeological science* 56 (aprile): 168–76.
- Steppan, Karlheinz. 2015. «Pferdejagd und Schweinemast. Die Tierknochenfunde aus der jungneolithischen Siedlung von Reute-Schorrenried, Lkr. Ravensburg». *Fundberichte aus Baden-Württemberg* 31: 29–88.
- Taramelli, Antonio. 1897. «Tracce dell’uomo neolitico in Valle di Susa». *Bull. Paletn. Ital.* XXIII: 101–36.
- . 1903. «La stazione neolitica Rumiano a Vayes in Valle di Susa». *Bull. Paletn. Ital.* XXIX: 102–36.
- Tecchiati, Umberto. 2012. «Il frutto di un buio seme: riflessioni sulla formazione del paesaggio antropizzato nel neolitico e nell’età del rame dell’alto bacino dell’Adige». *Atti dell’Accademia roveretana degli Agiati. A, Classe di scienze umane, lettere ed arti* 2 (1): 61–102.
- Tecchiati, Umberto. 2015. «I resti faunistici del Neolitico recente (III fase VBQ) di Maserà e Monselice (Padova)». In *Dinamiche insediative nel territorio dei Colli Euganei tra Paleolitico e Medioevo*, a cura di E. Bianchin Citton, S. Rossi, e P. Zanovello, 107–20.
- Tecchiati, Umberto, Lenny Salvagno, Alfonsina Amato, Martina De March, Alex Fontana, Stefano Marconi, Giulia Rinaldi, e Amedeo Luigi Zanetti. 2020. «Zooarchaeological Evidence of Functional and Social Differentiation in Northern Italy between the Neolithic and Bronze Ages». *Quaternary International: The Journal of the International Union for Quaternary Research* 539 (febbraio): 105–21.
- Tecchiati, Umberto, e Amedeo Luigi Zanetti. 2013. «I resti faunistici dell’abitato della prima fase dei Vasi a Bocca Quadrata di Bressanone-Stufles (BZ)». *Atti dell’Accademia roveretana degli Agiati. B, Classe di scienze matematiche, fisiche e naturali* 3 (gennaio): 193–264.
- Thevenot, Jean-Paul. 2005. *Le camp de Chassey (Chassey-le-Camp, Saône-et-Loire)*. ARTEHIS Éditions.
- Thirault, Éric. 2009. «Issues and perspectives of the alpine neolithic: The case of the maurienne (Savoie – France)». *Palethnologie*, gennaio.

- Thun Hohenstein, Ursula. 2012. «Resti di fauna dai pozzetti neolitici di Gazzo Veronese (VR) - loc. Scolo Gelmina: risultati preliminari dell'analisi tafonomia». In *7° Convegno Nazionale di Archeozoologia*, 8:23–23. Annali online. Sezione di museologia scientifica e naturalistica. ITA.
- Torres-Iglesias, Leire, Ana B. Marín-Arroyo, Frido Welker, e Marco de la Rasilla. 2024. «Using ZooMS to assess archaeozoological insights and unravel human subsistence behaviour at La Viña rock shelter (northern Iberia)». *Journal of archaeological science* 161: 105904.
- Travis, John. 2010. «Archaeologists See Big Promise In Going Molecular». *Science* 330 (ottobre): 28–29.
- UNESCO World Heritage Centre. 2011. «Prehistoric Pile Dwellings around the Alps». UNESCO World Heritage Centre. 2011. <https://whc.unesco.org/en/list/1363/>.
- Utzeri, Valerio Joe, Elisabetta Cilli, Francesco Fontani, Daniel Zoboli, Massimiliano Orsini, Anisa Ribani, Adriana Latorre, et al. 2023. «Ancient DNA Re-Opens the Question of the Phylogenetic Position of the Sardinian Pika *Prolagus Sardus* (Wagner, 1829), an Extinct Lagomorph». *Scientific Reports* 13 (1): 13635.
- Valk, Tom van der, Patrícia Pečnerová, David Díez-Del-Molino, Anders Bergström, Jonas Oppenheimer, Stefanie Hartmann, Georgios Xenikoudakis, et al. 2021. «Million-Year-Old DNA Sheds Light on the Genomic History of Mammoths». *Nature* 591 (7849): 265–69.
