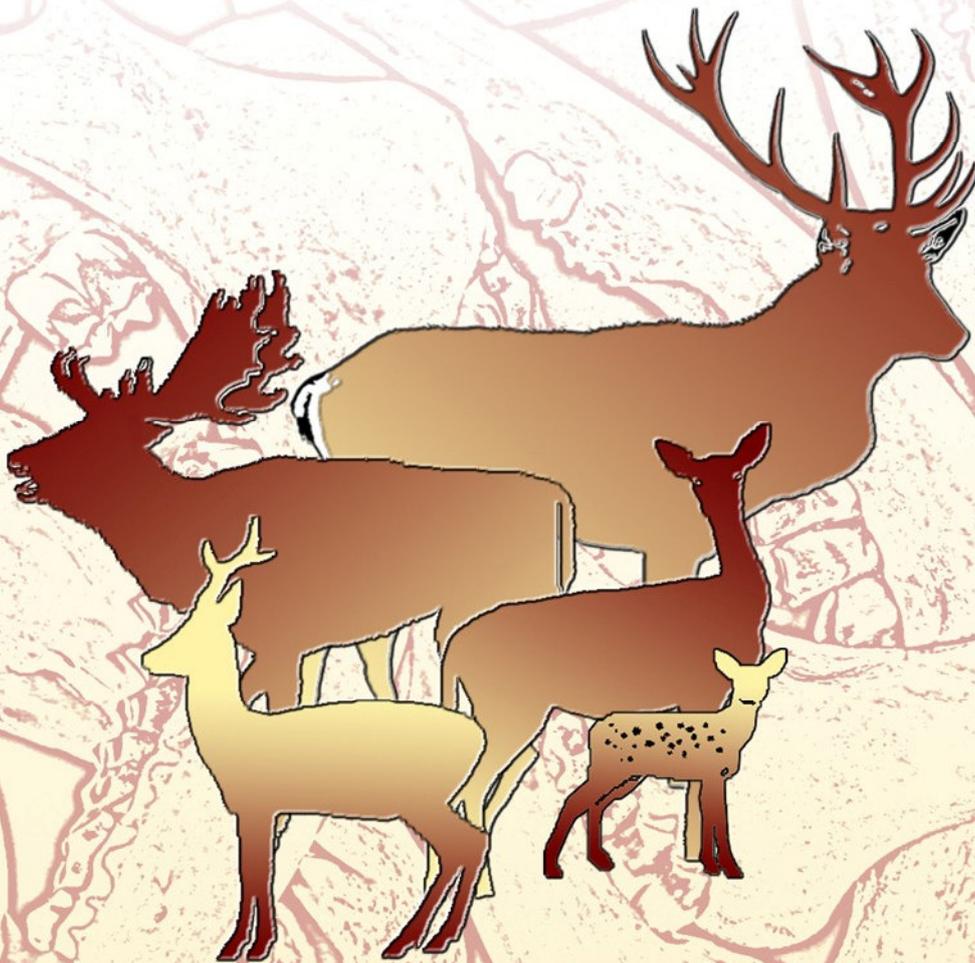




ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Valutazione dell'età nei Cervidi tramite esame della dentatura



MANUALI E LINEE GUIDA



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Valutazione dell'età nei Cervidi tramite esame della dentatura

**Come realizzare una guida per l'identificazione
delle classi di età**

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e le persone che agiscono per suo conto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo manuale.

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma
www.isprambiente.gov.it

ISPRA, Manuali e Linee Guida 90/2013
ISBN 978-88-448-0616-3

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

Grafica di copertina: Franco Iozzoli
Illustrazione e foto di copertina: Anna Maria De Marinis
Impaginazione: Anna Maria De Marinis

Coordinamento editoriale:

Daria Mazzella
ISPRA – Settore Editoria

La pubblicazione del presente volume è stata finanziata da ATC 16 Pistoia, D.R.E.Am. Italia Soc. Coop. Agr. For. di Pistoia e Federazione Italia della Caccia, Sezione G. Puccini, Pescia.



Stampato nel mese di aprile 2015
dalla tipografia TMB Stampa s.r.l. - Via Portuense, 155 - 00148 Roma

Autori

Anna Maria De Marinis (ISPRA), Silvano Toso (ISPRA)

Si prega di citare il documento con la seguente dicitura:

De Marinis A.M., Toso S., 2015. Valutazione dell'età nei Cervidi tramite esame della dentatura. Manuali e Linee guida n. 90/2013, ISPRA.

Autrice delle fotografie

Anna Maria De Marinis

Ringraziamenti

Si ringraziano:

- Agenti del Corpo Forestale della Provincia Autonoma di Trento; Associazione Cacciatori Trentini; ATC AR 1 Casentino e ATC AR 2 Val Tiberina; ATC SV 1 e ATC SV 3; Azienda Faunistico Venatoria C.I.T., Tredozio (Forlì - Cesena); Sandro Barabino; Luca Mattioli; Gabriele Meacci; Parco Nazionale dello Stelvio; Luca Pedrotti; Francesca Ronchi; Servizio Foreste e Fauna della Provincia di Trento; Servizio Tutela della Fauna, Caccia e Pesca della Provincia di Arezzo; Tenuta Presidenziale di Castelporziano (Segretariato Generale della Presidenza della Repubblica, Settore Tutela e Gestione Fauna e Nucleo operativo del Corpo forestale dello Stato) e URCA Provinciale di Arezzo per aver reso disponibili i campioni che hanno consentito la realizzazione di questo volume.
 - D.R.E.Am. Italia e l'ATC PT 16 per aver reso disponibili i campioni che hanno consentito la realizzazione di questo volume e in particolare Sandro Nicoloso per aver messo a disposizione i dati biometrici rilevati sulle mandibole dei cervi dell'Appennino tosco-emiliano e, insieme a Sandro Gugliatti, i campioni per realizzare la Figura 2.18 e la Tabella 2.4 e infine per aver fornito pratiche indicazioni, nel corso di numerosi incontri di analisi critica del testo, affinché il manuale sia di chiara e immediata lettura per qualsiasi operatore.
 - gli studenti Angela Aiolo, Cristina Gozzi, Valeria Marasco, Carmine Montedoro, Loredana Ricchiuti e Matias Villamil che hanno collaborato con entusiasmo e passione alla raccolta dati e in particolare Cristina e Matias che hanno anche attivamente partecipato alla preparazione di parte del materiale iconografico.
 - Mauro Delogu, Stefano Mattioli, Chiara Mercuriali e Paolo Montanaro per aver revisionato il testo.
 - Barbara Franzetti e Vittorio Guberti per aver fornito preziosi suggerimenti nel corso di numerosi incontri di analisi critica del testo e per aver contribuito a rendere il materiale iconografico ricco di dettagli informativi.
 - Elisabetta Raganella Pelliccioni per aver reso disponibili i campioni che hanno consentito la realizzazione di questo volume e per aver fornito tante proposte per rendere tabelle e grafici di facile lettura.
 - Lorenza Sorbini per aver collaborato all'elaborazione grafica della copertina.
-

INDICE

1. INTRODUZIONE	1
2. MANDIBOLE E DENTI	2
2.1 La mandibola	2
2.2 La dentatura	5
2.3 La formula dentaria	8
2.4 Le anomalie dentarie	8
2.5. Morfologia e anatomia del dente	10
2.5.1 <i>La corona</i>	11
2.5.2 <i>La radice</i>	16
SCHEDA 2.1 - Come determinare il sesso misurando la mandibola o singoli denti	19
3. STIMA O DETERMINAZIONE DELL'ETÀ?	21
3.1. Stima dell'età	21
3.1.1 <i>Stima dell'età ed eruzione</i>	21
3.1.2 <i>Stima dell'età e sviluppo dei denti</i>	24
3.1.3. <i>Stima dell'età e usura</i>	26
3.2 Determinazione dell'età	31
SCHEDA 3.1 - Dimensione della cavità del dente e valutazione dell'età	36
SCHEDA 3.2 - I canini superiori sono indicatori dell'età di un Cervo?	38
4. LA VALUTAZIONE DELL'ETÀ: UN PERCORSO AD OSTACOLI?	40
BIBLIOGRAFIA	42

1. INTRODUZIONE

La valutazione dell'età è un requisito essenziale per indagare molti aspetti della biologia dei Cervidi. L'attribuzione di un individuo abbattuto, catturato o rinvenuto morto a una classe di età consente, infatti, di analizzare in dettaglio fenomeni quali il rapporto tra i sessi, l'accrescimento corporeo, la maturità sessuale, la produttività, lo *status* sociale, la senescenza, la speranza di vita, la sopravvivenza della prole ecc.

La conoscenza della struttura di età di una popolazione, cioè della distribuzione degli individui per classe di età, è di importanza fondamentale per comprenderne la dinamica e studiarne l'evoluzione demografica, così da pianificare strategie e programmi gestionali più corretti sia a medio sia lungo termine, secondo un processo adattativo (Gaillard *et al.* 1998, Festa-Bianchet *et al.* 2003).

La costruzione di profili di età per i resti fossili o sub-fossili consente di gettare anche uno sguardo nel passato, in particolare sulle tecniche di caccia e di allevamento ed in generale sulle condizioni di vita degli insediamenti umani, fornendo dati importanti per il lavoro degli zooarcheologi (Sala 2006, Steele 2004).

Le metodologie per la valutazione dell'età dei Mammiferi sono numerose e diversificate (Morris 1972). Per quanto riguarda i Cervidi la valutazione viene di norma effettuata mediante l'esame della dentatura (Spinage 1973, Hillson 2005, Lyons *et al.* 2012).

Il presente volume si propone, in generale, di far conoscere il problema della valutazione dell'età e di mostrarne la complessità attraverso i dati raccolti sulle popolazioni italiane di Cervo (*Cervus elaphus*), Daino (*Dama dama*) e Capriolo (*Capreolus capreolus*) e i dati di letteratura. In particolare ha i seguenti obiettivi specifici.

- ▶ Descrivere le tecniche comunemente applicate per la valutazione dell'età, rilevandone le criticità (Capitolo 3).
- ▶ Studiare i fattori che compromettono la valutazione, evidenziandone le implicazioni gestionali (Capitolo 3).

Il raggiungimento di questi obiettivi richiede la conoscenza della morfologia e anatomia della mandibola. Il Capitolo 2 è quindi dedicato all'esame di tutti i caratteri specie-specifici che sono correlati con la valutazione dell'età.

2. MANDIBOLE E DENTI

La valutazione dell'età di un Cervide tramite esame della dentatura presuppone la conoscenza della morfologia e dell'anatomia dei denti. Facendo riferimento alla sola arcata dentale inferiore (quella che di solito viene esaminata per la valutazione dell'età), si fornisce di seguito una descrizione comparativa dei principali caratteri della dentatura delle specie italiane di Cervidi.

2.1 La mandibola

Il termine mandibola non ha un significato univoco in anatomia veterinaria o in anatomia comparata dei Vertebrati. La mandibola, infatti, viene definita sia come osso pari sia come osso impari. Di conseguenza vengono usati i termini mandibola destra o sinistra oppure emimandibola destra o sinistra (Kierdorf 2011). Nel presente lavoro si è scelta la definizione di mandibola come osso pari e asimmetrico (Barone 1999), e quindi nel testo verranno usati i termini mandibola destra e sinistra.

La mandibola (Fig. 2.1) è l'unico osso mobile della testa ed è costituito da:

- ▶ una parte orizzontale, il cosiddetto corpo, su cui si impiantano i denti e che si unisce rostralmente alla mandibola del lato opposto;
- ▶ una parte verticale, la cosiddetta branca, su cui si inseriscono i muscoli masticatori e che si articola con l'osso temporale.

La giunzione delle due parti è segnata, caudalmente, da una sporgenza più o meno marcata detta angolo mandibolare. La parte incisiva della mandibola si articola, senza saldarsi, con quella del lato opposto, andando a formare la sinfisi mandibolare (Fig. 2.2).

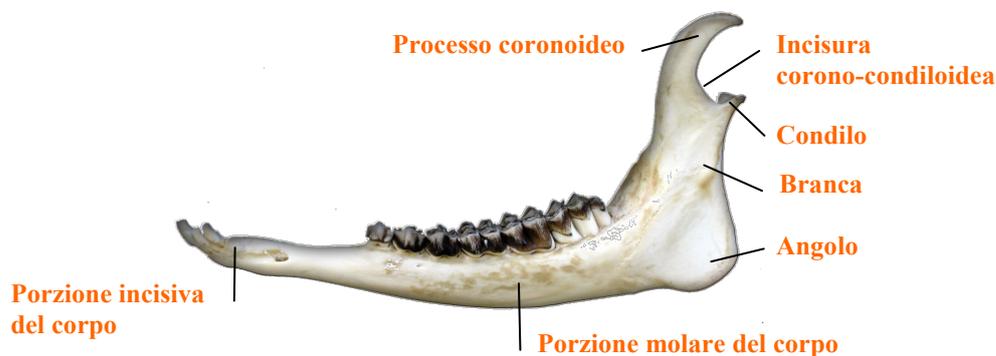


Figura 2.1 - Mandibola di Cervide (Daino).

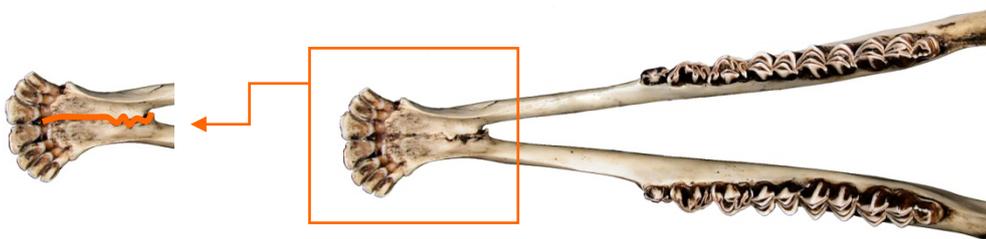


Figura 2.2 - Sinfisi mandibolare (Cervo).

La dimensione e in particolare la conformazione della branca mandibolare distinguono tra loro le mandibole dei Cervidi (Fig. 2.3).

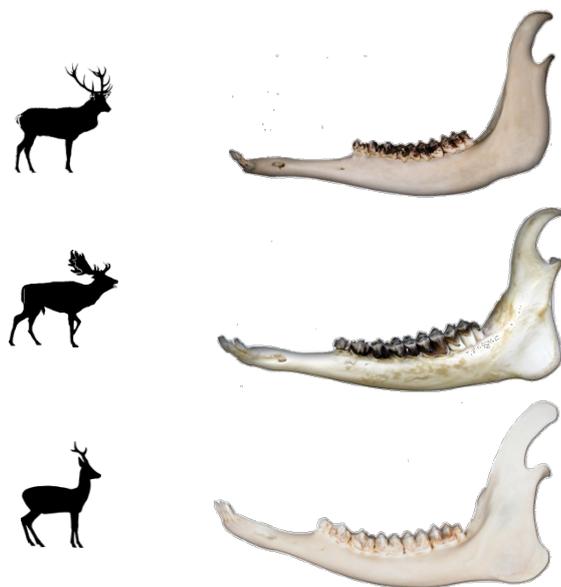


Figura 2.3 - Morfologia della mandibola (immagini non rappresentate nello stesso rapporto di scala) delle specie italiane di Cervidi: Cervo, Daino e Capriolo (dall'alto in basso).

L'accrescimento della mandibola viene completato ad età diverse, a seconda della specie e del sesso. Nel Cervo, caratterizzato da un forte dimorfismo sessuale, ossia da una forte differenza morfologica e dimensionale tra i sessi, le femmine completano prima dei maschi l'accrescimento della mandibola: ad esempio, sull'Appennino tosco-emiliano, a circa 4-5 anni di età, mentre i maschi lo completano a circa 6-7 anni (Fig. 2.4).

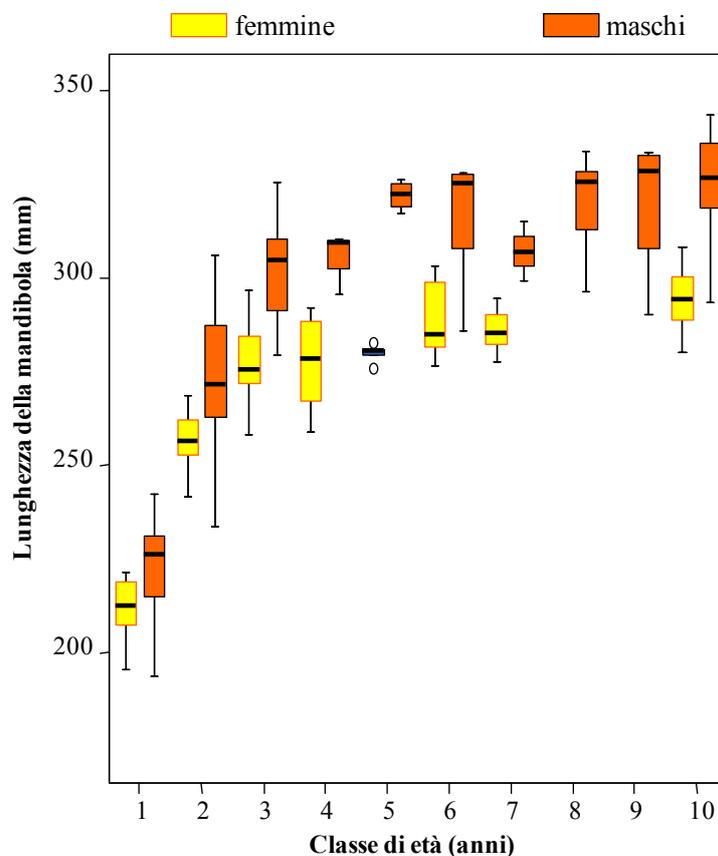


Figura 2.4 - Diagramma a scatola della lunghezza della mandibola in funzione della classe di sesso e di età in un campione di 88 femmine e 92 maschi di Cervo proveniente dall'Appennino tosco-emiliano.

Nel Capriolo, caratterizzato invece da un debole dimorfismo sessuale, l'accrescimento della mandibola si completa più o meno nella medesima classe di età in entrambi i sessi: ad esempio, in provincia di Bologna, a circa 2 anni di età (Mattioli e Spada 2009).

Nell'ambito della stessa specie, il tasso di accrescimento della mandibola è influenzato da fattori densità-dipendenti e densità-indipendenti e varia in relazione alla popolazione e, nella stessa popolazione, in relazione alla coorte (cfr. Hewison *et al.* 1996, Azorit *et al.* 2003).

Le misure rilevabili su una mandibola possono essere utilizzate come parametri o indici per monitorare diverse tipologie di fenomeni allo scopo di pianificare adeguate strategie di gestione, come illustrato dai seguenti esempi.

Nel Daino è stata studiata l'asimmetria fluttuante nelle dimensioni della mandibola in individui di età inferiore a 1,5 anni (Serrano *et al.* 2008). Per asimmetria fluttuante si intendono le piccole differenze casuali che si riscontrano nelle dimensioni tra mandibola destra e sinistra. Si è potuto constatare che l'asimmetria cresce all'aumentare della densità di popolazione e risulta più evidente nei maschi. Lo *stress* correlato con elevati livelli di densità influenza il grado di asimmetria fluttuante sia negli esemplari in condizioni fisiche più modeste sia in quelli in condizioni relativamente migliori. Il grado di asimmetria nelle dimensioni tra mandibola destra e sinistra può essere utilizzato per indicizzare lo *stress* ambientale (Serrano *et al.* 2008) e quindi per monitorare indirettamente le variazioni dell'*habitat*, in termini di quantità e qualità delle risorse.

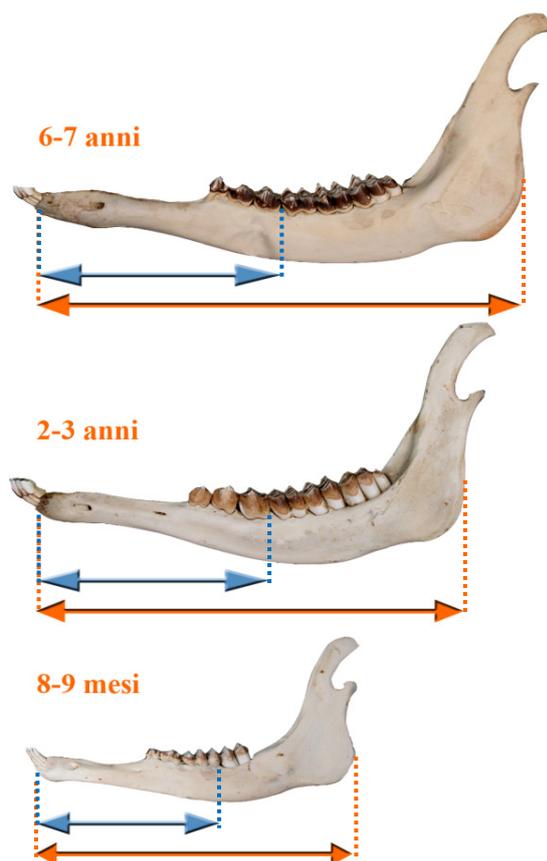


Figura 2.5 - Proporzioni della mandibola [rapporto tra la lunghezza della parte anteriore (freccia blu) e la lunghezza totale (freccia arancione)] nei maschi di Cervo in una popolazione dell'Appennino tosco-emiliano in relazione alla classe di età.

Nel Cervo è stato rilevato che le proporzioni della mandibola variano con l'età dell'animale (Langvatn *et al.* 2004). Le proporzioni sono state calcolate come rapporto tra la lunghezza della parte anteriore (misurata dall'alveolo del primo incisivo, lato labiale, al punto più posteriore dell'alveolo del quarto premolare, lato buccale) e la lunghezza totale (misurata dall'alveolo del primo incisivo, lato labiale, al processo angolare). Questo rapporto è pari a 0,75-0,80 nello stadio fetale e diminuisce progressivamente negli anni successivi fino a raggiungere il valore di 0,50 a circa 5 anni di età, dopodiché rimane costante per il resto della vita (Fig. 2.5; per una descrizione della terminologia si rimanda al paragrafo 2.5). Le proporzioni della mandibola sono correlate significativamente con il peso corporeo fino a 2 anni di età e differiscono da una coorte all'altra; dopo i 5 anni di età non è stata registrata alcuna relazione tra le proporzioni della mandibola e il peso corporeo e non è stata individuata alcuna prova che le proporzioni definitive della mandibola siano condizionate dalla coorte in termini di densità e condizioni climatiche. È stato ipotizzato che le variazioni nelle proporzioni della mandibola svolgano un preciso ruolo nell'influencare la capacità di selezione delle risorse alimentari in corrispondenza di fasi diverse dello sviluppo corporeo.

