

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÁ DI BOLOGNA

FACOLTÁ DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI

Corso di laurea magistrale in BIOLOGIA MARINA

Sclerocronologia di *Chamelea gallina* (Linneo, 1758)

Tesi di laurea in Biologia delle risorse alieutiche

RELATORE

Prof. Marco Stagioni

PRESENTATA

Cappelli Massimiliano

(III sessione)
Anno Accademico 2014 – 2015

Sommario

1 INTRODUZIONE.....	2
1.1 Mare Adriatico.....	4
1.1.1 Circolazione	5
1.1.2 Salinità	5
1.1.3 Batimetria	6
1.1.4 Temperatura.....	6
1.1.5 Coste e sedimenti	6
1.1.6 Ecologia.....	7
1.2 CHAMELEA GALLINA.....	7
1.2.1 Anatomia e morfologia.....	8
1.2.2 Crescita	9
1.2.3 Deposizione	11
1.2.4 Riproduzione.....	12
1.3 DRAGHE	13
1.3.1 Tipologie di draga	13
1.3.2 Draghe idrauliche	15
1.3.3 Impatto ambientale dovuto alla pesca della vongola adriatica <i>C. gallina</i>	16
1.3.4 Impatto della pesca su <i>C. gallina</i>	17
1.4 NORMATIVA SULLA PESCA ALLE VONGOLE.....	17
2 SCOPO DELLA TESI	21
3 MATERIALI E METODI	22
3.1 Preparazione campioni.....	22
3.1.1 Acetate peels replicas.....	27
3.1.2 Colorazione di Mutvei.....	27
3.2 Acquisizione dati.....	28
3.3 Elaborazione dati	30
4. RISULTATI.....	32
5. CRITICITÀ DELLA METODOLOGIA	57
6.DISCUSSIONE	60
6.1 Validazione	63
7.BIBLIOGRAFIA	66
8. RINGRAZIAMENTI	71

1 INTRODUZIONE

Chamelea gallina è un noto bivalve diffuso lungo tutte le coste del mar Mediterraneo e del mar Nero (Fisher, Bauchoy, & Schneider, 1987). *C. gallina* supporta una importante pesca commerciale con draga ed è una delle risorse più preziose, con un prezzo di mercato elevato (4-5 € per kg), e può essere consumata fresco o surgelato (Gaspar, Pereira, Vasconcelos, & Monteiro, 2004). Secondo i dati Fao-Fishtat, riportati in Tab.1, l'Italia è il secondo produttore mondiale di vongole appartenenti alla specie *C. gallina*, dopo la Turchia. A livello nazionale (Tab.2) si nota che la risorsa è presente in tutto l'adriatico e le Marche rappresentano quasi il 50% della produzione nazionale.

Paese	Area di pesca (FAO)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Turchia	Mediterraneo e Mar Nero	10.000	7.500	10.000	19.700	16.899	10.847	48.344	47.215	36.896	24.574	26.931	30.176	61.225	28.030
Italia	Mediterraneo e Mar Nero	34.191	34.916	25.971	41.784	37.438	14.946	19.510	28.802	24.940	17.328	19.748	19.668	20.028	14.598
Spagna	Nordest Atlantico	4.390	4.881	2.789	2.690	3.686	3.939	3.394	3.520	2.967	3.162	2.360	1.137	2.552	3.867
Francia	Nordest Atlantico	696	627	789	767	829	1.016	1.165	801	666	712	609	600	659	638
Portogallo	Nordest Atlantico	156	48	865	717	210	840	692	253	83	53	20	132	225	255
Grecia	Mediterraneo e Mar Nero					215	248	273	324	304	262		138	121	121
Spagna	Mediterraneo e Mar Nero	389	240	105	46	65	148	133	78	111	55	53	24	21	49
Slovenia	Mediterraneo e Mar Nero		1	1	1	1	3								
Totale		49.822	48.213	40.520	65.705	59.343	31.987	73.511	80.993	65.967	46.146	49.721	51.875	84.831	47.558

Tabella 1 Produzione mondiale vongole (*Chamelea gallina*) (Fao Fishstat)

Paese	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Abruzzo	4.868	1.835	1.153			1.414	2.946	1.611	3.127	3.364	3.793	3.854
Abruzzo e Molise				1.137	3.573							
Campania			18	21	11	104	336	2	34	34	26	85
Emilia Romagna	2.092	1.894	1.245	2.184	2.622	2.441	2.117	4.389	3.526	2.466	962	2.164
Lazio	175	89	75	139	166	126	63	57	68	107	61	46
Marche	14.394	14.485	4.788	14.894	8.528	4.527	6.023	13.338	11.763	7.257	11.544	9.699
Molise						245	146	270	375	129	305	363
Puglia	1.238	1.713	757	171	272	428	1.628	2.015	1.561	2.230	1.829	1.963
Triveneto	5.185	3.874										
Friuli V. G.			998	1.109	924	903	730	578	785	318	187	66
Veneto			3.485	5.601	6.304	4.183	4.769	6.543	3.658	1.422	1.041	1.428
Italia	27.953	23.892	12.519	25.257	22.402	14.372	18.760	28.802	24.940	17.328	19.748	19.668

Tabella 2 Produzione nazionale di vongole (Italia) (MIPAAF- IREPA)

Molto poco si sa circa il suo comportamento biologico, come i tassi di crescita e il tempo di insediamento, sebbene questi molluschi siano oggetto di una pesca intensiva poco controllata che potrebbe causare un grave impoverimento negli stock del nord Adriatico (Keller, Del Piero, & Longinelli, 2002).