- Valletta, Francesco, Federica Fontana, Stefano Bertola, e Antonio Guerreschi. 2014. «The Mesolithic lithic assemblage of site VF1-sector III of Mondeval de Sora (Belluno, Italy). Economy, technology and typology». *Preistoria alpina* 10: 73–81.
- Vershinina, Alisa O., Joshua D. Kapp, Gennady F. Baryshnikov, e Beth Shapiro. 2020. «The Case of an Arctic Wild Ass Highlights the Utility of Ancient DNA for Validating Problematic Identifications in Museum Collections». *Molecular Ecology Resources* 20 (5): 1182–90.
- Visentini, Paola, Maria Bernabò Brea, Bernd Kromer, Leone Fasani, Luciano Salzani, Paola Salzani, e Sarha Talamo. 2004. «Preliminari considerazioni sulle ultime fasi del Neolitico dell'Italia Settentrionale alla luce dei recenti ritrovamenti e delle nuove datazioni assolute». *Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona. Geologia Paleontologia Preistoria* 28: 133–46.
- Walsh, Kevin, Juliette Knockaert, Katharina Dulias, Charline Giguet-Covex, Dianne Unsain, Sylvain Burri, Pierre Magniez, Alistair Pike, David Orton, e Florence Mocchi. 2023. «Bioarchaeological Approaches to Understanding the Long-Term Development of Mountain Societies». *Archaeological and Anthropological Sciences* 15 (12): 1–26.
- Wandeler, Peter, Paquita E. A. Hoeck, e Lukas F. Keller. 2007. «Back to the Future: Museum Specimens in Population Genetics». *Trends in Ecology & Evolution* 22 (12): 634–42.
- Watson, James Dewey, e Francis Harry Crick. 1953. «Molecular Structure of Nucleic Acids; a Structure for Deoxyribose Nucleic Acid». *Nature* 171 (4356): 737–38.
- Wells, E. Christian. 2014. «Biomolecular Archaeology: Definition». In *Encyclopedia of Global Archaeology*, 910–11. New York, NY: Springer New York.
- White, Lauren C., Kieren J. Mitchell, e Jeremy J. Austin. 2018. «Ancient Mitochondrial Genomes Reveal the Demographic History and Phylogeography of the Extinct, Enigmatic Thylacine (*Thylacinus Cynocephalus*)». *Journal of Biogeography* 45 (1): 1–13.
- Wilkins, Barbara. 2012. *Archeozoologia. Il Mediterraneo, la storia, la Sardegna*. Editrice Democratica Sarda.

- Willerslev, Eske, e Alan Cooper. 2005. «Ancient DNA». *Proceedings. Biological Sciences* 272 (1558): 3–16.
- Wright, Elizabeth. 2021. «Investigating Cattle Husbandry in the Swiss Late Neolithic Using Different Scales of Temporal Precision: Potential Early Evidence for Deliberate Livestock “Improvement” in Europe». *Archaeological and Anthropological Sciences* 13 (2): 36.
- Wu, H-L, C-C Tong, E. Li, e T-L Luo. 2012. «Insight into Gene Evolution within Cervidae and Bovidae through Genetic Variation in MHC-DQA in the Black Muntjac (*Muntiacus Crinifrons*)». *Genetics and Molecular Research: GMR* 11 (3): 2888–98.
- Yanenko, Anna. 2017. «A museum as a research and scientific centre for archaeological studies (Ukrainian Socialistic Soviet Republic museums experience in the 1920s – first half of 1930s)». *Acta Universitatis Lodzianis. Folia Archaeologica*, fasc. 31 (settembre): 219–41.
- Zanetti, Amedeo Luigi, Alex Fontana, e Umberto Tecchiati. 2020. «Osservazioni su ruolo e significato degli animali selvatici nel Neolitico e nell’Età del Rame dell’Italia nordorientale alla luce dell’archeozoologia». *Preistoria alpina* 50: 89–100.
- Zimmermann, Juergen, Mehrdad Hajibabaei, David C. Blackburn, James Hanken, Elizabeth Cantin, Janos Posfai, e Thomas C. Evans Jr. 2008. «DNA Damage in Preserved Specimens and Tissue Samples: A Molecular Assessment». *Frontiers in Zoology* 5 (1): 18.