Nel Capriolo, la lunghezza della porzione medio-anteriore della mandibola può addirittura fornire indicazioni sulle condizioni di vita prenatale di ciascuna coorte (Høye e Forchhammer 2006). Questa porzione si misura dal margine posteriore del foro mentoniero al margine posteriore dell'ultimo premolare. Il suo accrescimento si svolge essenzialmente *in utero* e raggiunge il 95%

delle dimensioni finali nei primi 2-4 mesi dopo la nascita. Si evidenzia che l'effetto coorte influenza le dimensioni corporee, le possibilità di sopravvivenza, il successo riproduttivo degli adulti e quindi la dinamica stessa dell'intera popolazione (Hewison *et al.* 1996, Gaillard *et al.* 1997, 2003).

2.2 La dentatura

I Cervidi hanno una dentatura eterodonte, cioè costituita da denti di forma, dimensione e funzione differenti (Fig. 2.6):

- ▶ incisivi (I), a forma di spatola o scalpello, con dimensioni decrescenti, procedendo centro-distalmente, atti ad afferrare e tagliare;
- ▶ canini (C), simili agli incisivi sia nella forma sia nella funzione;
- ▶ premolari (P) e molari (M) atti a frantumare e tritare; hanno una conformazione complessa così da rendere più efficiente la masticazione, e dimensioni crescenti procedendo dal primo all'ultimo; i premolari sono, comunque, più piccoli e morfologicamente più semplici dei molari.

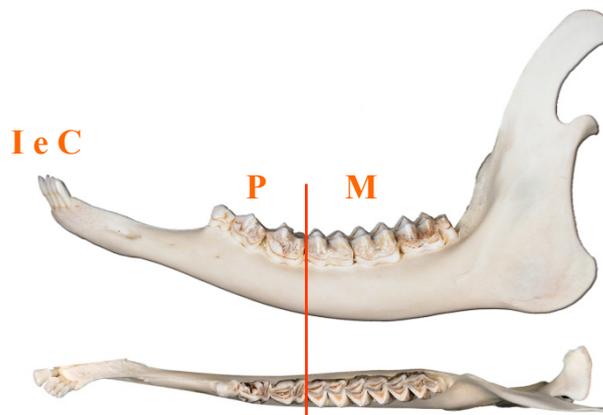


Figura 2.6 - Mandibola di Capriolo con dentatura eterodonte.

Nei Cervidi la lunghezza della fila dei denti (premolari e molari) non rimane costante nel corso della vita, ma tende a diminuire al procedere dell'usura. Per garantire una superficie occlusale sempre continua e compensare l'usura della corona è stato ipotizzato un movimento in senso mesiale dei denti dovuto a processi contrapposti di deposizione e riassorbimento del tessuto osseo a livello degli alveoli che determinano una pressione sulle radici in direzione del secondo premolare (cfr. Anderson *et al.* 1974, Rees *et al.* 1966).

Osservando l'arcata inferiore, si può notare che i canini sono distanziati dai premolari. Questa interruzione nell'arcata dentale viene indicata con il termine di diastema.

Nel Daino, l'altezza e la lunghezza del diastema forniscono una misura della robustezza della mandibola che sembra essere un indice della qualità dell'*habitat* migliore di quanto siano le misure relative alle dimensioni corporee (Nugent e Frampton 1994). Analogamente nel Cervo la lunghezza del diastema, unita alla lunghezza posteriore della mandibola (data dalla differenza tra la lunghezza totale della mandibola e quella del diastema) e al peso eviscerato (secondo Langvatn, 1977), costituiscono un indice affidabile dei cambiamenti della qualità dell'*habitat* (Bertouille e De Crombrughe 1995) sia a breve (quando si esaminano le femmine di età $\leq 1,5$ anni) sia a lungo termine (quando si esaminano le femmine di età ≥ 4 anni).

La dentatura dei Cervidi è inoltre:

- ▶ tecodonte, ossia i denti sono infissi negli alveoli;
- ▶ difiodonte, ossia si hanno due successive generazioni di denti.

La prima dentizione è costituita da denti decidui, mentre la seconda è formata da denti permanenti che prendono il posto di quelli decidui. I molari, diversamente dagli altri denti, sono permanenti e dopo l'eruzione non vengono sostituiti. Il tempo necessario alla sostituzione della dentatura è specie-specifico.

Tra i Cervidi, il Cervo e il Daino sono caratterizzati da un forte dimorfismo sessuale. Le dimensioni medie della mandibola dei maschi superano quelle delle femmine di circa il 10% nel Cervo (Fig. 2.4) e il 7% nel Daino (Chapman e Chapman 1970, Nugent 1989). Un analogo dimorfismo non si riscontra, invece, nelle dimensioni dei denti (Dong 1993). I cervi maschi, infatti, possiedono premolari e molari di dimensioni inferiori a quanto ci si potrebbe aspettare in relazione alle loro dimensioni corporee, come si può rilevare da un confronto tra maschi e femmine di 8-10 anni di età, ossia tra individui che hanno ormai terminato l'accrescimento della mandibola (Fig. 2.7). La lunghezza della fila dei denti dell'arcata molare inferiore non varia in funzione del sesso.

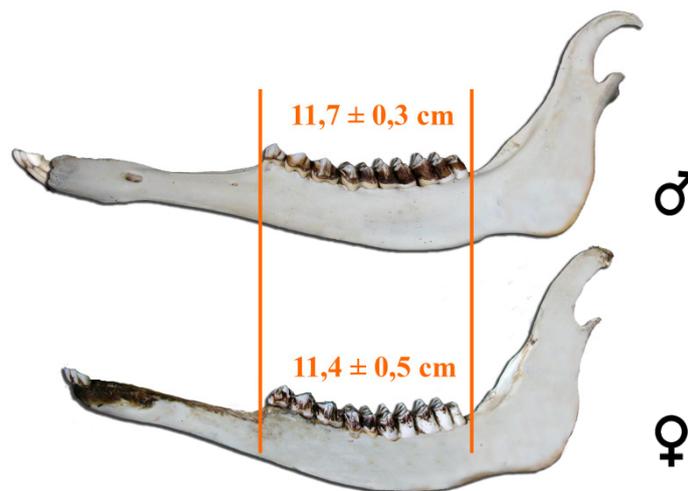


Figura 2.7 - Lunghezza della fila dei denti (media \pm deviazione standard) in maschi ($n=10$) e femmine ($n=10$) di Cervo di 8-10 anni di età provenienti dall'Appennino tosco-emiliano.

Denti relativamente piccoli che non possono conservare a lungo la loro funzionalità sono stati associati a una vita riproduttiva più breve e a una minore longevità, tipiche dei maschi nei sistemi riproduttivi poliginici (Toïgo e Gaillard 2003, Carranza *et al.* 2004, Carranza e Pérez-Barbería 2007). I cervi maschi hanno un tasso di usura superiore rispetto a quello mostrato dalle femmine e, nonostante il tasso di usura diminuisca all'aumentare dell'età, nei maschi rimane comunque più elevato, anche oltre i 10 anni di vita (Loe *et al.* 2003). L'elevato tasso di usura dei maschi è stato correlato non solo al diverso rapporto tra le dimensioni corporee e le dimensioni dei denti, ma anche al diverso fabbisogno energetico e alla diversa selezione delle risorse alimentari. I cervi maschi, avendo un ruminante più grande, estraggono più efficacemente energia dalle fibre e, quindi, possono consumare foraggio anche di minore qualità. Le femmine, invece, utilizzano prevalentemente risorse alimentari di qualità superiore (Staines *et al.* 1982, Nussey *et al.* 2007). I maschi e le femmine sfruttano risorse alimentari diverse, sia in termini qualitativi che quantitativi, frequentando *habitat* diversi (Mysterud 2000, Loe *et al.* 2003, Carranza *et al.* 2004).

Nei maschi è stata anche osservata una relazione positiva tra usura dei denti e dimensioni corporee, nel senso che i maschi con denti più usurati hanno anche una massa corporea maggiore e palchi di grandi dimensioni (Carranza *et al.* 2008). Solo nei maschi di età superiore a 9 anni, l'usura della dentatura è generalmente associata a palchi di minori dimensioni; nelle femmine, invece, la relazione tra usura dei denti e dimensioni corporee diventa negativa soltanto negli esemplari di età superiore a 13 anni (Carranza *et al.* 2008). Pertanto, la relazione tra grado di usura e condizioni fisiche dovrebbe essere sempre considerata anche in funzione del sesso, sia a livello individuale sia di popolazione.

Analogamente a quanto visto per il Cervo, la misurazione dell'altezza della corona di I₁ nel Daino in funzione dell'età ha evidenziato nel corso del presente lavoro che il tasso di usura a cui è soggetta la corona è minore nelle femmine (Fig. 2.8).

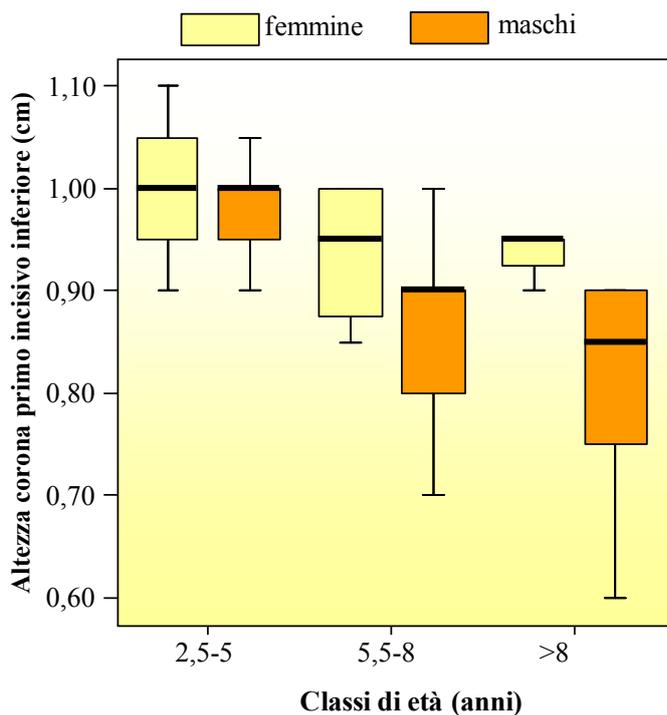


Figura 2.8 - Diagramma a scatola dell'altezza della corona del primo incisivo inferiore in funzione della classe di sesso e di età in un campione di 60 maschi e 29 femmine di Daino di ambiente mediterraneo.

(Høye 2006). In Francia, sebbene siano stati ottenuti analoghi risultati per quanto riguarda le differenze nella velocità di progressione dell'usura tra popolazioni, i maschi, invece, mostrano un tasso di usura simile a quello delle femmine (Hewison *et al.* 1999, Veiberg *et al.* 2007b). Inoltre, in Francia e in Inghilterra (White 1974, Ashby e Henry 1979) è stato rilevato che l'altezza iniziale delle cuspidi di M_1 è simile tra i sessi, mentre varia tra le popolazioni (Hewison *et al.* 1999, Veiberg *et al.* 2007b). In conclusione, la velocità di usura può essere praticamente la medesima, ma il grado di usura presentato dai molari in corrispondenza di una determinata classe di età può essere diverso in funzione dell'altezza iniziale dei molari, caratteristica di ciascuna popolazione. L'evoluzione della ipsodontia (denti con corona alta) sembra correlata con le variazioni ambientali che hanno determinato una riduzione della qualità del foraggio (cfr. Fortelius *et al.* 2002, Damuth e Janis 2011). Oltre la qualità dell'*habitat* anche la longevità sembra correlata con le dimensioni dei denti, laddove la longevità è elevata l'altezza dei molari è maggiore (Veiberg *et al.* 2007b).

Tabella 2.1 - Stadio di usura dei denti dell'arcata molare per classe di sesso ed età su mandibole di Daino di ambiente mediterraneo. Le immagini delle mandibole non sono rappresentate nel medesimo rapporto di scala.

Sesso	Classe di età 7 - 8 anni	Classe di età 10 - 11 anni
		
		

2.3 La formula dentaria

La formula dentaria indica il numero e la posizione di ciascun tipo di dente presente su di un lato delle due arcate (Tab. 2.2). È costituita da lettere e numeri. Le lettere corrispondono all'iniziale del nome di ciascun tipo di dente e sono minuscole per i denti decidui e maiuscole per i permanenti (i, c, p oppure I, C, P, e M). I numeri indicano quanti denti di ciascun tipo sono presenti su di un lato dell'arcata superiore e inferiore. Nella formula si inseriscono nell'ordine incisivi, canini, premolari e molari. È possibile, pertanto, scrivere una formula dentaria anche omettendo le lettere, dal momento che l'ordine in cui i denti vengono elencati è sempre il medesimo. Il numero totale dei denti è pari al doppio del valore risultante dalla somma dei numeri riportati nella formula, poiché questa si riferisce soltanto a un lato delle due arcate.

Tabella 2.2 - Formula dentaria per la dentatura decidua e permanente nelle specie italiane di Cervidi.

SPECIE	FORMULA DENTARIA (dentatura decidua)	N. denti	FORMULA DENTARIA (dentatura permanente)	N. denti
	$i \frac{0}{3} \quad c \frac{1}{1} \quad p \frac{3}{3} \quad m \frac{0}{0}$	22	$I \frac{0}{3} \quad C \frac{1}{1} \quad P \frac{3}{3} \quad M \frac{3}{3}$	34
	$i \frac{0}{3} \quad c \frac{0}{1} \quad p \frac{3}{3} \quad m \frac{0}{0}$	20	$I \frac{0}{3} \quad C \frac{0}{1} \quad P \frac{3}{3} \quad M \frac{3}{3}$	32
	$i \frac{0}{3} \quad c \frac{0}{1} \quad p \frac{3}{3} \quad m \frac{0}{0}$	20	$I \frac{0}{3} \quad C \frac{0}{1} \quad P \frac{3}{3} \quad M \frac{3}{3}$	32

Quando ci si riferisce a un singolo dente si utilizza una lettera corrispondente alla lettera iniziale del nome di quel tipo di dente seguita da un numero che ne indica la posizione sull'arcata dentale. Scrivere il suddetto numero in apice o in pedice consente di fare riferimento, rispettivamente, all'arcata superiore o inferiore. Ad esempio, volendo indicare il secondo premolare deciduo superiore si scrive p_2^2 , mentre volendo riferirsi al secondo premolare permanente inferiore si scrive P_2 .

La dentatura dei Cervidi è caratterizzata da una riduzione nel numero dei denti in confronto alla dentatura di Mammiferi evolutivamente primitivi e da una loro specializzazione nella struttura e nella forma in relazione a una dieta tipicamente erbivora (Fortelius 1985).

Come in tutti i Ruminanti un robusto cercine fibroso rivestito di una mucosa ispessita (cuscinetto dentale) sostituisce gli incisivi superiori e si contrappone agli incisivi e ai canini inferiori.

I canini superiori sono raramente osservabili nel Capriolo [5-7% dei casi secondo Borg (1985), Chaplin e Atkinson (1968)] e quasi mai nel Daino [meno dell'1% dei casi secondo Stoddart (1973)], mentre sono presenti nel Cervo, sebbene in forma rudimentale.

Nella dentatura dei Cervidi ci sono solo sei premolari per ciascuna arcata, mentre la dentatura dei primi Mammiferi ne comprendeva otto. Tenendo quindi conto che nei Cervidi il primo premolare è andato incontro a regressione nel corso dell'evoluzione, nei testi di anatomia i restanti premolari sono indicati utilizzando i numeri 2, 3 e 4. Nel presente lavoro viene utilizzata questa numerazione: i premolari decidui dell'arcata inferiore saranno indicati come p_2 , p_3 e p_4 , e i corrispondenti premolari permanenti come P_2 , P_3 e P_4 . Si fa presente che, nella pratica gestionale, questi premolari sono, invece, erroneamente indicati con i numeri 1, 2 e 3.

2.4 Le anomalie dentarie

Nella dentatura dei Cervidi si registrano occasionalmente anomalie dentarie consistenti in variazioni nel numero, nella forma e nella posizione dei denti oppure nella presenza di denti che sono scomparsi nel corso dell'evoluzione, come ad esempio P_1 .

Tabella 2.3 - Frequenza delle principali anomalie dentarie, espressa in numero di casi osservati (n) e relativa percentuale (%) sul totale degli individui esaminati (N), in alcune popolazioni di Cervo e Capriolo.

ANOMALIA	CERVO			CAPRIOLO				
	n (%)	N	Località	Autore	n (%)	N	Località	Autore
Denti incisiviiformi soprannumerari	2 (0,2)	875	Spagna	Azorit <i>et al.</i> 2002b	2	2	Germania	Stroh 1922
	1	1	Germania	Kierdorf e Kierdorf 2002	1 (0,04)	2.603	Germania	Stubbe 1965
Presenza di P ₁					1 (0,02)	c.6.000	Germania	Meyer 1975
					1	1	Germania	Lutz 1992
P soprannumerari					12 (0,07)	16.177	Cecoslovacchia	Zima 1988
					1	1	Germania	Meyer 1985
Rotazione di I e P					7 (0,04)	16.177	Cecoslovacchia	Zima 1988
					1	1	Germania	Kierdorf e Kierdorf 1993
Modificazione di I e M					4 (0,9)	432	Polonia	Markowski e Markowska 1990
					1	1	Germania	Kierdorf e Kierdorf 1988
M ₃ soprannumerario					1	1	Germania	Kierdorf 2001
					1 (0,2)	432	Polonia	Markowski e Markowska 1990
Assenza di M ₃					1	1	Polonia	Kierdorf 1997
					1 (0,006)	16.177	Cecoslovacchia	Zima 1988
Radici soprannumerarie per P e M					2	2	Germania	Meyer 1977
					1 (0,9)	114	Germania	Kreie e Vauk 1991
					2 (0,5)	432	Polonia	Markowski e Markowska 1990
					35 (0,2)	16.177	Cecoslovacchia	Zima 1988

La Tabella 2.3 riporta la frequenza delle principali anomalie dentarie registrate su mandibole di Cervo e Capriolo. A riguardo, va notato che in quasi la metà dei casi elencati in questa tabella i dati si riferiscono alla semplice descrizione delle anomalie su singoli esemplari e non allo studio della loro frequenza su di un campione di dimensioni note.

Nei Cervidi, in generale, le anomalie dentarie sono state osservate più frequentemente sull'arcata inferiore rispetto alla superiore, ma con ogni probabilità questo dato è viziato dal fatto che gli studi sono stati condotti preferenzialmente su mandibole e non su crani.

Casi eccezionali di anomalie dentarie sono stati pubblicati da Stroh (1922) che ha osservato 2 file di denti incisiviformi sulle mandibole di due caprioli per un totale di 17 e 16 denti incisiviformi per individuo.

Le frequenze di alcune anomalie dentarie registrate in Spagna da Azorit e collaboratori (2002b) per il Cervo (Tab. 2.3) risultano più elevate in confronto a quelle normalmente riportate per altre specie di Cervidi e sono, invece, piuttosto simili a quelle registrate per alcuni Ungulati domestici che vivono nella medesima area. Le anomalie dentarie sono più comuni nelle forme domestiche a causa della selezione artificiale (Miles e Grigson 1990). L'elevata incidenza delle anomalie in Spagna è stata messa in relazione con il tipo di gestione a cui sono sottoposte queste popolazioni, confinate all'interno di grandi riserve di caccia recintate e intensamente sfruttate per l'attività venatoria.

Nel Daino è stata registrata l'assenza del terzo incisivo inferiore e del canino in alcune popolazioni della Gran Bretagna, con percentuali piuttosto diverse le une dalle altre: da un minimo di 1,8% (Jackson 1974) a un massimo di 18% (Chapman e Chapman 1997). In quest'ultimo caso, la popolazione studiata mostra anche altre anomalie dentarie quali la presenza del canino superiore nel 25% dei nuovi nati; tale percentuale scende al di sotto dell'1% nei primi mesi di vita a causa della perdita di questo dente, lungo solo pochi millimetri e con radice aperta (Chapman e Chapman 1997). Questa popolazione vive all'interno di un parco recintato nei pressi di Londra e probabilmente fattori genetici (*inbreeding*) e ambientali hanno influenzato la frequenza di queste anomalie.

Le anomalie dentarie, infatti, sono in gran parte di origine genetica o quantomeno coinvolgono meccanismi di tipo genetico. L'analisi di queste anomalie può essere, quindi, utile nell'ambito di indagini riguardanti popolazioni che si ipotizza siano state introdotte dall'uomo (Miles e Grigson 1990). Queste popolazioni, a causa dell'effetto fondatore, potrebbero, infatti, presentare un maggior numero di anomalie dentarie. Anche i fattori ambientali, come la scarsa disponibilità di risorse alimentari, possono contribuire all'insorgere delle anomalie dentarie.

E' stato osservato che le anomalie, insieme alla perdita o rottura dei denti nonché a fenomeni di malocclusione, riducono la funzionalità degli stessi denti e contribuiscono ad aumentarne il tasso di usura e quindi, in ultima analisi, agiscono sulle condizioni fisiche dell'individuo, soprattutto in situazioni di *stress*, quali quelle determinate da avverse condizioni climatiche. Ad esempio, quando la copertura nevosa è elevata, i cervi sono costretti a consumare anche risorse di qualità inferiore che richiedono un'efficiente masticazione; di conseguenza gli individui con una dentatura non in buone condizioni, in particolare quelli non più giovani e/o non in salute, possono subire pericolose diminuzioni di peso (Loe *et al.* 2006). Studi condotti in Norvegia hanno rivelato che sono soprattutto le femmine di Cervo a risentire degli effetti negativi connessi con una dentatura non pienamente efficiente, dal momento che hanno una aspettativa di vita più lunga e sono quindi maggiormente esposte a questi effetti negativi che peraltro si accumulano negli anni (Loe *et al.* 2006). Questo fenomeno può invece avere minore rilevanza nelle popolazioni composte da un'elevata proporzione di giovani (nuclei di nuova formazione o soggetti a una pressione venatoria scorretta).

2.5 Morfologia e anatomia del dente

Ciascun dente (Fig. 2.9) risulta costituito da:

- ▶ una corona, corrispondente alla parte visibile del dente che sporge dalla gengiva, utile alla masticazione;
- ▶ una radice, racchiusa nell'alveolo osseo, utile a mantenere il dente nella sua posizione, garantendo resistenza alle forze prodotte dalla masticazione e dall'occlusione e fornendo vasi sanguigni e nervi attraverso il forame dell'apice del dente.

Il colletto coincide con la zona di confine tra corona e radice, dove lo smalto della corona sfuma nel cemento della radice, in corrispondenza del piano gengivale.

Il legamento periodontale o parodontale, situato tra l'osso alveolare e la radice del dente, contribuisce a tenere fisso ogni dente nel proprio alveolo, consentendogli però lievi movimenti, per distribuire le tensioni che si sviluppano durante la masticazione; questa mobilità è particolarmente pronunciata negli incisivi dei Ruminanti. Il legamento periodontale è un tessuto connettivo ricco di capillari e nervi soprattutto in vicinanza del cemento. L'innervazione riveste una funzione importante per la propriocettività necessaria alla masticazione.

La giunzione alveolo-dentaria viene descritta come un particolare tipo di articolazione detto gonfosi.

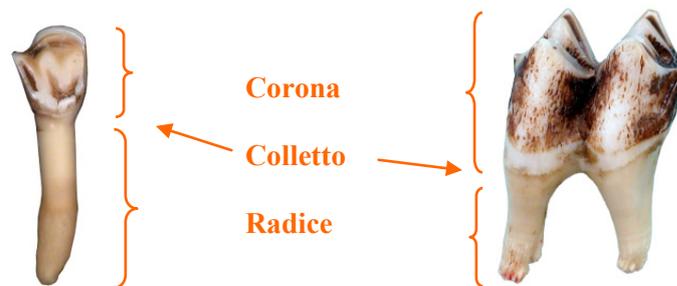


Figura 2.9 - Corona, colletto e radice in un incisivo e un molare dell'arcata dentale inferiore di un Cervo. I denti non sono stati estratti dalla stessa mandibola e le immagini non sono rappresentate con il medesimo rapporto di scala.

2.5.1 La corona

Nella corona si possono distinguere 5 facce o superfici (Figg. 2.10 e 2.11):

- ▶ vestibolare, rivolta verso la guancia (buccale e labiale sono in pratica sinonimi di vestibolare, buccale viene solitamente usato per premolari e molari, mentre labiale per incisivi e canini);
- ▶ linguale, rivolta verso la cavità orale, più precisamente verso la lingua, nel caso dei denti inferiori;
- ▶ mesiale, tra denti adiacenti, più vicina alla sinfisi mandibolare e opposta alla superficie distale;
- ▶ distale, tra denti adiacenti, più lontana dalla sinfisi mandibolare e opposta alla superficie mesiale;
- ▶ di occlusione, in contatto con il dente antagonista e coinvolta nella masticazione.

Se la superficie è molto ridotta si parla più propriamente di margine e non di faccia (Hillson 2005). Nel caso degli incisivi, ad esempio, quando il dente è vergine, si parla di margine di occlusione, allorché la corona viene intaccata dall'usura il margine si trasforma in faccia di occlusione.

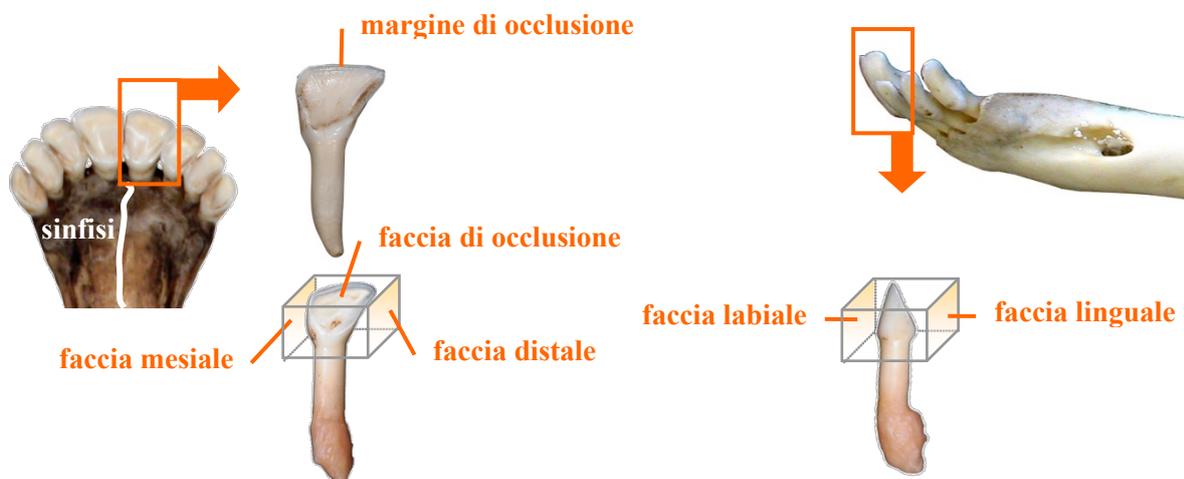


Figura 2.10 - Facce o margini sulla corona di I_1 in Cervidi di classi di età diverse. I denti non sono stati estratti dalla mandibola fotografata e le immagini non sono rappresentate con lo stesso rapporto di scala.

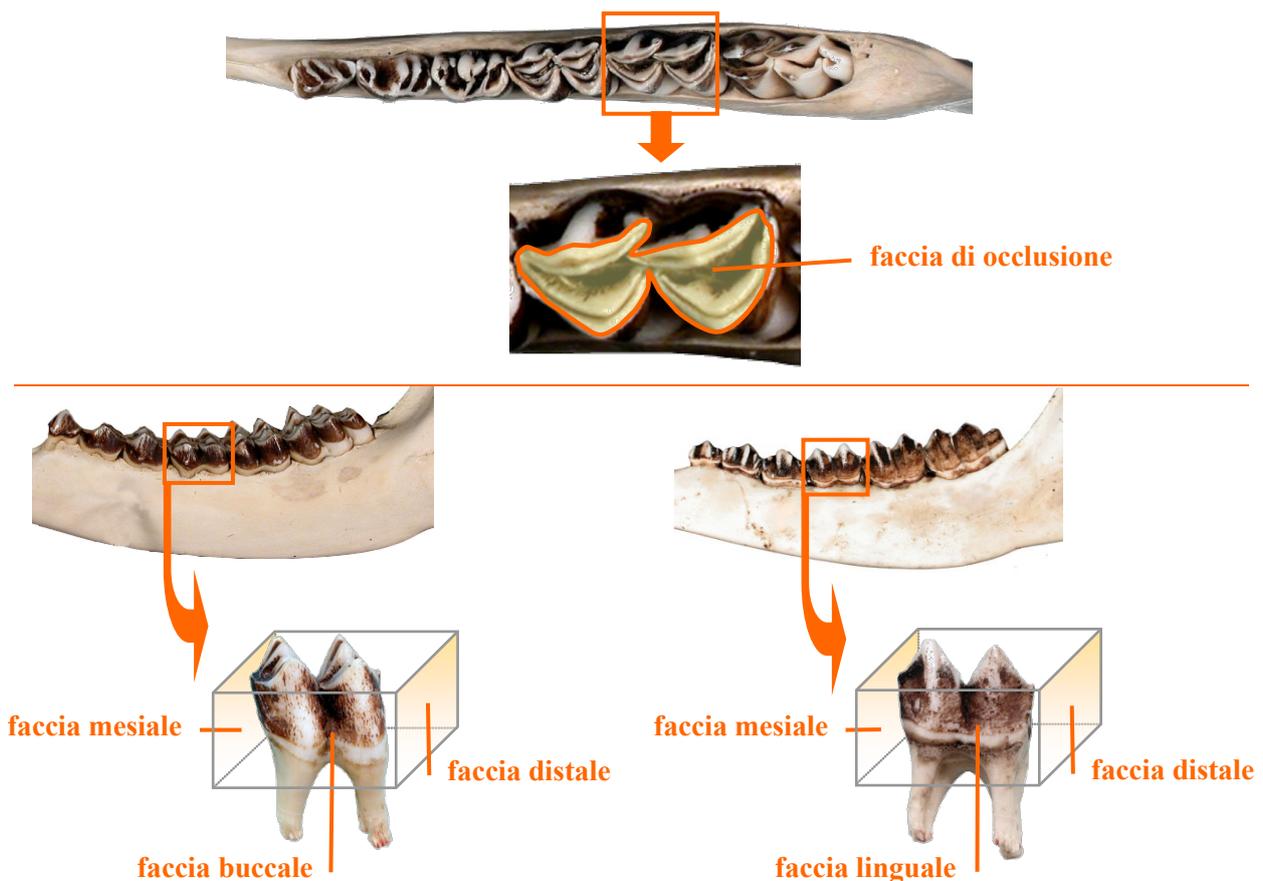


Figura 2.11 - Facce sulla corona di M_2 (in alto) e M_1 (in basso) in Cervidi di classi di età diverse. I denti non sono stati estratti dalla mandibola fotografata e le immagini non sono rappresentate con lo stesso rapporto di scala.

La corona dei molari presenta protuberanze sporgenti dette cuspidi, delimitanti cavità (infundiboli) di solito riempite da resti di cibo (Fig. 2.12). In generale, le cuspidi hanno dimensione e forma diverse a seconda della dieta dell'animale. Nei Cervidi i molari sono detti selenodonti perché hanno cuspidi con creste che con l'usura assumono un disegno a mezzaluna, orientato mesio-distalmente. La superficie di occlusione dei denti selenodonti contribuisce a ottimizzare l'efficienza della masticazione in animali con alimentazione erbivora.

Lo studio sistematico e comparativo dei caratteri delle cuspidi viene utilizzato per l'identificazione delle specie di Cervidi a partire da resti archeologici e paleontologici (Lister 1996).

Le cuspidi vengono identificate da prefissi diversi, i principali sono: proto-, para-, meta-, ipo- e endo- (Fig. 2.12); l'aggiunta del suffisso -ide al nome di una cuspidi indica che questa appartiene a un dente dell'arcata inferiore. Ad esempio, considerando il primo molare, il protocono è una cuspidi localizzata sul dente dell'arcata superiore, mentre il protoconide è la corrispondente cuspidi localizzata sul dente dell'arcata inferiore. Il suffisso -ulo indica le cuspidi minori, ad esempio l'ipoconulide è la cuspidi minore del terzo molare inferiore. Nel presente lavoro le cuspidi dei molari sono indicate con i termini generici riportati in Figura 2.12, al fine di rendere più agevole la consultazione nonché l'individuazione dei caratteri diagnostici per la valutazione dell'età.

L'uso di un'appropriata nomenclatura per distinguere le cuspidi e differenziare le facce è indispensabile per una corretta e oggettiva interpretazione dei caratteri osservabili sulla dentatura.

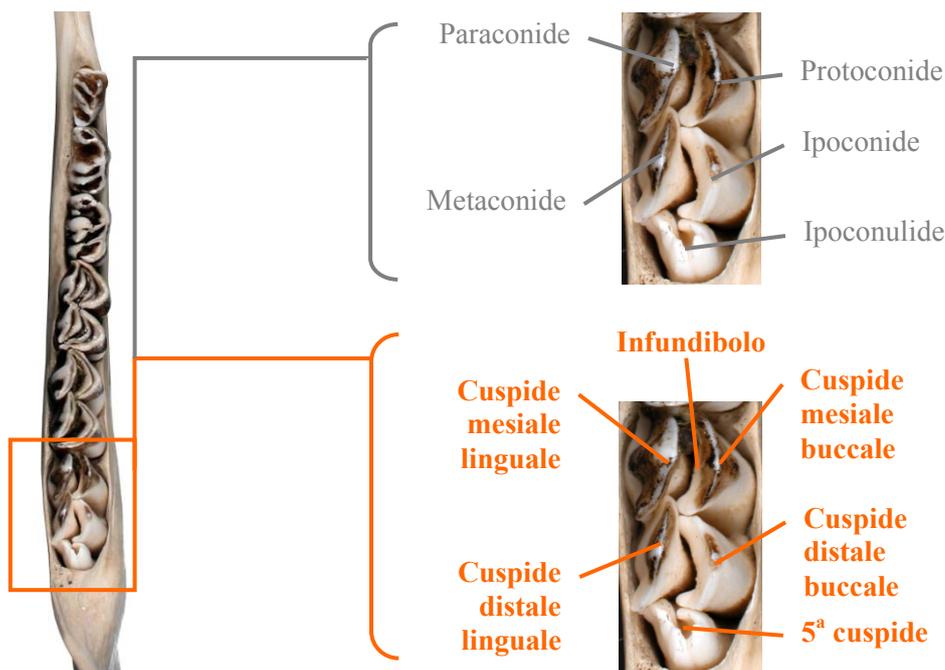


Figura 2.12 - Nomenclatura delle cuspidi dentarie illustrata sul terzo molare inferiore di Daino; in caratteri arancioni quella adottata nel testo. È evidenziata anche la posizione dell'infundibolo.

La corona è costituita esternamente dallo smalto e internamente dalla dentina che delimita la cavità del dente (Fig. 2.13).

Smalto - È un tessuto di aspetto traslucido, privo di cellule e altamente mineralizzato, costituito per circa il 96% da idrossiapatite (il principale componente minerale del tessuto osseo, contenente calcio e fosforo), oltre che da materiale organico e acqua. Lo smalto non ha in genere uno spessore uniforme, si presenta infatti meno ispessito in corrispondenza delle depressioni della corona e della faccia linguale.

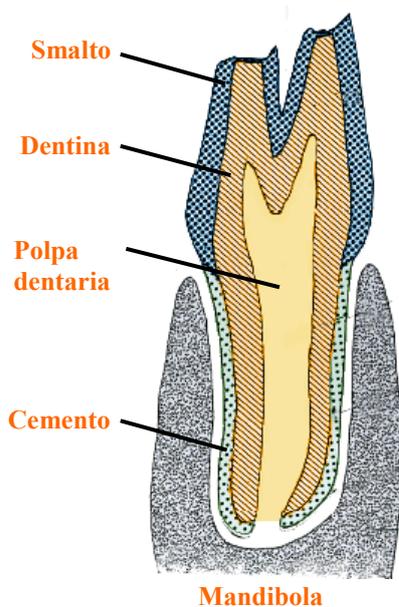


Figura 2.13 - Sezione longitudinale di un molare inferiore di Cervide infisso nell'alveolo mandibolare che illustra le parti che compongono un dente (Wagenknecht 1984, modificato).

In relazione alla dieta, i denti vengono sottoposti a differenti *stress* di tipo meccanico durante la masticazione. Mammiferi con la medesima ecologia alimentare mostrano un'analogia ultrastruttura dello smalto, che è stata interpretata come un adattamento alle medesime pressioni selettive (Kierdorf *et al.* 1991).

Lo smalto svolge una funzione protettiva nei confronti dell'usura meccanica e chimica nonché degli stimoli termici. Una volta terminato lo sviluppo del dente, ossia prima della sua eruzione, l'organismo cessa di produrre smalto e quello esistente si consumerà progressivamente con l'avanzare dell'età. L'usura dello smalto è condizionata dal suo grado di mineralizzazione, variabile da un individuo all'altro e, nello stesso individuo, da una regione all'altra del dente. Ne consegue che individui appartenenti alla stessa classe di età presentano, di solito, livelli di usura diversi e questa variabilità inter-individuale aumenta all'avanzare dell'età (Kierdorf e Becher 1997).

La formazione dello smalto può essere influenzata anche da fattori esterni di origine antropogenica, come l'inquinamento. In Europa centrale, ad esempio, a partire dagli anni '90 del secolo scorso sono state registrate nei Cervidi alterazioni nel processo di mineralizzazione dello smalto, dovute ad assunzione di un quantitativo eccessivo di fluoro, indicate con il termine di fluorosi dentale

(Kierdorf e Kierdorf 2006, Zemek *et al.* 2006). Si è osservato che l'indebolimento dello smalto aumenta il tasso di usura dei denti e il rischio di fratture e di alterazioni dell'osso mandibolare ed è correlato con l'insorgenza di malattie periodontali. I fattori indicati possono contribuire a ridurre, nei casi più gravi, le aspettative di vita (Kierdorf *et al.* 1996, Schultz *et al.* 1998). La fluorosi dentale è diventata un indicatore del livello di inquinamento ambientale da fluoro. L'esame di crani e mandibole raccolti tramite l'attività venatoria può fornire utili informazioni (a basso costo) sulle variazioni temporali del tasso di deposizione del fluoro nell'ambiente, anche su scala regionale (cfr. Kierdorf *et al.* 2011, Kierdorf e Kierdorf 1999).

Dentina - È un tessuto di colore giallastro, più o meno scuro, costituito principalmente (70% circa) da materiale inorganico, per lo più cristalli di idrossiapatite, ma anche da materiale organico, come fibre di collagene e mucopolisaccaridi, nonché da una piccola percentuale di acqua. La dentina rappresenta la componente principale del dente e ne determina la forma. A differenza dello smalto, è in grado di autorigenerarsi se soggetta a traumi o infezioni (dentina di reazione). Sebbene la dentina sia paragonabile all'osso per la sua composizione, tuttavia ne differisce per l'organizzazione tissutale. Infatti, le cellule che la producono, gli odontoblasti, non sono inglobate al suo interno, ma sono disposte al di fuori di essa, lungo le pareti della cavità del dente. I prolungamenti degli odontoblasti, invece, si estendono nella dentina, all'interno di microscopici canali, detti canalicoli (Fig. 2.14), fino a raggiungere la giunzione tra dentina e smalto, ramificandosi e riducendo progressivamente il loro diametro, per terminare a fondo cieco. I canalicoli sono delimitati da dentina peritubulare, altamente mineralizzata, mentre la maggior parte della dentina è costituita da dentina intertubulare, che possiede numerose fibre collagene, orientate perpendicolarmente rispetto ai tubuli. Variazioni nel volume e nella distribuzione della dentina peritubolare condizionano la resistenza del tessuto all'usura. I Cervidi, a dieta erbivora, mostrano un'ultrastruttura della dentina diversa, ad esempio, da quella del Cinghiale (*Sus scrofa*), a dieta onnivora (Kierdorf e Kierdorf 1992).

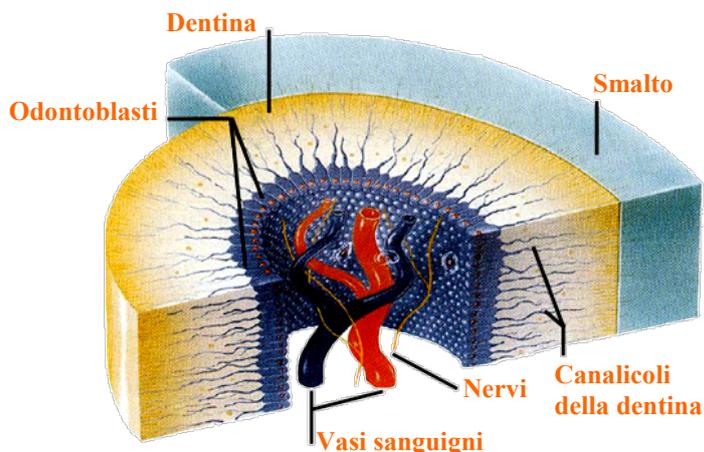


Figura 2.14 - Struttura della dentina.

Immediatamente al di sotto dello smalto si trova la cosiddetta dentina primaria che si genera durante il processo di formazione del dente, ossia prima della sua eruzione. La dentina secondaria, generalmente più scura, viene, invece, depositata annualmente in strati successivi all'interno della cavità del dente. La giunzione tra la dentina e lo smalto è caratterizzata dalla penetrazione di esili prolungamenti di dentina nella faccia profonda dello smalto. La giunzione tra la dentina primaria e quella secondaria è, invece, caratterizzata da una banda dove cambia l'orientamento dei canalicoli della dentina. La progressiva scomparsa dello smalto rende visibili la dentina primaria e successivamente anche la dentina secondaria (Fig. 2.15).



Figura 2.15 - Dentina primaria (chiara) e dentina secondaria (scura) sulla faccia occlusale di premolari e molari in una mandibola di una femmina di Daino.

Gli strati di cui è formata la dentina secondaria appaiono costituiti al microscopio da due bande distinguibili per ampiezza, composizione, densità ottica e colorabilità (Klevezal 1996). La deposizione di questi strati è determinata dal susseguirsi di periodi caratterizzati da ritmi di accrescimento diversi. Le bande più strette vengono deposte quando il ritmo di accrescimento rallenta, ossia alle nostre latitudini dal tardo autunno alla primavera (Klevezal 1996).

La continua deposizione della dentina all'interno della cavità del dente, anno dopo anno, ne determina la progressiva diminuzione in ampiezza, fino al suo completo riempimento (Fig. 2.17). I tempi in cui questo fenomeno avviene variano in relazione alla specie, nell'ambito della stessa specie mostrano variazioni individuali e infine nello stesso individuo dipendono ovviamente dal tipo di dente (Scheda 3.1). Questa è la ragione principale per cui la dentina non viene di solito utilizzata per la valutazione dell'età.

Occorre, inoltre, tener presente che la dentina primaria non è sempre facilmente distinguibile dalla secondaria (ossia può risultare difficile individuare quale sia la prima linea di incremento della dentina secondaria). Inoltre i primi strati della dentina secondaria vanno soggetti a usura (ad esempio nel Daino a partire dall'età di 5-6 anni secondo Ueckermann e Scholz, 1980). Tutto ciò contribuisce ad aumentare le possibilità di una erronea valutazione dell'età.

In ogni caso può essere utile contare gli strati di dentina per determinare almeno l'età minima di un individuo, quando gli strati di cemento non sono perfettamente leggibili.

Analogamente a quanto visto per lo smalto anche per la dentina sono state registrate alterazioni nel processo di mineralizzazione, dovute ad assunzione di un quantitativo eccessivo di fluoro (Richter *et al.* 2010). Associando allo studio delle alterazioni subite dallo smalto quelle subite dalla dentina, si amplia la finestra temporale durante la quale si possono raccogliere dati, dal momento che lo smalto non viene più prodotto dall'organismo una volta terminato lo sviluppo del dente. In tal modo è possibile ricostruire in maggior dettaglio i periodi di esposizione all'inquinamento ambientale da fluoro. A tale proposito, i denti possono essere paragonati a una vera e propria "scatola nera" che contiene i dati relativi all'esposizione a diverse fonti di inquinamento. Tra i Cervidi, il Capriolo per il suo vasto areale, la sua diffusione in ambienti fortemente modificati dalle attività umane e le sue caratteristiche ecologiche si rivela un bioindicatore utile per monitorare i livelli di inquinamento anche ad elevata risoluzione spaziale (cfr. Maňková *et al.* 2012).

Cavità del dente - È riempita dalla polpa dentaria, un tessuto connettivo di aspetto gelatinoso, ricco di fibre collagene, attraversato da nervi e vasi sanguigni che servono per il nutrimento, l'accrescimento e la sensibilità del dente stesso.

Lo spazio occupato dalla polpa dentaria si presenta dilatato a livello della corona (cavità della corona), mentre si restringe nella radice (canale della radice), e termina in un forame a livello dell'apice del dente, attraverso il quale entrano ed escono vasi e nervi (Fig. 2.16). Con l'avanzare dell'età la cavità della corona si riempie, mentre il canale della radice persiste più a lungo (Fig. 2.17).



Figura 2.16 - Forami dell'apice della radice ancora ben aperti su M_3 in un Cervo di età compresa tra 2,5 e 3,5 anni.



Figura 2.17 - Sezioni longitudinali della radice di I_1 che mostrano il canale della radice. L'ampiezza del canale è evidenziata dalla linea arancione. Da sinistra a destra un maschio di Daino di 8-9 mesi, una femmina di 3-4 anni e un altro maschio di 9-10 anni.

2.5.2 La radice

I denti vengono definiti **monoradicoliati** (incisivi e canini) o **pluriradicoliati** (premolari e molari) in base al numero delle radici (Fig. 2.18). Quando la dentatura decidua viene sostituita dalla permanente il numero delle radici per dente può variare: ad esempio, p_4 ha tre radici mentre il corrispondente premolare permanente ne ha due.



Figura 2.18 - Dentatura decidua e permanente nel Cervo con denti mono e pluriradicoliati.

La radice è costituita esternamente dallo cemento e internamente dalla dentina che delimita la cavità del dente (Fig. 2.13).

Cemento - È simile alla dentina per composizione, infatti è ricco di fibre collagene e idrossiapatite, ma a differenza di quanto accade nella dentina dove prevale la componente inorganica, nel cemento il rapporto tra materiale organico e inorganico è pari quasi a 1:1.

Il cemento si distingue in cellulare e acellulare. Il primo è di solito ben visibile all'apice della radice e nella porzione interradicolare nei denti pluriradicoliati, mentre il secondo è visibile in prossimità del colletto (Lieberman e Meadow 1992). Il cemento acellulare è formato da cementoblasti che si mantengono alla periferia della sostanza calcificata. Il cemento cellulare è ugualmente formato da cementoblasti, ma il tasso di deposizione è maggiore rispetto a quello mostrato dal cemento acellulare. Di conseguenza i cementoblasti possono restare "intrappolati" nel cemento e trasformarsi in cementociti, cellule non più attive che finiscono per degenerare lasciando delle lacune.

La deposizione del cemento avviene per strati successivi, dove ciascun strato (*growth layer*) è costituito da una banda di tessuto delimitato da una linea di incremento. La banda e la linea sono caratterizzate da diversa ampiezza, composizione, densità ottica e colorabilità (Fig. 2.19) a causa di un diverso grado di mineralizzazione nonché una diversa orientazione delle fibre di collagene (Lieberman 1994). La loro deposizione procede verso l'esterno del dente, diversamente da quanto avviene per la dentina, la cui deposizione procede verso l'interno del dente (Fig. 2.20). Gli strati di cemento che sono stati depositi per primi sono più vicini alla dentina, mentre quelli depositi per ultimi costituiscono la parte più esterna della radice (Fig. 2.21).

La deposizione delle bande e delle linee di incremento continua per tutta la vita dell'individuo ed è determinata dal susseguirsi di periodi caratterizzati da ritmi di accrescimento diversi (Klevezal 1996). Le differenze nei ritmi di accrescimento sono rilevabili attraverso l'esame delle variazioni di ampiezza degli strati di cemento, osservabili ad esempio nelle sezioni longitudinali della radice di I_1 (Fig. 2.19). Va, inoltre, evidenziato che il tasso di deposizione del cemento sembra essere correlato positivamente con il tasso di usura dei denti ed è ovviamente minore negli incisivi e nei canini (Mitchell 1967, White 1974). I meccanismi biochimici alla base della cementogenesi e le cause che regolano questo processo non sono ancora del tutto chiarite (Azorit 2011).

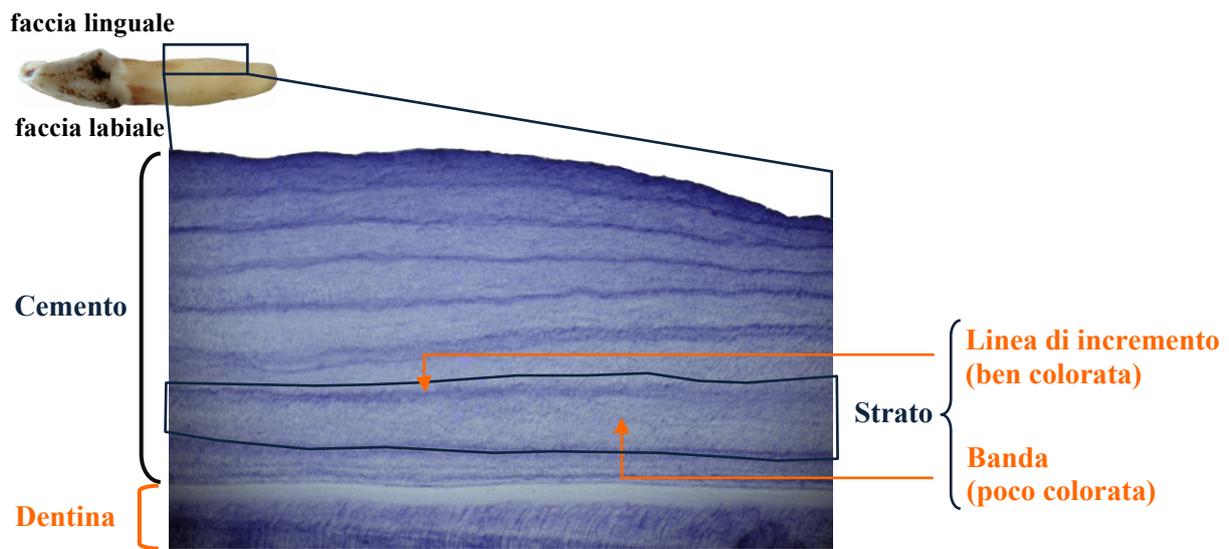


Figura 2.19 - Strati di cemento in un immagine al microscopio ottico (100x) della sezione longitudinale della radice di I_1 . Ciascuno strato è composto da una banda di tessuto delimitato da una linea di incremento. I componenti dello strato sono evidenziati mediante un colorante istologico.



Figura 2.20 - Modalità di deposizione degli strati di cemento evidenziata in un immagine al microscopio ottico (100x) della sezione longitudinale della radice di I_1 .

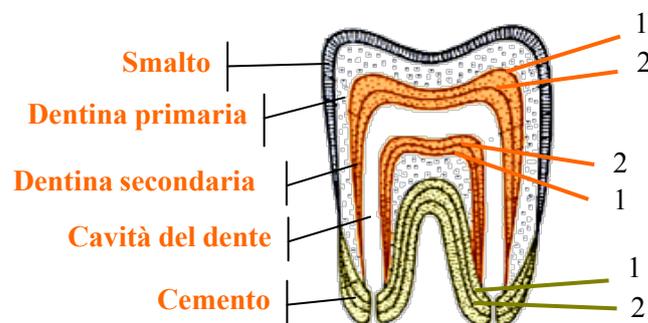


Figura 2.21 - Sezione longitudinale di un molare-tipo; i numeri indicano le linee di incremento della dentina secondaria e del cemento ed evidenziano il diverso ordine di formazione dei due tessuti (Klevezal 1996, modificato).

Alle nostre latitudini, nei Mammiferi terrestri, le linee di incremento vengono deposte dal tardo autunno all'inizio della primavera a seconda della specie, mentre nell'emisfero australe la deposizione ha luogo a partire dall'estate fino a dicembre (Grue e Jensen 1979, Klevezal 1996). Il conteggio degli strati di cemento consente quindi di valutare l'età di un animale (§ 3.2).

La conoscenza dell'andamento temporale di questo processo permette, inoltre, di individuare anche la stagione in cui è morto un individuo, quando ovviamente la data di morte non è nota. Questa informazione può essere utile ai tecnici faunistici come agli zooarcheologi (cfr. Lieberman e Meadow 1992).

SCHEDA 2.1

COME DETERMINARE IL SESSO MISURANDO LA MANDIBOLA O SINGOLI DENTI

Quando si valuta l'età, è necessario registrare sempre il sesso dell'individuo oggetto della valutazione. Nel caso in cui non si abbia a disposizione questa informazione oppure si ritenga opportuno sottoporre a verifica l'informazione che è stata registrata (non sono rari, infatti, i casi in cui questo dato viene annotato erroneamente) è utile poter identificare il sesso misurando la mandibola. La discriminazione tra i sessi tramite rilevamento biometrico è ovviamente possibile solo per le specie di Cervidi sessualmente dimorfiche, come il Cervo e il Daino. Le misurazioni devono avere come riferimento gli standard della popolazione oggetto di monitoraggio, dal momento che le dimensioni e il grado di dimorfismo sessuale possono variare da una popolazione all'altra a causa di fattori ambientali e genetici.

L'identificazione del sesso deve essere basata sul rilevamento di un set di misure, allo scopo di garantire una sostanziale riduzione della sovrapposizione delle variabili tra i sessi, e sull'elaborazione dei dati tramite tecniche di analisi multivariata. Quando si esaminano campioni la cui età ricade nell'intervallo di tempo in cui ha luogo il processo di accrescimento della mandibola (§ 2.1), occorre tener presente che la variazione legata all'età maschera la variazione legata al sesso. Inoltre il grado di dimorfismo sessuale varia durante il periodo di accrescimento della mandibola. In questi casi si può analizzare il campione suddividendolo per classe di età oppure si standardizzano i dati per età, facendo uso di una curva di accrescimento (Mattioli e De Marinis, 2009). In alternativa si lavora esclusivamente su soggetti adulti, evitando di affrontare i problemi citati.

Nugent (1989) ha studiato come identificare il sesso in base al rilevamento biometrico della mandibola in una popolazione di daini della Nuova Zelanda. Questa popolazione è caratterizzata da una ridotta variabilità genetica e morfometrica dal momento che deriva da un nucleo fondatore costituito solo da 13 individui. Il valore del coefficiente di variazione della lunghezza della mandibola di individui adulti è, infatti, inferiore (c. 3%) a quelli riportati per alcune popolazioni inglesi di questa specie (6-8 % per maschi e femmine, Chapman e Chapman 1970). Cinque misure sono state rilevate su due gruppi di mandibole per le quali il sesso era noto; il primo gruppo era costituito da individui di età inferiore a 2 anni (n=56), il secondo da individui di età superiore a 2 anni (n=21). Il sesso è stato correttamente classificato nel 91% e nel 100% dei casi, rispettivamente. Tenendo conto delle caratteristiche molto particolari di questa popolazione, il grado di separazione tra i sessi ottenuto da Nugent nel suo studio potrebbe essere considerato come uno dei migliori risultati ottenibili per il Daino.

In zooarcheologia riveste una grande importanza l'identificazione della classe di sesso e di età dei resti ossei rinvenuti nei luoghi di sepoltura. A partire da questi dati è possibile ricostruire, ad esempio, le strategie di caccia delle società umane del Paleolitico e del Mesolitico.

D'Errico e Vanhaeren (2002), esaminando i canini di Cervo trovati in un sito archeologico della Francia meridionale, hanno tracciato profili di mortalità diversi per i maschi e le femmine, correlati con strategie di caccia specifiche per ciascun sesso. Secondo gli autori il profilo di mortalità dei maschi deriva principalmente dall'abbattimento di individui di età compresa tra 4 e 10 anni durante la stagione riproduttiva, mentre il profilo di mortalità delle femmine deriva dall'abbattimento di individui appartenenti a diverse classi di età durante l'arco dell'anno. Tali risultati sono stati ottenuti lavorando su popolazioni attuali di Cervo. Quattro variabili morfologiche e nove variabili morfometriche sono state rilevate su 249 coppie di canini superiori provenienti da individui (134 femmine e 115 maschi) vissuti sull'isola di Rum (Scozia) e 48 coppie di canini superiori provenienti da individui (25 femmine e 23 maschi) vissuti nel parco urbano di Richmond (Inghilterra). Il campione è costituito da cervi di età compresa tra 1 e 20 anni per le femmine e 2 e 15 anni per i maschi. In base ai dati raccolti sono stati definiti i criteri di identificazione delle classi di sesso e di età che sono stati applicati sulle collezioni archeologiche.

Variabili morfologiche - I canini mostrano un forte dimorfismo sessuale e ciò rende piuttosto semplice distinguere a occhio i maschi dalle femmine, il canino destro dal sinistro e individuare le coppie di canini per individuo, secondo i parametri indicati nella tabella seguente.

Tabella 2.4 - Forma della corona e della radice dei canini superiori permanenti (faccia labiale) in funzione del sesso e della classe di età secondo i parametri elaborati da D'Errico e Vanhaeren (2002) per il Cervo. I canini sono stati prelevati da soggetti provenienti dalle Alpi orientali (3-4 anni) e dall'Appennino toscano-emiliano (> 10 anni).

Sesso	Classe di età	
	3-4 anni	> 10 anni
♂	 <p>Radice quadrata Corona rotondeggiante</p>	 <p>Radice trapezoidale Corona triangolare</p>
♀	 <p>Radice rettangolare Corona appuntita</p>	 <p>Radice a forma di "V" Corona rettangolare</p>

Variabili morfometriche - Il rapporto tra la larghezza della radice e il suo spessore consente l'identificazione del sesso, sia per la popolazione dell'isola di Rum (Fig. 2.22) sia per la popolazione di Richmond perché nei maschi la larghezza della radice è sempre pari a più del doppio del suo spessore, diversamente da quanto accade nelle femmine.

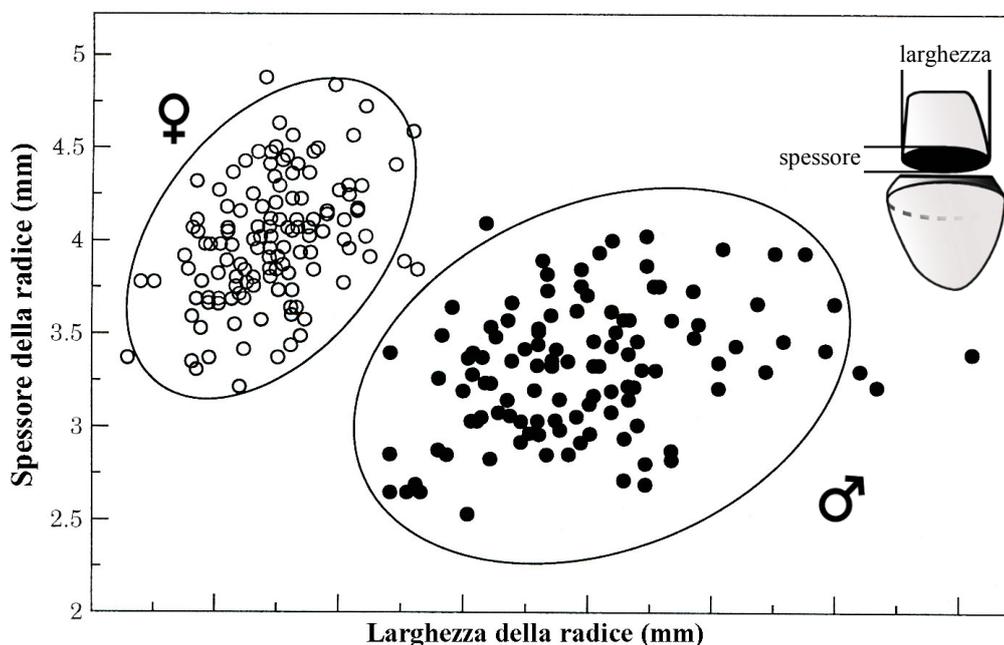


Figura 2.22 - Lo spessore contro la larghezza della radice del canino superiore permanente in un campione di 248 cervi di diverse classi di età provenienti dall'isola di Rum, Scozia (D'Errico e Vanhaeren 2002, modificato).

3. STIMA O DETERMINAZIONE DELL'ETÀ?

3.1 Stima dell'età

La stima dell'età è una valutazione relativa dell'età ossia una valutazione basata su di un confronto tra le mandibole che costituiscono il campione oggetto di indagine e quelle che fungono da riferimento, rappresentate generalmente da:

- ▶ mandibole di individui di età nota,
- ▶ mandibole la cui età è stata determinata tramite tecniche opportunamente validate,
- ▶ foto e/o disegni, con eventuali tabelle e grafici di supporto, realizzati utilizzando mandibole di età nota oppure mandibole la cui età è stata determinata come al punto precedente.

La valutazione si esprime attraverso l'assegnazione dell'individuo a una classe di età la cui ampiezza varia in relazione al sistema di riferimento utilizzato.

La stima dell'età si può basare su metodi quantitativi [ad esempio: il rilevamento di misure su singoli denti (Lowe 1967, Moore *et al.* 1995, Mysterud e Østbye 2006) oppure il calcolo di indici di usura (Kierdorf e Becher 1997)] o su metodi qualitativi, che consistono nell'esame dello stadio di eruzione, sviluppo e usura della dentatura.

I metodi qualitativi sono sicuramente quelli più studiati nonché quelli più comunemente applicati. Si è pertanto ritenuto utile, nei seguenti paragrafi, procedere a un'analisi comparativa dei principali lavori disponibili nella letteratura europea per ciascuno di tali metodi, evidenziandone le criticità e le corrispondenti implicazioni gestionali.

3.1.1 Stima dell'età ed eruzione

Il Cervo e il Daino sostituiscono la dentatura decidua con la permanente e la completano con l'eruzione dei molari entro 2-3 anni di età, il Capriolo entro i primi 12-14 mesi di vita. La sostituzione della dentatura riveste un ruolo importante nella valutazione dell'età in funzione della durata del processo di eruzione. Tuttavia, tanto più lungo sarà questo processo tanto maggiori saranno le probabilità che fattori di varia natura generino variazioni nell'ordine di eruzione e nella sua cronologia.

Negli ultimi cinquant'anni sono stati pubblicati numerosi lavori che trattano della stima dell'età attraverso il processo di eruzione. La Tabella 3.1 consente di confrontare i risultati ottenuti da alcuni di questi lavori per il Cervo e il Daino in differenti aree geografiche d'Europa. La descrizione del processo riguarda, in genere, l'intera arcata dentale, ma può essere limitata anche ai soli denti incisiviformi (Blaxter *et al.* 1974) o ai denti dell'arcata molare (Chaplin e White 1969, Nahlik 1987). L'epoca di eruzione è di solito indicata per singolo dente, ma può essere specificata anche solo per tipo di dente (Habermehl 1961, Chaplin e White 1969, Godawa 1989, von Raesfeld e Reulecke 1988, Moore *et al.* 1995).

Esaminando i contenuti di questa tabella risulta evidente quanto poco concordino tra loro le cronologie del processo di eruzione proposte dai vari autori e quanto sia variabile la relazione tra età ed eruzione. Questo è imputabile principalmente ai diversi criteri adottati dagli autori per determinare il significato del termine "eruzione", la durata del processo di eruzione e la data di nascita nonché alle caratteristiche del campione.

Il termine "eruzione" può essere riferito a mandibole in carne (un dente è in eruzione quando emerge attraverso la gengiva) oppure non in carne (un dente è in eruzione quando emerge dall'alveolo). Inoltre può essere riferito a ciascun dente sulla base dell'osservazione di una o di entrambe le mandibole; in questo caso, un dente può essere indicato in eruzione se lo è sull'unica mandibola in esame oppure su una o entrambe le mandibole in esame.

La durata del processo di eruzione può essere determinata facendo corrispondere l'inizio del processo al momento in cui il dente permanente comincia a sporgere attraverso la gengiva oppure comincia a essere visibile al di fuori dell'alveolo, e la fine al momento in cui il dente permanente mostra i primi segni di usura (ossia è pienamente funzionale perché si occlude contro il corrispondente dente dell'arcata superiore) oppure ha tutte le cuspidi colorate, pur non mostrando segni di usura. L'inizio e la fine del processo di eruzione possono essere definiti facendo riferimento all'osservazione

di un solo individuo in un mese (ad esempio il processo di eruzione di M_1 ha inizio quando almeno uno degli individui prelevati in un determinato mese ha questo dente in eruzione) oppure all'osservazione di più individui in un mese il cui valore percentuale sul campione corrisponde al valore individuato come soglia dall'autore (ad esempio il processo di eruzione di M_1 ha inizio quando almeno il 50% del campione prelevato in un determinato mese ha questo dente in eruzione).

La data di nascita, quando non si hanno a disposizione individui di età nota, può essere scelta perché rappresentativa per convenzione del periodo delle nascite per la specie oppure per la popolazione oggetto di monitoraggio.

Le caratteristiche del campione oggetto di studio in termini di dimensione, ripartizione per classe di sesso ed età e distribuzione nell'arco dell'anno condizionano la definizione della cronologia dell'eruzione, in particolare quando il campione non è rappresentativo della popolazione.

Tabella 3.1 - Cronologia (in mesi) del processo di eruzione per l'arcata dentale inferiore in alcune popolazioni europee di Cervo e Daino (dall'alto in basso). L'ampiezza del periodo di eruzione, riportato per ciascun tipo di dente, può essere interpretata come un indice della variabilità dei dati disponibili sul processo di eruzione per ciascuna specie. Non è stata costruita un'analogia tabella per il Capriolo poiché la sostituzione della dentatura avviene nell'arco di c. 1 anno, rendendo poco apprezzabile l'eventuale variabilità del processo.



Regione d'Europa	Arcata incisiva				Arcata molare				Autore
	I ₁	I ₂	I ₃	C	P	M ₁	M ₂	M ₃	
occidentale	12-22	14-22	18-26	18-28	14-30	2-12	8-22	14-c.33	Mitchell 1963, Lowe 1967, Blaxter <i>et al.</i> 1974, ONC 1988 in Azorit <i>et al.</i> 2002a Nahlik 1987
centrale	14-16	14-20	14-21	14-20	22-28	4- >12	11-13	19-30	Habermehl 1961, Müller Using 1971, Haas 1978, Wagenknecht 1984, von Raesfeld e Reulecke 1988, Godawa 1989
meridionale	14-15	17-18	25-26	17-18	27-30	6	15-16	31-32	Azorit <i>et al.</i> 2002a



Regione d'Europa	Arcata incisiva				Arcata molare				Autore
	I ₁	I ₂	I ₃	C	P	M ₁	M ₂	M ₃	
occidentale	7-12	13-18	15-20	15-20	15-30	5-7	13-20	20-28	Chaplin e White 1969, Moore <i>et al.</i> 1995, Chapman e Chapman 1997
centrale	8-10	12-13	15	16-18	22-24	4-5	11-13	21-28	Habermehl 1961, Wagenknecht 1984

La maggior parte delle popolazioni di Daino oggetto di studio in Europa occidentale vive in parchi recintati dove viene praticato il foraggiamento artificiale durante la stagione invernale.

La descrizione del processo di eruzione non è soltanto autore-dipendente, ma è influenzata anche dalle caratteristiche della popolazione oggetto di monitoraggio, ossia la condizione fisica, la densità e il patrimonio genetico nonché l'ambiente in cui vive la popolazione e i criteri di gestione a cui è sottoposta.

Ad esempio Loe e collaboratori (2004) riportano che, nell'intervallo di tempo compreso tra la metà di settembre e la metà di novembre, il secondo incisivo permanente è stato osservato in cinque diverse popolazioni di Cervo della Norvegia con percentuali comprese tra 17 e 60% (n = 2.241 individui di poco più di un anno di età). Questa variazione nell'epoca di eruzione sembra troppo grande per essere spiegata soltanto da variazioni nella data di nascita, poiché nel Cervo i parti si concentrano nell'arco di poche settimane (Guinness *et al.* 1978). Secondo gli stessi autori, l'eruzione del secondo incisivo è densità-dipendente, dal momento che valori elevati di densità condizionano l'accrescimento corporeo (Lindström *et al.* 1999, Gaillard *et al.* 1996, 2000, Toïgo *et al.* 2006). L'eruzione dei denti permanenti, infatti, non ha luogo fino a quando le dimensioni della mandibola non hanno superato un valore soglia, poiché questi denti hanno dimensioni maggiori dei denti decidui (Loe *et al.* 2004). Tuttavia le diversità fenotipiche e ambientali che caratterizzano le popolazioni che sono state oggetto di studio in Norvegia, non sono in ogni caso sufficienti a spiegare la grande variabilità registrata nella cronologia dell'eruzione. Secondo Loe e collaboratori (2004) un ruolo rilevante è rivestito anche dalla variabilità genetica tra popolazioni.

Resta ancora da chiarire l'esistenza di *pattern* di eruzione sesso-specifici, perché i dati a disposizione sono relativi soltanto a poche popolazioni e non riguardano tutte le categorie di denti. In specie con un elevato dimorfismo sessuale come il Cervo, Loe e collaboratori (2004) hanno osservato che il processo di eruzione del secondo incisivo inizia prima nelle femmine di quanto osservato nei maschi. Diversamente in specie con scarso dimorfismo sessuale come il Capriolo, la cronologia dell'eruzione dei denti incisiviformi è simile in entrambi i sessi (Garel *et al.* 2014).

In conclusione i lavori riportati a titolo di esempio nella Tabella 3.1, come tutti gli altri studi relativi alla stima dell'età tramite eruzione, offrono una grande quantità di dati che definiscono il processo di eruzione per una determinata popolazione sulla base di un campione esaminato tramite la metodologia scelta dall'autore. Pertanto questi lavori non forniscono una cronologia dell'eruzione estrapolabile a qualunque popolazione.

Volendo definire tale cronologia per la popolazione oggetto di monitoraggio è, invece, necessario avere a disposizione una collezione di confronto costituita da individui di età certa (ossia di età nota oppure la cui età è stata determinata tramite tecniche opportunamente validate) prelevati dalla stessa popolazione.

La definizione della cronologia dell'eruzione può rivestire un ruolo importante nella gestione e conservazione dei Cervidi, dal momento che fornisce dati trasformabili in indici delle condizioni ambientali in cui vive la popolazione stessa (Morellet *et al.* 2007, Garel *et al.* 2014). A questo proposito i dati raccolti esaminando le mandibole di 1.152 caprioli hanno consentito di elaborare tre indici di eruzione dei denti incisiviformi (Garel *et al.* 2014). La formula dentaria è stata registrata per gli individui di età inferiore a 1 anno durante le operazioni di cattura-marcatura-ricattura effettuate nei mesi di gennaio e febbraio nel periodo 1987-2013. Il più semplice di questi indici fa riferimento a un solo dente incisiviforme (I_2) e comporta il calcolo della proporzione di individui nel campione che hanno l'incisivo permanente. La scelta di questo dente dipende ovviamente dal periodo di campionamento. Gli altri due indici si basano, rispettivamente, sul numero dei denti permanenti presenti sull'arcata incisiva e sullo stadio di eruzione di questi denti permanenti. Il valore di questi indici diminuisce all'aumentare della densità di popolazione. Questa relazione non è però lineare e in corrispondenza di valori molto elevati di densità (> 15 individui/100 ha) non si registra alcuna ulteriore variazione nella cronologia dell'eruzione dei denti incisiviformi. Questi indici, poiché rispondono ai cambiamenti di popolazione, possono essere usati per indagare le relazioni popolazione-ambiente. La raccolta dati è facilmente standardizzabile e può essere condotta su larga scala sia geografica sia temporale. Gli indici correlati con il processo di eruzione si configurano, pertanto, come una valida alternativa agli indicatori che sono comunemente utilizzati nel monitoraggio delle popolazioni di Cervidi quali il peso corporeo (cfr. Bonenfant *et al.* 2002, Gaillard *et al.* 1996) o la lunghezza del garretto (cfr. Zannèse *et al.* 2006).

3.1.2 Stima dell'età e sviluppo dei denti

Nei Cervidi il processo di sviluppo dei denti molariformi, dalla formazione del germe di ciascun dente alla formazione della corona e della radice attraverso un processo di mineralizzazione, può essere suddiviso in 10 stadi riconoscibili tramite esame radiografico (Tab. 3.2). L'unico dente che inizia il suo sviluppo durante la vita prenatale è M₁; il primo stadio è stato, infatti, osservato in feti di 22-23 settimane di vita (Kierdorf *et al.* 2012). La suddivisione in stadi consente di confrontare tra loro popolazioni diverse facendo riferimento a un particolare stadio di sviluppo, ma non è detto che al medesimo stadio corrisponda la medesima età in popolazioni diverse (Hillson 2005).

Tabella 3.2 - Dieci stadi di sviluppo dei denti molariformi identificabili tramite esame radiografico su mandibole di Cervidi (Brown e Chapman 1991a, 1991c).

Stadio	
1	Presenza del germe del dente.
2	Fase iniziale del processo di mineralizzazione. Quando il germe ha raggiunto il cosiddetto stadio a campana, il processo ha inizio a partire dalle cuspidi mesiali; le aree in cui ha luogo questo processo appaiono chiare e sono circondate da zone scure dove, invece, ha luogo il processo di riassorbimento dell'osso.
3	Il processo di mineralizzazione interessa tutte le cuspidi.
4	Formazione dell'infundibolo.
5	Completamento della formazione della corona.
6	Fase iniziale della formazione della radice.
7	Fase intermedia della formazione della radice. La radice raggiunge una lunghezza pari alla metà della sua lunghezza totale.
8	Fase intermedia della formazione della radice. La radice raggiunge una lunghezza pari a più della metà della sua lunghezza totale.
9	Fase finale della formazione della radice con apice aperto. La radice raggiunge una lunghezza pari alla sua lunghezza totale.
10	Chiusura dell'apice della radice. Il canale attraverso il quale passano vasi sanguigni e nervi non è più individuabile a un esame radiografico.

A titolo di esempio nella Tabella 3.3 viene riportata la cronologia relativa allo stadio n. 5 e allo stadio n. 10 per Cervo, Daino e Capriolo.

Tabella 3.3 - Stadio finale di sviluppo della corona e della radice dei denti molariformi mandibolari valutato tramite esame radiografico in funzione dell'età (espressa in mesi) in Cervo, Daino e Capriolo.

Specie	Stadio di sviluppo del dente	Arcata molare						Autore
		P ₂	P ₃	P ₄	M ₁	M ₂	M ₃	
	Completamento della formazione della corona	18	18	18	4	9	26	Brown e Chapman 1991c
	Chiusura dell'apice della radice	41	40	33	28	33	40	
	Completamento della formazione della corona	<18	<18	<18	<4	9	<18	Brown e Chapman 1991a
	Chiusura dell'apice della radice	31	31	31	27	31	38	
	Completamento della formazione della corona	16-17	16	3,5	10	18	Kierdorf <i>et al.</i> 2012	
	Chiusura dell'apice della radice	27	33	27	15	27		>33
	Completamento della formazione della corona	≤9	≤9	≤9	<3,5	≤4	<9	Carter 1997
	Chiusura dell'apice della radice	13-14	14-15	15	6-7	9	15	

I campioni esaminati negli studi riportati in questa tabella non sono rappresentativi dell'intero processo di sviluppo dei denti, perché non includono un numero adeguato di individui per mese. Ne consegue che in alcuni casi non può essere esattamente determinata l'età in cui viene raggiunto un particolare stadio di sviluppo, come nel caso del completamento della formazione della corona per il Daino (Brown e Chapman 1991a) e il Capriolo (Carter 1997).

Ai fini della valutazione dell'età sono stati elaborati appositi schemi di registrazione dello stadio di sviluppo dei denti dell'arcata molare. Si sottolinea che i cervi e i daini che sono stati oggetto di studio non vivono allo stato selvatico, ma in parchi recintati o in allevamenti mentre i caprioli non provengono dalla medesima popolazione, ma da tre distinte aree geografiche (Danimarca, Inghilterra e Scozia). Per valutare l'età di una mandibola si determina lo stadio di sviluppo di ciascun dente secondo la Tabella 3.2 e si assegna al dente il numero corrispondente allo stadio di sviluppo identificato. A ciascun individuo viene attribuito un punteggio dato dalla somma degli stadi di sviluppo raggiunti dai suoi denti molariformi. Ad ogni classe di punteggio corrisponde una classe di età (Tab. 3.4). Ad una medesima classe di punteggio corrispondono classi d'età diverse a seconda della specie. Il raggiungimento della classe di punteggio più elevata è ovviamente più rapido nel Capriolo rispetto a quanto avviene nel Cervo e nel Daino. Le classi di punteggio proposte non sono continue ossia non comprendono qualsiasi punteggio possa essere rilevato. In questi casi è possibile assegnare comunque un individuo a una classe di età servendosi dei risultati delle analisi di regressione fatte dagli autori (Brown e Chapman 1991a, 1991c).

Lo sviluppo dei denti viene completato entro 40 mesi di vita nel Cervo (Brown e Chapman 1991c), 38 nel Daino (Brown e Chapman 1991a) e 15 nel Capriolo (Carter 1997). Una volta che lo sviluppo dei denti molariformi è stato completato, i cambiamenti osservabili sulla dentatura tramite esame radiografico, quali l'incremento dello spessore del cemento sulla radice e il restringimento della cavità polpare, non sono più ben identificabili. A causa della sovrapposizione dei caratteri tra le classi, l'esame risulta fortemente condizionato dall'osservatore (Brown e Chapman 1991a, 1991c, Kierdorf *et al.* 2012). Questa tecnica non è, quindi, più applicabile per la valutazione dell'età.

Tabella 3.4 - Classe di età (espressa in mesi) e corrispondente punteggio attribuito in base allo stadio di sviluppo dei denti molariformi mandibolari, valutato tramite esame radiografico, in Cervo, Daino e Capriolo. n.i.: non indicato.

Specie	Dimensione del campione	Punteggio	Classe di età (mesi)	Autore
	113 (60 ♂, 53 ♀)	5-19	< 11	Brown e Chapman 1991c
		23-45	13-19	
		50-59	26-33	
	56 (36 ♂, 20 ♀)	2-22	< 11	Brown e Chapman 1991a
		42-49	18-22	
	23 (♂/♀ n.i.)	56-59	26-35	Kierdorf <i>et al.</i> 2012
		4-21	< 11	
	35 (♂/♀ n.i.)	23-49	11-21	Carter 1997
		57-59	27-33	
		13-32	< 7	
		43-49	9-11	
		53-60	12-15	

Analogamente a quanto osservato per il processo di eruzione, resta ancora da chiarire il ruolo del sesso nello sviluppo della dentatura. Si evidenzia che i campioni studiati da Brown e Chapman (1991a), Kierdorf e collaboratori (2012) e Carter (1997) per il Daino e il Capriolo non sono stati differenziati per sesso. Brown e Chapman (1991c), invece, in un confronto preliminare non hanno

rilevato differenze nello sviluppo dei denti tra maschi e femmine di Cervo, di conseguenza l'esame radiografico è stato condotto senza fare distinzione tra i sessi.

Va ricordato che tramite un esame radiografico è possibile datare anche gli episodi di *stress* (ad esempio gravidanza, malnutrizione, malattie, intossicazioni) che hanno determinato ipoplasia dello smalto su campioni attuali o su reperti fossili. Questi dati risultano utili per la gestione delle popolazioni, per la valutazione del grado di inquinamento nonché per le ricostruzioni paleo-ambientali (Kierdorf *et al.* 2012).

La tecnica radiografica richiede personale e strumentazione specializzati e la sua applicazione va accuratamente valutata compatibilmente con gli obiettivi del monitoraggio e/o con gli obiettivi della ricerca legati a tematiche di carattere biologico specie-specifiche. In ogni caso sarebbe sempre opportuna una sua validazione su esemplari di età nota (con campioni di dimensioni adeguate per ciascuna classe di sesso e di età) provenienti dalla stessa popolazione oggetto di monitoraggio.

3.1.3 Stima dell'età e usura

La stima dell'età tramite usura viene di norma effettuata servendosi di guide che descrivono il processo di usura della dentatura per classe di età attraverso immagini di una mandibola-tipo (Tab. 3.5). Nonostante il materiale iconografico a corredo di questi lavori sia alquanto diversificato, appare evidente che la medesima classe di età viene identificata con *pattern* di usura anche molto differenti gli uni dagli altri.

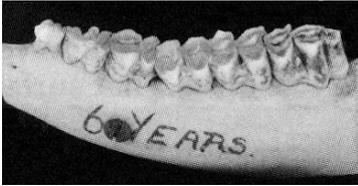
Occorre tenere presente che l'usura dei denti è causata dal contatto tra dente e dente (attrito) e dal contatto tra dente e cibo (abrasione) (Lucas 2004). Pertanto le trasformazioni subite dalla dentatura a causa dell'usura sono correlate con il comportamento alimentare e la dieta (Solounias *et al.* 1994, Fortelius e Solounias 2000, Clauss *et al.* 2008). I Cervidi classificati come brucatori (*browsers*) mostrano un tasso di usura minore rispetto alle specie con un regime alimentare intermedio tra brucatore e pascolatore (*mixed feeders*) e queste a loro volta mostrano un tasso di usura minore rispetto ai pascolatori (*grazers*) (van Soest 1994, Damuth e Janis 2014). Veiberg e collaboratori (2007a), studiando il *pattern* di usura di un brucatore qual è l'Alce (*Alces alces*) e di una specie con un regime alimentare intermedio tra brucatore e pascolatore qual è il Cervo, hanno mostrato che il tasso di usura, valutato attraverso le variazioni in altezza della corona del primo molare inferiore, è due volte più elevato nel Cervo di quanto lo sia nell'Alce. La strategia alimentare, quindi, è più importante delle dimensioni corporee (maggiori nell'Alce rispetto al Cervo) nel modellare l'usura. Questi dati derivano dallo studio di diverse popolazioni di Alce e Cervo in Norvegia. Le differenze interspecifiche nel tasso di usura determinate dalla strategia alimentare permangono, nonostante ciascuna popolazione sia caratterizzata da un proprio *pattern* di usura.

Tale variabilità nei *pattern* di usura è attribuibile alla qualità del cibo ingerito, alla quantità di fitoliti e silice contenuti nel cibo e alla quantità di altri materiali ingeriti, come terra e polvere (Kaiser *et al.* 2013). Ne consegue che popolazioni che vivono in differenti aree geografiche, caratterizzate da risorse alimentari, suolo e clima diversi, mostrano una variazione intraspecifica nel tasso di usura. Pérez-Barbería e collaboratori (2015) misurando lo spessore della dentina del primo molare inferiore (rilevato sulla superficie di taglio derivante dalla divisione in due metà del dente) su mandibole di Cervo provenienti da zone di brughiera (n=450) e da zone boscate (n=424), hanno evidenziato che il tasso di usura è più elevato nei cervi di brughiera. Questi risultati potrebbero essere spiegati dal fatto che le brughiere sono caratterizzate da un clima più rigido e da risorse alimentari di minore qualità, fattori che determinano il consumo di una quantità maggiore di cibo e quindi un'usura maggiore della dentatura.

La variabilità tra popolazioni nel tasso di usura è attribuibile non solo alla qualità dell'*habitat*, ma anche al livello di competizione per l'accesso alle risorse. Secondo Veiberg e collaboratori (2007a) la densità di popolazione sembra condizionare in misura minore la variazione spaziale del tasso di usura tra le popolazioni norvegesi di Cervo di quanto non faccia la qualità dell'*habitat*. Secondo Nussey e collaboratori (2007), invece, le femmine di questa specie mostrano sull'isola di Rum (Scozia) un tasso di usura dei molari minore quando il loro *home range* è localizzato in aree dove la competizione per le risorse è ridotta e nel contempo la loro qualità è elevata. I fattori che condizionano l'usura dei denti possono, quindi, assumere una minore o maggiore importanza nel determinare il *pattern* di usura

tipico di una popolazione in funzione della scala geografica alla quale si studia il processo di usura (molte decine di km² in Norvegia e poco più di una decina di km² sull'isola di Rum).

Tabella 3.5 - Stadio di usura che caratterizza l'arcata molare inferiore di cervi, daini e caprioli appartenenti alla medesima classe di età (6-7 anni). La selezione di questi studi è stata condizionata dall'ampiezza delle classi di età individuate dagli autori.

		
 Habermehl 1961	 Reinsch e Tielking 1980	 Boisaubert e Boutin 1988
 Lowe 1967	  Wagenknecht 1984	 Whitehead 1993
  Wagenknecht 1984	 Ueckermann e Hansen 1994	 Aitken 1975
  809 06 Drechsler 1988	  Chapman e Chapman 1997	 Wagenknecht 1984

Analogamente al processo di eruzione, le diversità fenotipiche e ambientali che caratterizzano le popolazioni non sono però sufficienti a spiegare la grande variabilità registrata nel processo di usura. Un ruolo rilevante è, infatti, rivestito anche dalla variabilità genetica. Ad esempio differenze nel genotipo possono riflettersi in variazioni nelle dimensioni dei denti (Hewison *et al.* 1999, Veiberg *et al.* 2007b) oppure in variazioni nella mineralizzazione dello smalto (Kierdorf e Becher 1997), influenzando fortemente il tasso di usura dei denti e diversificando il *pattern* di usura di ciascuna popolazione. Al contrario modelli omogenei di usura all'interno di una popolazione possono derivare da una ridotta variabilità genetica, dovuta a colli di bottiglia o all'effetto fondatore (Moore *et al.* 1995).

Anche i programmi di gestione degli *habitat* e delle popolazioni di Cervidi influenzano indirettamente il processo di usura; i primi cambiando le caratteristiche dell'ambiente e modificando i fattori di *stress* a cui una popolazione può essere sottoposta, i secondi variando la densità di popolazione oppure agendo sulla variabilità genetica.

In conclusione i singoli studi elencati nella Tabella 3.5, come qualsiasi altro studio analogo, caratterizzano il processo di usura della dentatura di una determinata popolazione che vive in un determinato ambiente e in un determinato tempo.

Ne deriva che la stima dell'età di un individuo può essere fortemente condizionata dalla scelta del lavoro utilizzato come riferimento per l'interpretazione dello stadio di usura della dentatura. La scelta di questo lavoro deve essere, quindi, preceduta da un'attenta indagine preliminare riguardante il materiale che è stato oggetto di studio e la metodologia adottata. Particolare attenzione deve essere sempre posta ai criteri di valutazione e ai caratteri diagnostici proposti per ciascuna classe di età. Questi ultimi devono essere adeguatamente descritti, facilmente individuabili e tali da ridurre il più possibile la componente di soggettività insita nella valutazione. Sarebbe opportuno che lo studio selezionato fornisca anche *test* di verifica dei criteri di valutazione proposti, effettuati su individui di età nota, preferibilmente diversi dal campione utilizzato per la definizione degli stessi criteri di stima dell'età. Pertanto è possibile fare riferimento a uno dei tanti studi disponibili in letteratura, solo se si realizzano le seguenti condizioni:

- ▶ i risultati di predetta indagine preliminare sono compatibili con gli obiettivi previsti dal programma di monitoraggio che si intende intraprendere,
- ▶ la costruzione di una specifica collezione di riferimento richiederebbe mezzi e tempi che si discostano troppo da questi stessi obiettivi.

Diversamente, questi studi non dovrebbero costituire un strumento di lavoro per la gestione delle popolazioni italiane di Cervidi, quanto piuttosto un sistema con il quale confrontare, eventualmente, i dati raccolti.

Alcuni testi forniscono a corredo del materiale fotografico anche tabelle di identificazione delle singole classi di età, basate su caratteri di tipo qualitativo, che dovrebbero guidare l'osservatore nell'esame della dentatura (Tabb. 3.6 e 3.7).

Tabella 3.6 - Classi di età nel Cervo identificate in base alle dimensioni del campo di dentina secondaria (in arancione) e alla forma delle invaginazioni di P₄ (Drechsler 1988, modificato).

Quarto premolare inferiore							
							
Classe di età	2 anni	3 anni	4-6 anni	7-9 anni	10-12 anni	13-14 anni	15-18 anni
Invaginazione dello smalto	molto aperta	aperta	stretta	molto stretta	poco profonda	in tracce	in tracce o assente
Dentina	molto sottile	sottile	stretta	ampia	molto ampia	ancora più ampia	ancora più ampia e liscia

Tabella 3.7 - Classi di età nel Cervo identificate in base alle dimensioni del campo di dentina secondaria (in arancione) e alla forma degli infundiboli di M_1 (Drechsler 1988, modificato).

Primo molare inferiore



Classe di età	2 anni	3-4 anni	5-7 anni	8 anni	9-10 anni	11-12 anni	13-18 anni
Infundibolo	molto aperto	aperto	stretto	molto stretto	lineare	da lineare a assente	in tracce o assente
Dentina (cresta inguale)	sottile	appena romboidale	romboidale	pienamente romboidale	ovale e ampia	ancora più ampia	ancora più ampia e liscia

La stima dell'età tramite usura fatta con l'ausilio di fotografie/disegni e tabelle di riferimento ha una forte componente di soggettività. Tale componente risulta del tutto incontrollabile quando il termine di confronto che è alla base della stima dell'età non è un sistema di riferimento, ma unicamente l'esperienza dell'osservatore.

Hewison e collaboratori (1999) hanno condotto un *test* su 10 osservatori di diversa esperienza per la valutazione dell'età di un campione di mandibole di Capriolo di età nota. I risultati hanno mostrato significative differenze tra gli osservatori nell'interpretazione dell'usura e la tendenza a sovrastimare gli individui più giovani e sottostimare i più vecchi. Utilizzando una collezione di riferimento la variabilità inter-osservatore risulta in gran parte controllata.

Durante la realizzazione delle guide proposte a corredo del presente lavoro sono stati condotti alcuni *test* dai quali è emerso che la struttura di una stessa popolazione può variare in funzione dell'osservatore, come evidenziato dall'esempio riportato nella figura seguente.

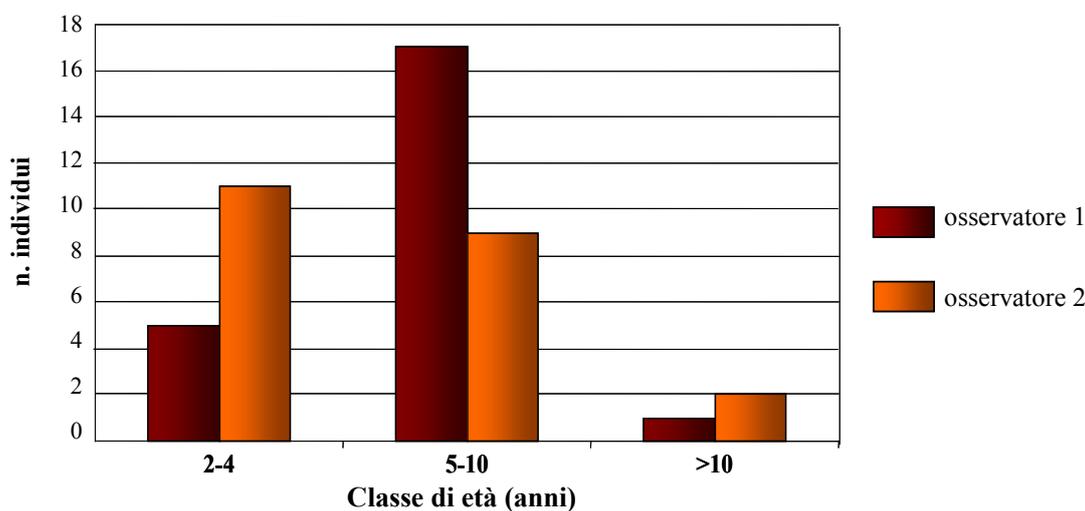


Figura 3.1 - Distribuzione in classi di età di 23 cervi maschi in base alla valutazione del grado di usura della dentatura effettuata da due osservatori (De Marinis et al. 2007).

Due osservatori hanno stimato l'età di un campione di mandibole di maschi di Cervo, servendosi della propria esperienza. Il primo osservatore ha attribuito la maggiore parte degli esemplari (74%) alla classe 5-10 anni, mentre il secondo osservatore ha ripartito in modo quasi uguale la maggior parte degli individui (91%) tra le classi 2-4 e 5-10 anni. Le classi di età indicate hanno un ruolo sociale ben diverso in una popolazione di Cervo, essendo la prima costituita da individui che sono fisiologicamente, ma non socialmente in grado di riprodursi e la seconda, invece, da soggetti che possono partecipare attivamente alla riproduzione. Facendo riferimento a strutture di popolazione così

diverse, la pianificazione faunistico-venatoria realizzata mediante piani di prelievo può basarsi su obiettivi altrettanto diversi. Pertanto le attività gestionali non rispondono più alle reali caratteristiche demografiche della popolazione, con conseguenze difficilmente valutabili a medio-lungo termine (Vincent *et al.* 1994).

La variabilità inter-osservatore non è l'unico fattore che può compromettere una corretta stima dell'età. Un altro fattore di rischio è rappresentato dalla variabilità intra-osservatore: lo stesso osservatore, infatti, può attribuire alla medesima classe di età mandibole che mostrano un diverso grado di usura o, viceversa, attribuire a classi di età diverse mandibole la cui dentatura è stata ugualmente usurata nel tempo (Tab. 3.8).

Tabella 3.8 - Variabilità intra-osservatore nell'interpretazione dello stadio di usura della dentatura su mandibole di maschi di Daino.

Stato di usura DIVERSO STESSA classe di età stimata 9-10 anni	Stato di usura UGUALE DIVERSA classe di età stimata per lo stesso individuo 7 anni per la mandibola in alto 5 anni per la mandibola in basso
	
	

La stima dell'età basata sull'esperienza dell'osservatore ed eventualmente anche sull'uso di collezioni di riferimento risulta, in genere, non accurata.

Ad esempio, nel corso del *test* effettuato da Hewison e collaboratori precedentemente citato (1999), l'errore (ossia la differenza tra l'età reale dell'individuo e l'età stimata dall'osservatore) varia tra -5 e + 6 anni per caprioli la cui età è compresa tra 1 e 7 anni, arrivando a toccare -10 anni nel caso di un individuo di 16 anni. La percentuale di errore, inoltre, varia in relazione alla popolazione ed è minore laddove i caprioli mostrano un basso tasso di usura, ossia in ambienti che per caratteristiche del suolo e qualità delle risorse sono poco usuranti (Szabik 1973).

Godawa (1989), confrontando i risultati ottenuti valutando l'età di maschi di Cervo (n=107) tramite esame dell'usura della dentatura con quelli derivanti dal conteggio degli strati di cemento (§ 2.5.2), ha evidenziato che l'età è stata correttamente stimata solo nel 22% dei casi, nei restanti è stata sovrastimata (66%) oppure sottostimata (12 %).

Allo scopo di rendere la stima dell'età più attendibile, sono stati sviluppati schemi di registrazione piuttosto complessi del *pattern* di usura dei denti dell'arcata molare per Cervo, Daino e Capriolo (Tab. 3.9). Tuttavia tali schemi permettono di valutare correttamente l'età solo se l'individuo ha pochi anni di vita. Infatti, nel caso del Cervo, la tolleranza nella stima varia da ± 3 mesi in individui di 9 mesi d'età fino a un massimo di ± 23 mesi in individui di 72 mesi; similmente, nel Daino, la tolleranza varia da ± 2 mesi in individui di 9 mesi d'età fino a un massimo di ± 22 mesi in individui di 77 mesi (Brown e Chapman 1990, 1991b). Nel caso del Capriolo (Høye 2006), la percentuale di individui la cui età è stata correttamente determinata è elevata (pari all'80%) solo nella classe 13-24 mesi, tale percentuale si riduce sensibilmente nelle classi successive, fino a scendere sotto al 40% già a 37-48 mesi.

In generale i sistemi di riferimento sopra menzionati (tavole fotografiche e tabelle per l'identificazione delle classi di età, schemi di registrazione del *pattern* di usura dei denti) sono stati costruiti senza differenziare il campione in funzione del sesso. Si ribadisce che l'evoluzione dell'usura è, però, diversa tra maschi e femmine nelle specie sessualmente dimorfiche (cfr. § 2.2) e questa differenza aumenta progressivamente con l'età dell'individuo. Ignorare l'esistenza del dimorfismo

sessuale nell'usura della dentatura determina ovviamente errori nella valutazione di una mandibola di età non nota.

Pérez-Barbería e collaboratori (2014) hanno applicato il metodo di Brown e Chapman (1991b) per stimare l'età di un campione di mandibole di Cervo di età nota e hanno rilevato che l'età viene in genere sottostimata da 1 a 6 anni. Quando hanno modificato tale metodo, ricalcolando l'equazione di regressione in funzione del sesso, e lo hanno applicato a individui di età inferiore a 120 mesi, hanno osservato un miglioramento nell'accuratezza della stima dell'età con scostamenti dall'età reale di ± 2 anni.

Tabella 3.9 - *Caratteristiche dei campioni di età nota studiati per la preparazione degli schemi di registrazione dell'usura di premolari (P) e molari (M) su mandibole di Cervo, Daino e Capriolo. Si evidenzia che i campioni non hanno sempre una distribuzione equilibrata tra i sessi e le classi di età (vedi la percentuale del campione con dentatura in sostituzione S % vs. la percentuale del campione con dentatura permanente P %). L'età è espressa in mesi (m) o anni (a).*

Specie	Dimensione del campione	Dente	Età del campione (min-max)	S %	P %	Area di studio	Autore
	111 (59 ♂, 52 ♀)	M	5 m-11,5 a	61 (5-33 m)	39 (33 m-11,5 a)	Richmond Park, presso Londra (parco recintato; foraggiamento invernale)	Brown e Chapman 1991b
	53 (34 ♂, 19 ♀)	P e M	4 m-7,5 a	34 (4-22 m)	66 (26 m-7,5 a)	Richmond Park, presso Londra (parco recintato; foraggiamento invernale)	Brown e Chapman 1990
	471 (283 ♂, 188 ♀)	P e M	<1 m-14 a	25 (<1-13 m)	75 (>13 m-14 a)	Jutland (Danimarca)	Høye 2006

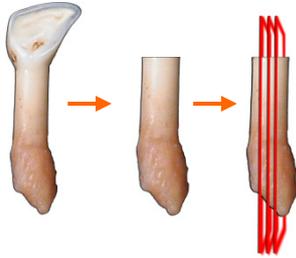
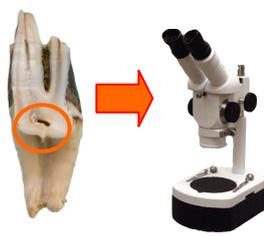
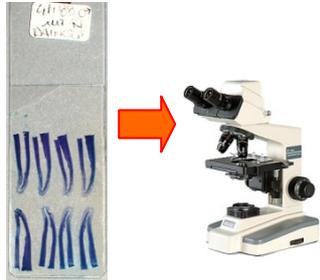
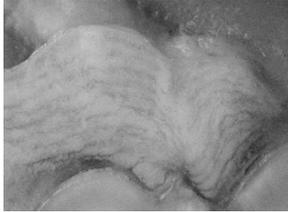
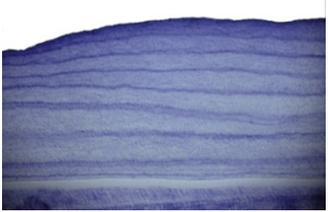
3.2 Determinazione dell'età

La determinazione dell'età corrisponde a una valutazione assoluta dell'età espressa in mesi o in anni, contrariamente a quanto avviene con la stima dell'età che consente solo l'assegnazione dell'individuo a una classe di età. Quando non si hanno a disposizione animali di età nota, la determinazione dell'età di un individuo comporta attività di laboratorio più o meno complesse che necessitano di personale specializzato. Nella scelta della metodologia è essenziale tenere conto del livello di dettaglio richiesto dagli obiettivi dell'indagine o dal programma di gestione in funzione dell'uso che si intende fare dei risultati conseguiti, nonché della reale applicabilità, in termini pratici, dei protocolli di lavoro da eseguire.

La determinazione si basa sempre sull'identificazione di strutture stratificate, con formazione annuale degli strati per tutta la vita dell'individuo. Il cemento risponde a queste caratteristiche e il conteggio degli strati di cemento nella radice di incisivi e molari è solitamente utilizzato per la determinazione dell'età nei Cervidi. Per facilitare il conteggio, le componenti degli strati possono essere evidenziate, sfruttandone le differenti proprietà di assorbimento e riflessione della luce in denti non decalcificati oppure le differenti capacità di colorazione in denti decalcificati (Morris 1972, Grue e Jensen 1979, Klevezal 1996).

La Tabella 3.10 illustra in modo sintetico i principali passaggi dei corrispondenti protocolli di analisi, evidenziandone le differenze. Va ricordato che, nel corso degli anni, diversi autori hanno apportato numerose variazioni ai singoli protocolli nel tentativo di diminuire il tempo lavoro e aumentare la leggibilità del cemento.

Tabella 3.10 - Determinazione dell'età attraverso il conteggio degli strati di cemento su denti non decalcificati (a sinistra) e decalcificati (a destra).

<p>Taglio di M₁ in due parti secondo il piano longitudinale indicato.</p> 	 <p>Decalcificazione di I₁ e taglio della radice in sezioni secondo i piani longitudinali indicati¹.</p>
<p>Dopo la molatura, osservazione della superficie di taglio (cerchio arancione) allo stereomicroscopio a luce riflessa.</p> <p>In alternativa si possono osservare sezioni di alcune decine di μ a luce trasmessa.</p> 	 <p>Dopo la colorazione, osservazione del preparato istologico al microscopio ottico.</p>
<p>Conteggio delle bande che appaiono chiare sulla superficie di taglio.</p> 	 <p>Conteggio delle linee di incremento che appaiono scure sul preparato.</p>

¹ L'asportazione della corona può essere effettuata prima, durante o dopo la decalcificazione a seconda della specie.

La tecnica che non richiede la decalcificazione del dente è ovviamente più rapida e il conteggio può essere effettuato immediatamente dopo il taglio. Con questa tecnica, però, la leggibilità del preparato non è sempre la medesima. In alcuni soggetti gli strati di cemento sono talmente ben marcati da essere visibili quasi a occhio nudo (Fig. 3.2), ma vi possono essere anche casi in cui gli strati non sono ben distinguibili, nonostante la superficie di taglio venga trattata con sostanze che dovrebbero migliorare il contrasto tra gli strati, quali acqua, glicerina, smalto trasparente per unghie o soluzioni acide (Klevezal 1996). Pertanto il conteggio degli strati di cemento risulta condizionato dalla variabilità individuale che caratterizza il campione di denti sotto osservazione (Omar 1992).

La tecnica che richiede la decalcificazione del dente, a differenza della precedente, consente di ottenere in genere preparati istologici leggibili. L'eventuale non leggibilità del preparato è, infatti, attribuibile in gran parte a errori commessi durante il suo allestimento. La percentuale di preparati di cattiva qualità può essere alta in fase preliminare, quando si prova il protocollo e si verificano i tempi di esecuzione. Anche con questa tecnica, comunque, ci possono essere casi in cui le linee di incremento sono poco colorate e non ben distinguibili a causa di caratteristiche proprie di alcuni individui, nonostante il dente sia stato correttamente processato.

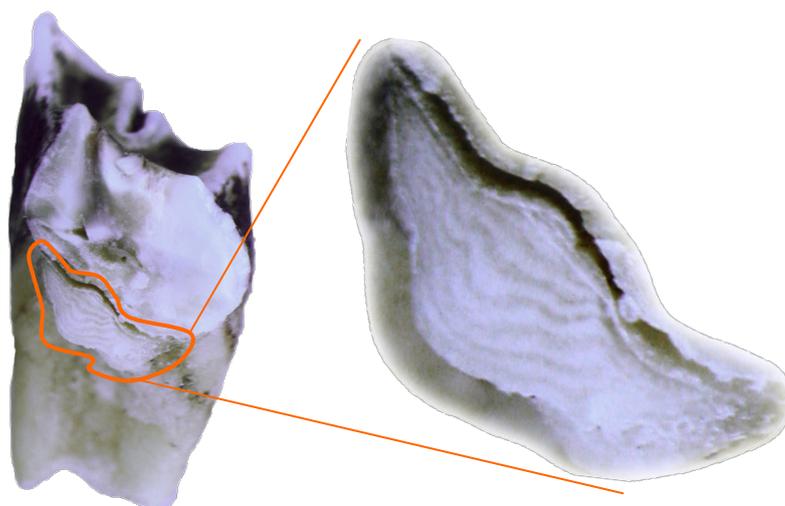


Figura 3.2 - Stratificazione del cemento visibile su M_1 a sinistra (2,5x), dopo che è stato effettuato il taglio del dente secondo un piano longitudinale come indicato nella Tabella 3.10. Anche se la struttura stratificata del cemento è visibile quasi a occhio nudo, il conteggio degli strati deve essere effettuato allo stereomicroscopio.

Quanto sopra esposto relativamente alla leggibilità degli strati di cemento è illustrato in termini quantitativi dal grafico seguente. Poco più della metà dei denti che hanno posto problemi di lettura sono stati estratti da mandibole di soggetti con un'età compresa tra 5 e 10 anni, a prescindere dalla tecnica applicata. Questi risultati sono dovuti al fatto che questa classe è la più numerosa all'interno del campione oggetto del *test*.

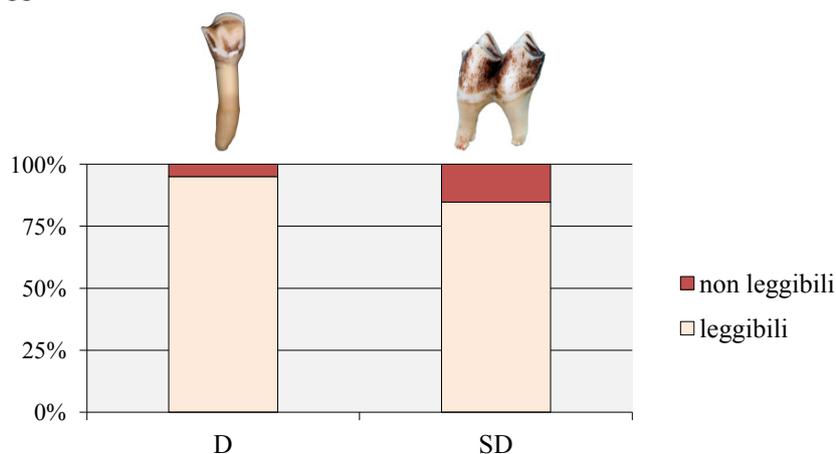


Figura 3.3 - Leggibilità degli strati di cemento su I_1 ($n=200$) e M_1 ($n=131$), estratti da mandibole di Cervo, in relazione alla tecnica adottata (con decalcificazione, D, oppure senza decalcificazione, SD, del dente).

Analizzando i risultati in funzione della località di provenienza (Appennino tosco-emiliano e Alpi orientali), si può osservare che gli strati di cemento risultano leggibili in un numero maggiore di preparati nei soggetti provenienti dalle Alpi (Fig. 3.4), qualunque sia la tecnica adottata. I cervi che vivono sull'arco alpino devono affrontare condizioni climatiche rigide associate a una minore disponibilità di cibo, sia in termini qualitativi sia quantitativi. Queste condizioni si riflettono sullo spessore e sul contrasto degli strati di cemento, rendendo il disegno nitido e ben marcato. Ne consegue che raramente si incontrano difficoltà nel conteggio degli strati in un campione proveniente dalle Alpi. A questo proposito numerosi studi hanno evidenziato che esiste una relazione tra latitudine e accuratezza del metodo di conteggio degli strati di cemento per cui all'aumentare della latitudine diminuisce la percentuale di errore nella valutazione dell'età (Asmus e Weckerly 2011).

Analizzando, infine, i risultati in funzione del sesso si può osservare che gli strati di cemento risultano leggibili senza difficoltà più frequentemente nei maschi rispetto a quanto avviene nelle femmine, indipendentemente dalla località di provenienza e dalla tecnica di indagine applicata (Fig. 3.4).

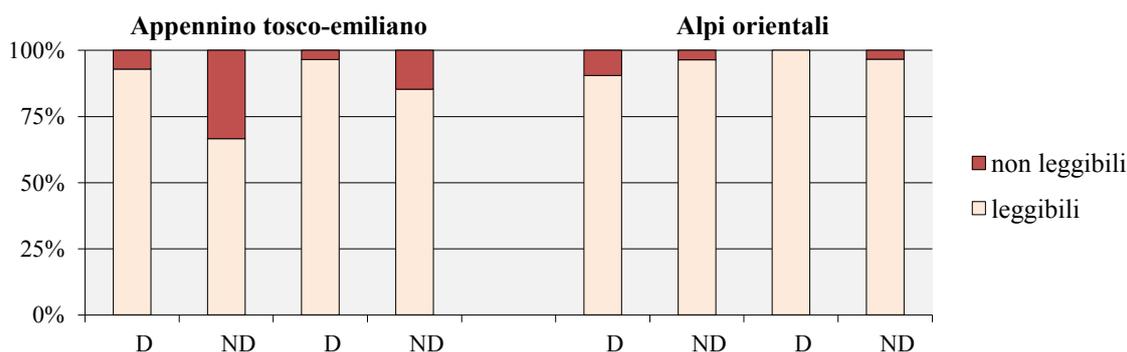


Figura 3.4 - Leggibilità degli strati di cemento su I_1 ($n=200$) e M_1 ($n=131$), estratti da mandibole di Cervo, in relazione alla località di provenienza, al sesso e alla tecnica adottata per l'esame microscopico (con decalcificazione, D, oppure senza decalcificazione, SD, del dente).

Questi risultati confermano quanto già osservato da Omar (1992) su di un campione di cervi scozzesi di età nota. Fattori di tipo fisiologico potrebbero spiegare perché nelle femmine si incontrano più frequentemente difficoltà nel contare gli strati di cemento. La gravidanza e l'allattamento determinano uno stato di carenza di calcio e i denti, durante questi periodi, rappresentano un vero e proprio magazzino di questo elemento a cui attingere nei momenti di maggior bisogno (Klevezal 1996). In realtà, i complessi meccanismi fisiologici che regolano la deposizione del cemento non sono stati ancora del tutto chiariti; per ora, quindi, è possibile formulare soltanto delle ipotesi.

L'accuratezza dei metodi descritti nella Tabella 3.10 è stata testata su campioni provenienti da popolazioni europee di Cervo, Daino e Capriolo, confrontando l'età determinata mediante tecniche di analisi microscopica con l'età reale dell'individuo (Tab. 3.11).

Tabella 3.11 - Percentuale di individui la cui età (determinata mediante conteggio degli strati di cemento su denti non decalcificati SD oppure decalcificati D) corrisponde all'età nota (A%) oppure all'età nota ± 1 anno (B%) in Cervo, Daino e Capriolo. m: mesi; a: anni; ♀/♂: campione non classificato secondo il genere; *: campione di età nota.

Specie	Dimensione del campione	Intervallo di età	Tecnica	Tipo di dente	A%	B%	Autore
	22 * (9♀ e 13♂)	1-19,5 a ¹	SD	M_1	77	95	Mitchell 1967
	51 ² (♀/♂)	4-44 m	D	M_1	75	99	Azorit <i>et al.</i> 2004
	61 ² (♀/♂)	4-44 m	D	I_1	49	86	Azorit <i>et al.</i> 2004
	28 * (♀/♂)	1-8 a	SD	M_1	54	93	Lowe 1967
	27 * (10 ♀ e 17 ♂)	2-7 a; 9-11 a	SD	M_1	48	85	Moore <i>et al.</i> 1995
	9 * (♀/♂)	<1-7 a	SD	M_1	78	89	Aitken 1975
	74 * (♀/♂)	1-9 a	SD	M_1	46	86	Cederlund <i>et al.</i> 1991
	8 * - 5 ³ (♀/♂)	1-6 a	D	I_1 e M_1	75	n.i.	Kovács e Felek 1991

¹ il campione è costituito da individui di età compresa tra 1 e 3 anni tranne due individui di 17,5 e 19,5 anni di età, rispettivamente; ² il campione è assimilabile a un campione di età nota, perché formato da individui con dentatura in sostituzione; ³ il campione comprende solo animali con età minima nota.

I risultati ottenuti in questi studi sono discordanti come indicano i valori percentuali riportati. La metodologia applicata, le caratteristiche del campione (dimensioni, ripartizione per classi di età e sesso, intervallo di età considerato), le caratteristiche di ciascuna popolazione nonché la maggiore o minore esperienza degli osservatori possono aver influenzato in vario modo questi risultati, rendendo praticamente impossibile qualsiasi analisi critico-comparativa per ognuna delle specie considerate.

In ogni caso il metodo del conteggio può assicurare un accurata determinazione dell'età solo se i tecnici acquisiscono sufficiente esperienza nell'osservazione dei preparati al microscopio ottico e mettono alla prova l'esperienza acquisita continuamente, in esami di *routine* oppure in confronti con preparati di età nota. Tutto ciò garantisce anche un'elevata ripetibilità della valutazione (Rolandsen *et al.* 2007).

In conclusione si sottolinea che, qualunque sia la tecnica adottata, è necessario:

- ▶ standardizzare le procedure di laboratorio,
- ▶ standardizzare il metodo di conteggio (ossia definire cosa contare, studiando i ritmi di deposizione del cemento nell'arco dell'anno su individui di età nota),
- ▶ validare la tecnica con individui di età nota e testarne l'accuratezza.

La standardizzazione garantisce che la determinazione dell'età sia indipendente dall'osservatore, la validazione assicura l'affidabilità della valutazione.

SCHEDA 3.1

DIMENSIONE DELLA CAVITÀ DEL DENTE E VALUTAZIONE DELL'ETÀ

Quando si determina l'età di un individuo attraverso il conteggio degli strati di cemento sulla radice di M_1 , è possibile rilevare anche la dimensione della cavità del dente, misurandone l'ampiezza tramite un software di elaborazione di immagini (Fig. 3.5).

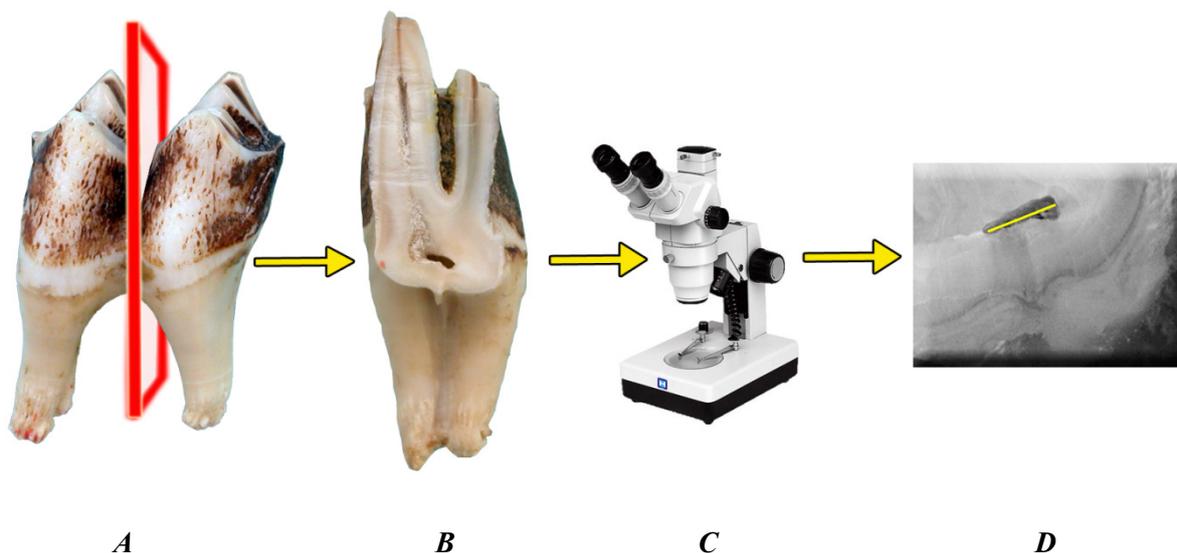


Figura 3.5 - Misurazione allo stereomicroscopio (C) dell'ampiezza massima della cavità di M_1 (indicata da una linea gialla in D) sulla superficie derivante dal taglio del molare (B) secondo un piano verticale passante tra le cuspidi e le radici (A).

La relazione tra dimensione della cavità ed età è illustrata a titolo di esempio dal seguente grafico, costruito con i dati raccolti su di un campione di cervi ($n=118$) provenienti dalle Alpi orientali e dall'Appennino tosco-emiliano.

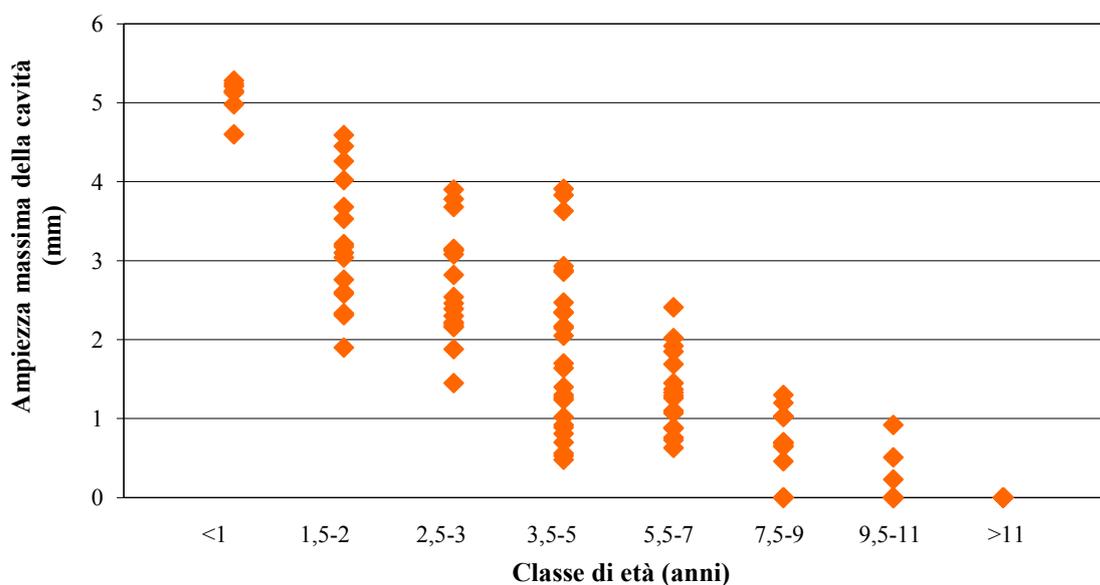


Figura 3.6 - Ampiezza massima della cavità di M_1 in funzione della classe di età nel Cervo.

Avendo a disposizione questi dati è possibile realizzare tabelle analoghe alla seguente che forniscono informazione utili alla valutazione dell'età, quando gli strati di cemento sui denti non decalcificati risultano non ben leggibili al punto che non è possibile indicare con sicurezza il loro numero complessivo.

- Ad esempio, la classe di età stimata è:*
- 2,5-5 anni, se la cavità del dente ha un'ampiezza maggiore di 2,5 mm;
 - 2,5-7 anni, se la cavità del dente ha un'ampiezza compresa tra 1,5-2,5 mm;
 - maggiore di 7,5 anni, se la cavità del dente è ormai chiusa.

Tabella 3.12 - Percentuale di individui per classe di età in base alla dimensione della cavità del dente, in un campione di 77 cervi.

Classe di età (anni)	Dimensioni cavità (mm)	>2,5	1,5-2,5	< 1,5	chiusa
2,5-3		50%	44%	6%	
3,5-5		25%	29%	46%	
5,5-7			31%	69%	
7,5-9				73%	27%
9,5-11				27%	73%
> 11					100%

SCHEDA 3.2

I CANINI SUPERIORI SONO INDICATORI DELL'ETÀ DI UN CERVO?

D'Errico e Vanhaeren (2002) hanno mostrato che tramite quattro diverse variabili morfologiche, rilevabili sulla corona e sulla radice dei canini superiori, è possibile assegnare un individuo a una classe di età. La tabella seguente riporta solo alcuni dei risultati ottenuti in questo studio, evidenziando i caratteri per i quali è stata registrata una sovrapposizione minima o nulla tra le classi di età. Il carattere relativo al lobo disto-linguale (prominenza localizzata sul margine posteriore del lato linguale della corona, in corrispondenza della linea di unione tra radice e corona) rappresenta un'eccezione ed è stato ugualmente inserito in tabella a causa delle notevoli differenze registrate in funzione del sesso.

Tabella 3.13 - Variabili morfologiche rilevabili sui canini superiori di Cervo (rielaborato da D'Errico e Vanhaeren 2002).

Variabile	Canino superiore (faccia labiale)
<p>A. Usura della faccia oclusale</p> <p>1. corona non usurata</p> <p>2. corona appena usurata</p> <p>3. corona molto usurata</p> <p>4. corona quasi scomparsa (margine della corona quasi completamente raggiunto dall'usura)</p>	<p>radice</p> <p>corona</p>
<p>B. Apice della radice</p> <p>1. aperto</p> <p>2. chiuso</p>	
<p>C. Cavità del dente</p> <p>1. visibile</p> <p>2. non visibile</p>	
<p>D. Lobo disto-linguale</p> <p>1. presente</p> <p>2. scomparso</p>	

Questi risultati derivano da rilevamenti effettuati su 249 coppie di canini permanenti prelevati da un campione di cervi (134 femmine e 115 maschi) provenienti dall'isola di Rum (Scozia), di età compresa tra 1 e 20 anni per le femmine e 2 e 15 anni per i maschi.

Il rilevamento di queste variabili morfologiche consente di effettuare una prima valutazione dell'età del capo abbattuto o rinvenuto morto direttamente sul campo.

Occorre in ogni caso sottolineare che è sempre opportuno costruire specifiche tabelle di riferimento per la popolazione oggetto di monitoraggio e utilizzare quelle disponibili in letteratura solo per analisi di tipo comparativo (Greer e Yeager 1967).

Tabella 3.14 - Variabili morfologiche (descritte nella tabella precedente) che possono dare indicazioni sull'età dell'animale prelevato, catturato o rinvenuto morto in funzione del sesso (rielaborato da D'Errico e Vanhaeren 2002).



		Variabile morfologica	Classe di età (anni)
senza estrazione	A	non usurata o appena usurata	≤ 7
		corona quasi scomparsa	≥ 10
con estrazione	B	aperto	≤ 4
		chiuso	≥ 7
	D	presente	≤ 10
		scomparso	≥ 9



		Variabile morfologica	Classe di età (anni)
senza estrazione	A	non usurata o appena usurata	≤ 10
		corona quasi scomparsa	≥ 14
con estrazione	B	aperto	≤ 4
		chiuso	≥ 6
	C	visibile	≤ 9
		non visibile	≥ 10
	D	presente	≤ 13
		scomparso	≥ 5

4. LA VALUTAZIONE DELL'ETÀ: UN PERCORSO AD OSTACOLI

La stima e la determinazione dell'età valutano in modi radicalmente diversi i cambiamenti che la dentatura subisce con il trascorrere del tempo. La relazione dentatura-tempo non è però lineare per cui la valutazione dell'età, qualunque sia la tecnica adottata, può essere vista come un percorso a ostacoli in cui la variabilità generata da molteplici fattori pregiudica l'attendibilità dei risultati, come evidenziato nel capitolo precedente e sintetizzato nella Figura 4.1. Ne consegue che la valutazione può diventare uno strumento di lavoro solo se la procedura di identificazione delle classi di età ha le seguenti caratteristiche.

- ▶ Deriva dallo studio di un campione di età nota o la cui età è stata determinata tramite il conteggio delle linee di incremento del cemento.
- ▶ Comporta l'uso di caratteri diagnostici facilmente riconoscibili e oggettivi.
- ▶ Prevede l'esame standardizzato della dentatura.
- ▶ È calibrata sulla popolazione oggetto di monitoraggio.
- ▶ Tiene conto del sesso, nelle specie in cui i processi di eruzione e usura risultano sessualmente dimorfici.

Pertanto, nell'ottica di rendere la valutazione dell'età uno strumento di gestione affidabile, il presente lavoro è affiancato dai seguenti volumi.

90.1 - *Valutazione dell'età nei Cervidi - Come realizzare una guida per la valutazione dell'età*

Questo manuale propone un protocollo di laboratorio per la determinazione dell'età tramite il conteggio delle linee di incremento del cemento e un protocollo per la realizzazione di guide per la valutazione dell'età in base allo stadio di eruzione e di usura dei denti permanenti.

90.2 - *Valutazione dell'età nei Cervidi - Guida pratica all'identificazione delle classi di età nel Cervo*

90.3 - *Valutazione dell'età nei Cervidi - Guida pratica all'identificazione delle classi di età nel Daino*

Queste guide propongono una procedura di identificazione delle classi di età per le popolazioni di Cervidi che vivono in ambiente alpino, appenninico e mediterraneo, differenziata per sesso.

Questi volumi compongono un itinerario in cui si analizzano gli aspetti generali e quelli applicativi del problema della valutazione dell'età. Ciascun volume può comunque essere consultato singolarmente, volendo approfondire un aspetto specifico del problema.

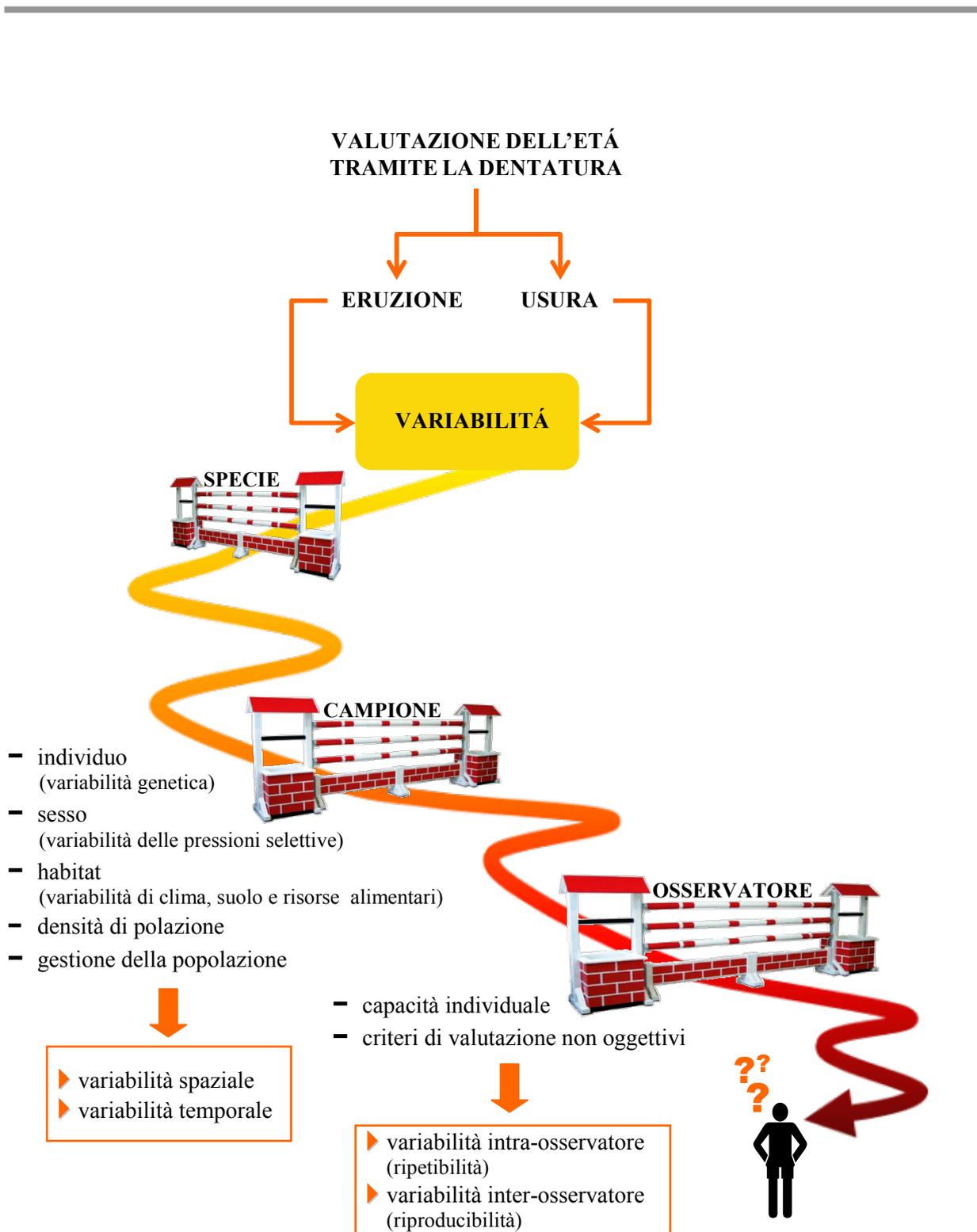


Figura 4.1 - La valutazione dell'età di un Cervide tramite esame della dentatura vista come un percorso a ostacoli a causa della variabilità che caratterizza i processi di eruzione e usura, correlata con la specie, il campione e l'osservatore.

BIBLIOGRAFIA

- AITKEN R.J., 1975. *Cementum layers and tooth wear as criteria for ageing Roe deer (Capreolus capreolus)*. Journal of Zoology, 175: 15-28.
- ANDERSON A.E., MEDIN D.E., BOWDEN D.C., 1974. *Growth and morphometry of the carcass, selected bones, organs, and glands of mule deer*. Wildlife Monographs, 39: 1-122.
- ASHBY K.R., HENRY B.A.M., 1979. *Age criteria and life expectancy of Roe deer (Capreolus capreolus) in coniferous forest in North-eastern England*. Journal of Zoology, 189: 207-220.
- ASMUS J., WECKERLY F.W., 2011. *Evaluating precision of cementum annuli analysis for aging mule deer from Southern California*. Journal of Wildlife Management, 75 (5): 1194-1199.
- AZORIT C., 2011. *Guía para la determinación de la edad del ciervo ibérico (Cervus elaphus hispanicus) a través de su dentición: revisión metodológica y técnicas de elección*. Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental, 24: 235-264.
- AZORIT C., ANALLA M., CARRASCO R., CALVO J.A., MUÑOZ-COBO J., 2002a. *Teeth eruption pattern in red deer (Cervus elaphus hispanicus) in southern Spain*. Anales de Biología, 24: 107-114.
- AZORIT C., MUÑOZ-COBO J., ANALLA M., 2002b. *Abnormal teeth in the Spanish Red deer (Cervus elaphus hispanicus)*. Zeitschrift für Jagdwissenschaft, 48: 252-260.
- AZORIT C., ANALLA M., MUÑOZ-COBO J., 2003. *Variation in mandible size in red deer Cervus elaphus hispanicus from southern Spain*. Acta Theriologica, 48: 221-228.
- AZORIT C., MUÑOZ-COBO J., HERVÁS J., ANALLA M., 2004. *Aging through growth marks in teeth of Spanish Red deer*. Wildlife Society Bulletin, 32: 702-710.
- BARONE R., 1999. *Anatomie comparée des mammifères domestiques. Ostéologie*. 4 ed. Vigot Frères, Paris.
- BERTOUILLE S.B., de CROMBRUGGHE S.A., 1995. *Body mass and lower jaw development of the female red deer as indices of habitat quality in the Ardennes*. Acta Theriologica, 40 (2): 145-162.
- BLAXTER K.L., KAY R.N.B., SHARMAN G.A.M., CUNNINGHAM J.M.M., HAMILTON W.J., 1974. *Farming the red deer*. Edinburgh. Her Majesty's Stationery Office.
- BOISAUBERT B., BOUTIN J.M., 1988. *Le chevreuil*. Hatier, Paris.
- BONENFANT C., GAILLARD J.-M., KLEIN F., LOISON A., 2002. *Sex- and age-dependent effects of population density on life-history traits of red deer Cervus elaphus in a temperate forest*. Ecography, 25: 446-458.
- BORG K., 1985. *Variationen in der Gestaltung des Skeletts beim Reh*. Zeitschrift für Jagdwissenschaft, 31: 46-49.
- BROWN W.A.B., CHAPMAN N.G., 1990. *The dentition of fallow deer (Dama dama): a scoring scheme to assess age from wear of the permanent molariform teeth*. Journal of Zoology, London, 221: 659-682.
- BROWN W.A.B., CHAPMAN N.G., 1991a. *Age assessment of fallow deer (Dama dama): from a scoring scheme based on radiograph of developing permanent molariform teeth*. Journal of Zoology, 224: 367-379.
- BROWN W.A.B., CHAPMAN N.G., 1991b. *The dentition of red deer (Cervus elaphus): a scoring scheme to assess age from wear of the permanent molariform teeth*. Journal of Zoology, London, 224: 519-536.
- BROWN W.A.B., CHAPMAN N.G., 1991c. *Age assessment of red deer (Cervus elaphus): from a scoring scheme based on radiograph of developing permanent molariform teeth*. Journal of Zoology, 225: 85-97.
- CARRANZA J., ALARCOS S., SÁNCHEZ-PRIETO C.B., VALENCIA J., MATEOS C., 2004. *Disposable-soma senescence mediated by sexual selection in an ungulate*. Nature, 432: 215-218.
- CARRANZA J., PÉREZ-BARBERÍA F.J., 2007. *Sexual selection and senescence: male size-dimorphic ungulates evolved relatively smaller molars than females*. The American Naturalist, 170: 370-380.
- CARRANZA J., MATEOS C., ALARCOS S., SÁNCHEZ-PRIETO C.B., VALENCIA J., 2008. *Sex-specific strategies of dentine depletion in red deer*. Biological Journal of the Linnean Society, 93 (3): 487-497.
- CARTER R.J., 1997. *Age estimation of the roe deer (Capreolus capreolus) mandibles from the Mesolithic site of Star Carr, Yorkshire, based on radiographs of mandibular tooth development*. Journal of Zoology, 241: 495-502.

-
- CEDERLUND G., KJELLANDER P., STÄLFELT F., 1991. *Age determination of roe deer by tooth wear and cementum layers - tests with known age material*. XX I.U.G.B. Congress, Gödöllő, Ungheria.
- CHAPLIN R.E., ATKINSON J., 1968. *The occurrence of the upper canine in Roe deer (Capreolus capreolus) from England and Scotland*. Journal of Zoology, 155: 141-144.
- CHAPLIN R.E., WHITE R.W.G., 1969. *The use of tooth eruption and wear, body weight and antler characteristics in the age estimation of male wild and park Fallow deer (Dama dama)*. Journal of Zoology, 157: 125-132.
- CHAPMAN D.I., CHAPMAN N., 1970. *Development of the Teeth and mandibles of Fallow deer*. Acta Theriologica, 7: 111-131.
- CHAPMAN D.I., CHAPMAN N.G., 1997. *Fallow Deer: Their History, Distribution and Biology*. Coch-Y-Bonddu Books, Machynlleth, Powis.
- CLAUSS M., KAISER T., HUMMEL J., 2008. *The morphophysiological adaptations of browsing and grazing mammals*. In I.J. Gordon e H.H.T Prins (eds.) *The Ecology of Browsing and Grazing*, Springer, New York, pp. 47-88.
- D'ERRICO F., VANHAEREN M., 2002. *Criteria for identifying red deer (Cervus elaphus) age and sex from their canines. Application to the study of Upper Paleolithic and Mesolithic ornaments*. Journal of Archaeological Science, 29 (2): 211-232.
- DAMUTH J., JANIS C.M., 2011. *On the relationship between hypsodonty and feeding ecology in ungulate mammals, and its utility in palaeoecology*. Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society, 86 (3): 733-58.
- DAMUTH J., JANIS C.M., 2014. *A comparison of observed wear rates in extant herbivorous mammals*. Annales Zoologici Fennici, 51: 188-200.
- DE MARINIS A.M., GOZZI C., MARASCO V., TOSO S., 2006. *A photographic guide for aging fallow deer Dama dama*. 6th International Deer Biology Congress "Deer in changing world", Praga, Repubblica Ceca.
- DE MARINIS A.M., NICOLOSO S., GOZZI C., CIUTI F., TOSO S., 2007. *Age determination as a tool to manage Red deer populations*. 1st International Conference on Genus Cervus, Fiera di Primiero (Trento).
- DONG W., 1993. *A morphological analysis of cheek teeth of Eurasian Pliocene Cervids and a comparative study on morphology of deer hair*. In: N. Ohtaishi e H.I. Sheng (eds.) *Deer of China Biology And Management*, Elsevier, Amsterdam, pp. 65-79.
- DRECHSLER H., 1988. *Altersentwicklung und Altersansprache beim Rotwild: Gestalten, Gesichter, Gehabe, Geweihe, Gebisse*. Paul Parey, Amburgo e Berlino.
- EIDMANN H., 1939. *Untersuchungen am Gebiß der Rothirsches und der anderen einheimischen Cerviden*. M. & H. Schaper, Hannover.
- FESTA-BIANCHET M., GAILLARD J-M., CÔTÉ S.D., 2003. *Variable age structure and apparent density dependence in survival of adult ungulates*. Journal of Animal Ecology, 72(4): 640-649.
- FORTELIUS M., 1985. *Ungulate cheek teeth: developmental, functional, and evolutionary interrelations*. Acta Zoologica Fennica, 180: 1-76.
- FORTELIUS M., SOLOUNIAS N., 2000. *Functional characterization of ungulate molars using the abrasion-attrition wear gradient: a new method for reconstructing paleodiets*. American Museum Novitates, 3301: 1-36.
- FORTELIUS M., ERONEN J., JERNVALL J., LIU L., PUSHKINA D., RINNE J., TESAKOV A., VISLOBOKOVA I., ZHANG Z., LIPING Z., 2002. *Fossil mammals resolve regional patterns of Eurasian climate change over 20 million years*. Evolutionary Ecology Research, 4: 1005-1016.
- GAILLARD J-M., DELORME D., BOUTIN J-M., VAN LAERE G., BOISAUBERT B., 1996. *Body mass of roe deer fawns during winter in two contrasting populations*. Journal of Wildlife Management, 60: 29-36.
- GAILLARD J-M., BOUTIN J.M., DELORME D., VAN LAERE G., DUNCAN P., LEBRETON J.D., 1997. *Early survival in roe deer: causes and consequences of cohort variation in two contrasted populations*. Oecologia, 112: 502-513.
- GAILLARD J-M., FESTA-BIANCHET M., YOCCOZ N.G., 1998. *Population dynamics of large herbivores: variable recruitment with constant adult survival*. Trends in Ecology and Evolution, 13 (2): 58-63.

-
- GAILLARD J.-M., FESTA-BIANCHET M., YOCCOZ N.G., LOISON A., TOÏGO C., 2000. *Temporal variation in fitness components and population dynamics of large herbivores*. Annual Review of Ecology and Systematics, 31: 367-93.
- GAILLARD J.-M., LOISON A., TOÏGO C., DELORME D., VAN LAERE G., 2003. *Cohort effects and deer population dynamics*. Ecoscience, 10: 412-420.
- GAREL M., GAILLARD J.-M., DELORME D., VAN LAERE G., 2014. *Eruption patterns of permanent front teeth as an indicator of performance in roe deer*. Ecological indicators, 45: 300-307.
- GODAWA J., 1989. *Age determination in the Red Deer (Cervus elaphus)*. Acta Theriologica, 34 (28): 381-384.
- GREER K.R., YEAGER H.W., 1967. *Sex and age indications from upper canine teeth of Elk (Wapiti)*: Journal of Wildlife Management 31: 408-417.
- GRUE H.E., JENSEN B., 1979. *Review of the formation of incremental lines in tooth cementum of terrestrial mammals*. Danish Review of Game Biology, 11: 3-47.
- GUINNESS F.E., GIBSON R.M., CLUTTON-BROCK T.H., 1978. *Calving times of red deer (Cervus elaphus) on Rhum*. Journal of Zoology, 185: 105-114.
- HAAS A., 1978. *La détermination précise de l'âge du cerf noble*. Diana, 95: 12-16.
- HABERMEHL K.H., 1961. *Die Altersbestimmung bei Haustieren, Pelztieren und beim jagdbaren Wild*. Paul Parey, Berlino e Amburgo.
- HEWISON A.J.M., VINCENT J.P., BIDEAU E., ANGIBAUT J.M., PUTMAN R.J., 1996. *Variation in cohort mandible size as an index of roe deer (Capreolus capreolus) densities and population trends*. Journal of Zoology, 239: 573-581.
- HEWISON A.J.M., VINCENT J.P., ANGIBAUT J.M., DELORME D., VAN LAERE G., GAILLARD J.M., 1999. *Tests of estimation of age from tooth wear on roe deer of known age: variation within and among populations*. Canadian Journal of Zoology, 77: 58-67.
- HILLSON S., 2005. *Teeth* (2nd Edition). Cambridge University Press (Cambridge Manuals in Archaeology), Cambridge.
- HØYE T.T., 2006. *Age determination in roe deer - a new approach to tooth wear evaluated on known age individuals*. Acta Theriologica, 51 (2): 205-214.
- HØYE T.T., FORCHHAMMER M.C., 2006. *Early developed section of the jaw as an index of prenatal growth conditions in adult roe deer Capreolus capreolus*. Wildlife Biology, 12 (1): 71-76.
- JACKSON J.E., 1974. *The feeding ecology of the Fallow deer (Dama dama L.) in the New Forest*. PhD thesis, University of Southampton.
- KAISER T.M., MÜLLER D.W.H., FORTELIUS M., SCHULZ E., CODRON D., CLAUSS M., 2013. *Hypsodonty and tooth facet development in relation to diet and habitat in herbivorous ungulates: implications for understanding tooth wear*. Mammal Review, 43 (1): 36-46.
- KIERDORF H., 1997. *Rehbock (Capreolus capreolus L.) mit beidseitiger Verdoppelung des M₃*. Zeitschrift für Jagdwissenschaft, 43: 125-128.
- KIERDORF H., KIERDORF U., HOMMELSHEIM S., 1991. *Scanning electron microscopic observations on the development and structure of tooth enamel in Cervidae (Mammalia: Ruminantia)*. Anatomia Histologia Embryologia, 20 (3): 237-52.
- KIERDORF H., KIERDORF U., 1992. *A scanning electron microscopic study on the distribution of peritubular dentine in cheek teeth of Cervidae and Suidae (Mammalia, Artiodactyla)*. Anatomy and Embryology, 186 (4): 319-26.
- KIERDORF H., KIERDORF U., 1993. *Symmetrical occurrence of a supernumerary premolar in the lower jaw of a roe buck (Capreolus capreolus L. 1758)*. Zeitschrift für Jagdwissenschaft, 39 (1): 60-64.
- KIERDORF H., KIERDORF U., 1995. *Rotation des P₂ um 180° bei einem Rothirsch (Cervus elaphus L.)*. Zeitschrift für Jagdwissenschaft, 41: 69-71.
- KIERDORF H., KIERDORF U., SEDLÁČEK F., ERDELEN M., 1996. *Mandibular bone fluoride levels and occurrence of fluoride induced dental lesions in populations of wild red deer (Cervus elaphus) from Central Europe*. Environmental Pollution, 93: 75-81.
- KIERDORF H., HOMMELSHEIM S., KIERDORF U., 2012. *Development of the Permanent Mandibular Cheek Teeth in Fallow Deer (Dama dama)*. Anatomia Histologia Embryologia, 41: 419-427.
- KIERDORF U., 2001. *Extreme premolar rotation in red deer (Cervus elaphus L.) and roe deer (Capreolus capreolus L.)*. Zeitschrift für Jagdwissenschaft, 47 (3): 232-237.

-
- KIERDORF U., 2011. *How many mandibles in a mammal? A note on terminology*. Anatomia Histologia Embryologia, 40: 107-111.
- KIERDORF U., KIERDORF H., 1988. *Weitgehende Rotation des 4. Prämolaren im Unterkiefer eines Rothirsches (Cervus elaphus L.) und eines Rehbockes (Capreolus capreolus L.)*. Zeitschrift für Säugetierkunde, 53: 317-319.
- KIERDORF U., BECHER J., 1997. *Mineralization and wear of mandibular first molars in red deer (Cervus elaphus) of known age*. Journal of Zoology, 241: 135-143.
- KIERDORF U., KIERDORF H., 1999. *Dental fluorosis in wild deer: its use as a biomarker of increased fluoride exposure*. Environmental Monitoring and Assessment, 57: 265-275.
- KIERDORF U., KIERDORF H., 2002. *Supernumerary incisiform tooth in a red deer (Cervus elaphus L.)*. Zeitschrift für Jagdwissenschaft, 48: 276-280.
- KIERDORF U., KIERDORF H., 2006. *Comparative analysis of dental fluorosis in roe deer (Capreolus capreolus) and red deer (Cervus elaphus): interdental variation and species differences*. Journal of Zoology, 250: 87-93.
- KIERDORF U., BAHELKOVÁ P., SEDLÁČEK F., KIERDORF H., 2011. *Pronounced reduction of fluoride exposure in free-ranging deer in North Bohemia (Czech Republic) as indicated by the biomarkers skeletal fluoride content and dental fluorosis*. Science of The Total Environment, 414: 686-95.
- KLEVEZAL G.A., 1996. *Recording Structures of Mammals. Determination of Age and Reconstruction of Life History*. A.A. Balkema Publishers, Rotterdam.
- KOVÁCS G., FELEK Z., 1991. *Reliability of the cementum annuli count and the hunter's age determination in the roe deer*. XX I.U.G.B. Congress, Gödöllő, Ungheria.
- KREIE B., VAUK G., 1991. *Zahn- und Gebissanomalien bei Rehwild der Lüneburger Heide*. Zeitschrift für Jagdwissenschaft, 37: 136-137.
- LANGVATN R. (ed.), 1977. *Criteria of physical condition, growth and development in Cervidae, suitable for routine studies*. Nordic Studies for Wildlife Research, Stockholm.
- LANGVATN R., MYSTERUD A., STENSETH N.C., 2004. *Relationships in red deer (Cervus elaphus) mandibles*. Acta Theriologica, 49: 527-542.
- LIEBERMAN D.E., 1994. *The biological basis for seasonal increments in dental cementum and their application to archaeological research*. Journal of Archaeological Science, 21: 525-539.
- LIEBERMAN D.E., MEADOW R.H., 1992. *The biology of cementum increments (with an archaeological application)*. Mammal Review, 22: 57-77.
- LINDSTRÖM J., 1999. *Early development and fitness in birds and mammals*. Trends in Ecology and Evolution, 14: 343-348.
- LISTER A.M., 1996. *The morphological distinction between bones and teeth of fallow deer (Dama dama) and red deer (Cervus elaphus)*. International Journal of Osteoarchaeology, 6 (2): 119-143.
- LOE L.E., MYSTERUD A., LANGVATN R., STENSETH N.C., 2003. *Decelerating and sex-dependent tooth wear in Norwegian red deer*. Oecologia, 135: 346-353.
- LOE L.E., MEISINGSET E.L., MYSTERUD A., LANGVATN R., STENSETH N.C., 2004. *Phenotypic and environmental correlates of tooth eruption in red deer (Cervus elaphus)*. Journal of Zoology, 262: 83-89.
- LOE L.E., BONENFANT C., LANGVATN R., MYSTERUD A., VEIBERG V., STENSETH N.C., 2006. *A poor set of teeth increases effect of harsh climate in red deer*. Oecologia, 147: 24-30.
- LOWE V.P.W., 1967. *Teeth as indicators of age with special reference to Red deer (Cervus elaphus) of known age from Rhum*. Journal of Zoology, 152 (2): 137-153.
- LUCAS P.W., 2004. *Dental functional morphology: how teeth work*. Cambridge University Press, Cambridge.
- LUTZ W., 1992. *Polyodontie der Schneidezähne bei einem Rehbock (Capreolus capreolus L.)*. Zeitschrift für Jagdwissenschaft, 38 (2): 133-134.
- LYONS E.K., SCHROEDER M.A., ROBB L.A., 2012. *Criteria for determining sex and age of birds and mammals*. In N.J. Silvy (ed.) *The wildlife techniques manual*, 7th edition, John Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA, pp. 207-229.
- MAŇKOVSKÁ B., OSZLÁNYI J., GORYANOVA Z.I., FRONTASYEVA M.V., KAŠTIER P., 2012. *Regional variation in environmental element concentrations in Slovakia derived from analysis of roe deer teeth (Capreolus capreolus L.)*. Ekológia, 31(2): 138-149.

-
- MARKOWSKI J., MARKOWSKA M., 1990. *Gebißanomalien in drei polnischen Rehwildpopulationen*, *Capreolus capreolus* L. 1758. Zeitschrift für Jagdwissenschaft, 36: 126-132.
- MATTIOLI S., DE MARINIS A.M., 2009. *Guida al rilevamento biometrico degli Ungulati*. Documenti Tecnici 28, ISPRA.
- MATTIOLI S., SPADA A., 2009. *Il Capriolo. Caratteristiche biometriche della popolazione del territorio bolognese*. Quaderni di Caccia e Pesca 2, Provincia di Bologna.
- MEYER V.P., 1975. *Beispiele angeborener Zahn- und Gebissanomalien beim Europäischen Reh (Capreolus capreolus Linnè, 1758) nebst einigen Bemerkungen zu deren Genese und Terminologie*. Zeitschrift für Jagdwissenschaft, 21: 89-105.
- MEYER V.P., 1977. *Angeborene Oligodontien beim Rehwild (Capreolus capreolus L.)*. Zeitschrift für Jagdwissenschaft, 23 (2): 98-100.
- MEYER V.P., 1985. *Beidseitiger P_1 im Unterkiefer eines Rehs (Capreolus capreolus L., 1758)*. Zeitschrift für Jagdwissenschaft, 31: 120-123.
- MILES A.E., GRIGSON C., 1990. *Colyer's variations and diseases of the teeth of animals*. Cambridge University Press, Cambridge.
- MITCHELL B., 1963. *Determination of age in Scottish Red Deer layers in dental cement*. Nature, 198: 350-351.
- MITCHELL B., 1967. *Growth layers in dental cement for determining the age of red deer (Cervus elaphus L.)*. Journal of Animal Ecology, 36 (2): 279-293.
- MOORE N.P., CAHILL J.P., KELLY P.F., HAYDEN T.J., 1995. *An assessment of five methods of age determination in an enclosed population of fallow deer (Dama dama)*. Proceedings of the Royal Irish Academy, Section B, 95: 27-34.
- MORAN R.J., FAIRBANKS T., 1966. *Vestigial first premolar in Michigan elk*. Journal of Mammalogy, 47 (3): 514.
- MORELLET N., GAILLARD J-M., HEWISON A.J.M., BALLON P., BOSCARDIN Y., DUNCAN P., KLEIN F., MAILLARD D., 2007. *Indicators of ecological change: new tools for managing populations of large herbivores*. Journal of Applied Ecology, 44: 634-643.
- MORRIS P., 1972. *A review of mammalian age determination methods*. Mammal Review, 2 (3): 69-104.
- MÜLLER-USING D., 1971. *Rotwildalter*. Merkblatt, Deutscher Jagdschutz-Verband, Bonn.
- MYSTERUD A., 2000. *The relationship between ecological segregation and sexual body size dimorphism in large herbivores*. Oecologia, 124: 40-54.
- MYSTERUD A., ØSTBYE E., 2006. *Comparing simple methods for ageing roe deer Capreolus capreolus: are any of them be useful in management?* Wildlife Biology, 12: 101-107.
- NAHLIK A.J., 1987. *Wild deer. Culling, conservation and management*. Ashford Press Publishing, Southampton.
- NUGENT G., 1989. *Identifying the sex of fallow deer from jawbone measurements*. Australian Wildlife Research, 16: 441-447.
- NUGENT G., FRAMPTON C., 1994. *Microgeographic and temporal variation in mandible size within a New Zealand fallow deer (Dama dama) population*. Journal of Applied Ecology, 31: 256-262.
- NUSSEY D.H., METHERELL B., MOYES K., DONALD A., GUINNESS F.E., CLUTTON-BROCK T.H., 2007. *The relationship between tooth wear, habitat quality and late-life reproduction in a wild red deer population*. Journal of Animal Ecology, 76: 402-412.
- OMAR S.V., 1992. *Ageing deer from cementum bands*. Deer, 8 (9): 569-572.
- PEKELHARING C.J., 1968. *Molar duplication in red deer and wapiti*. Journal of Mammalogy, 49: 524-526.
- PÉREZ-BARBERÍA F.J., RAMSAY S.L., HOOPER R.J., PÉREZ-FERNÁNDEZ E., ROBERTSON A.H.J., ALDEZABAL A., GODDARD P., GORDON L.J., 2015. *The influence of habitat on body size and tooth wear in Scottish red deer (Cervus elaphus)*. Canadian Journal of Zoology, 93: 61-70.
- RAESFELD F. (von), REULECKE K., 1988. *Das Rotwild*. Paul Parey, Amburgo e Berlino.
- REES J.W., KAINER R.A., DAVIS R.W., 1966. *Histology, embryology, and gross morphology of the mandibular dentition in mule deer*. Journal of Mammalogy, 47 (4): 640-654.
- REINSCH H.H., TIELKING D., 1980. *Zur Altersschätzung beim Damhirsch*. Zeitschrift für Jagdwissenschaft, 26 (2): 67-71.

- RICHTER H., KIERDORF U., RICHARDS A., KIERDORF H., 2010. *Dentin abnormalities in cheek teeth of wild red deer and roe deer from a fluoride-polluted area in Central Europe*. *Annals of Anatomy*, 192 (2): 86-95.
- ROLANDSEN C.M., SOLBERG E.J., HEIM M., HOLMSTRØM F., SOLEM M.I., SÆTHER B-E., 2008. *Accuracy and repeatability of moose (Alces alces) age as estimated from dental cement layers*. *European Journal of Wildlife Research*, 54: 6-14.
- SALA B., 2006. *Age profiles in red deer in archaeological samples hunting - a new hypothesis*. In: U. Tecchiati e B. Sala (eds.) *Archaeozoological studies in honour of Alfredo Riedel*, Ripartizione Beni Culturali, Bolzano, pp. 77-84.
- SCHULTZ M., KIERDORF U., SEDLÁČEK F., KIERDORF H., 1998. *Pathological bone changes in the mandibles of wild red deer (Cervus elaphus L.) exposed to high environmental levels of fluoride*. *Journal of Anatomy*, 193: 431-42.
- SERRANO E., ANGIBAUT J.M., CARGNELUTTI B., HEWISON A.J.M., 2008. *Density dependence of developmental instability in a dimorphic ungulate*. *Biology Letters*, 4 (5): 512-514.
- SOLOUNIAS N., FORTELIUS M., FREEMAN P., 1994. *Molar wear rates in ruminants: a new approach*. *Annales Zoologici Fennici*, 31: 219-227.
- SPINAGE C.A., 1973. *A review of the age determination of mammals by means of teeth, with special reference to Africa*. *African Journal of Ecology*, 11: 165-187.
- STAINES B.W., CRISP J.M., PARISH T., 1982. *Differences in the quality of food eaten by red deer (Cervus elaphus) stags and hinds in winter*. *Journal of Applied Ecology*, 19: 65-77.
- STEELE T.E., 2004. *Variation in mortality profiles of red deer (Cervus elaphus) in Middle Palaeolithic assemblages from Western Europe*. *International Journal of Osteoarchaeology*, 14: 307-320.
- STODDART M.D., 1973. *Maxillary canine teeth in fallow deer Dama dama*. *Journal of Zoology*, 170: 143-162.
- STROH G., 1922. *Abnorme Schneidezahngebisse bei Rehen*. *Jb. Inst. Jagdkunde*, 6: 293-295.
- STUBBE C., 1965. *Anomalien, pathologische Veränderungen und Verletzungen am Schädel des Europäischen Rehes (Capreolus capreolus)*. *Beiträge zur Jagd- und Wildforschung*, 4: 107-134.
- SZABIK E., 1973. *Age estimation of roe deer from different hunting grounds of South-Eastern Poland*. *Acta Theriologica*, 18: 223-236.
- TOÏGO C., GAILLARD J.M., 2003. *Causes of sex-biased adult survival in ungulates: sexual size dimorphism, mating tactic or environmental harshness?* *Oikos*, 101: 376-384.
- TOÏGO C., GAILLARD J.M., VAN LAERE G., HEWISON M., MORELLET N., 2006. *How does environmental variation influence body mass, body size, and body condition? Roe deer as a case study*. *Ecography*, 29 (3): 301-308.
- UECKERMANN E., SCHOLZ H., 1980. *Vergleich der Ersatzdentinbildung im 1. Schneidezahn und der Zementzonenbildung im 1. Molar mit dem Abnutzungsgrad der Backenzähne im Unterkiefer beim Damhirsch (Cervus dama L., 1758)*. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft*, 26: 132-141.
- UECKERMANN E., HANSEN P., 1994. *Das Damwild. Naturgeschichte, Hege und Jagd*. Paul Parey, Amburgo.
- Van SOEST P.J., 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nd ed. Cornell University Press, Ithaca, N.Y., Usa.
- VEIBERG V., LOE L.E., MYSTERUD A., SOLBERG E.J., LANGVATN R., STENSET N.C., 2007a. *The ecology and evolution of tooth wear in red deer and moose*. *Oikos*, 116 (11): 1805-1818.
- VEIBERG V., MYSTERUD A., GAILLARD J.M., DELORME D., VAN LAERE G., KLEIN F., 2007b. *Bigger teeth for longer life? Longevity and molar height in two roe deer populations*. *Biology Letters*, 3 (3): 268-270.
- VINCENT J.P., ANGIBAUT J.M., BIDEAU E., GAILLARD J-M., 1994. *Le problème de la détermination de l'âge: une source d'erreur négligée dans le calcul des tables de vie transversal*. *Mammalia*, 58: 293-299.
- WAGENKNECHT E. (ed.), 1984. *Altersbestimmung des erlegten Wildes*. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlino.
- WHITE G., 1974. *Age determination of roe deer (Capreolus capreolus) from annual growth layers in the dental cementum*. *Journal of Zoology*, 174: 511-516.
- WHITEHEAD G.K., 1993. *The Whitehead Encyclopedia of deer*. Swan Hill Press, Shrewsbury.
- WOLLENHAUPT H., 1986. *Zahnanomalie beim Rothirsch*. *Jäger*, 104 (8): 8.

-
- ZANNÈSE A., BAÏSSE A., GAILLARD J-M., HEWISON A.J.M., SAINT-HILAIRE K., TOÏGO C., VAN LAERE G., MORELLET N., 2006. *Hind foot length: a new biological indicator for monitoring roe deer populations at a landscape scale*. Wildlife Society Bulletin, 34: 351-358.
- ZEMEK F., HEŘMAN M., KIERDORF H., KIERDORF U., SEDLÁČEK F., 2006. *Spatial distribution of dental fluorosis in roe deer (Capreolus capreolus) from North Bohemia (Czech Republic) and its relationships with environmental factors*. Science of the Total Environment, 370: 491-505.
- ZIMA J., 1988. *Incidence of dental anomalies in Capreolus capreolus from Czechoslovakia*. Folia Zoologica, 37: 129-144.