In Italia la pesca delle vongole della specie *C. gallina* ha una lunghissima storia. Inizialmente il prelievo era manuale e la raccolta era destinata solamente alla sopravvivenza delle popolazioni locali. Già negli anni '50 il prodotto veniva prelevato con una finalità di vendita ma questa tipologia di pesca è diventata redditizia solamente agli inizi degli anni '70 quando, grazie allo sviluppo industriale e alle conseguenti innovazioni degli aspetti tecnologici della pesca, ha conosciuto uno sviluppo straordinario diventando una delle attività di pesca più proficue (Frogliata, 1987). Questa pesca ha una particolare importanza in Adriatico in quanto oltre il 90% del pescato di vongole proviene proprio da questo mare (Relini, Bertrand, & Zamboni, 1999).

L'introduzione delle diverse innovazioni, l'aumento delle imbarcazioni dedite a questa tipologia di pesca, la richiesta del mercato e una normativa che permetteva una cattura di 25 quintali di vongole al giorno ha aumentato notevolmente il potenziale di cattura tanto che nel 1984, secondo i dati dell'Associazione Nazionale Conservieri Ittici, la pesca italiana di vongole in Adriatico ha raggiunto le 100.000 tonnellate.

I banchi di vongole adriatiche, in quanto prossimi alla costa, di facile individuazione e stanziali, sono quelli che più di altri stock hanno risentito dello sfruttamento avvenuto negli ultimi 50 anni.

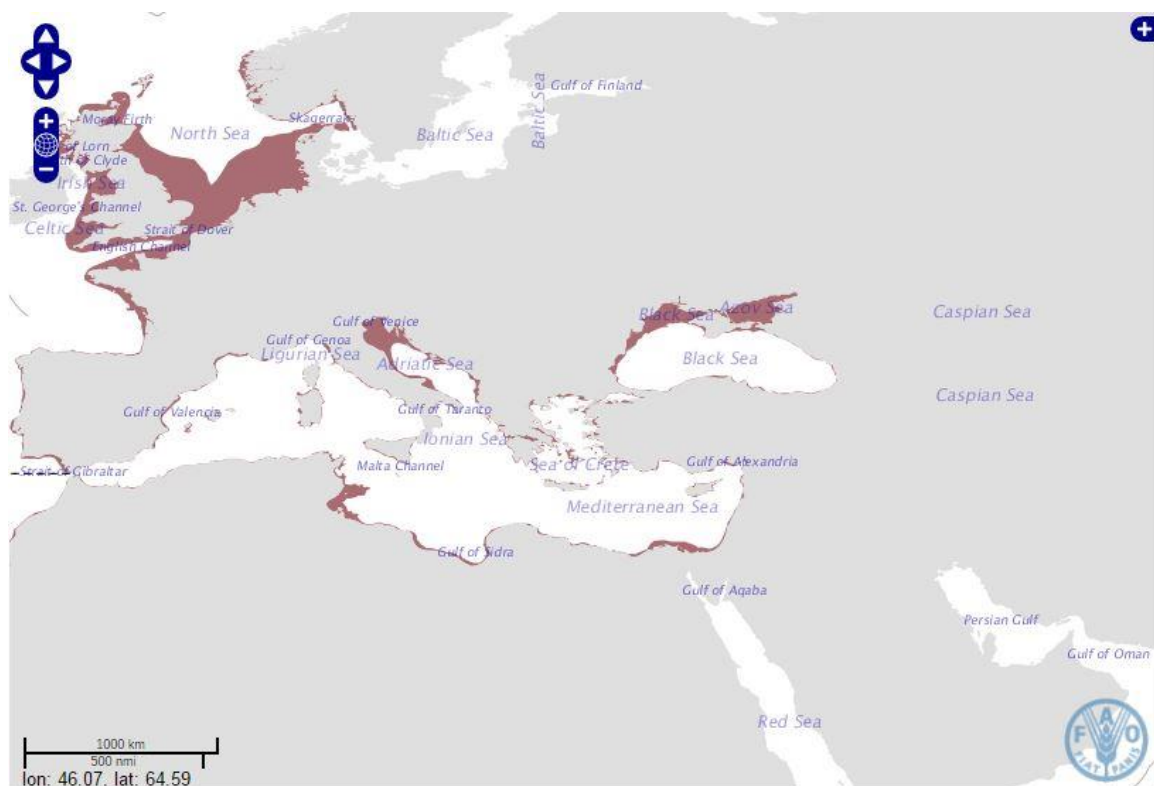


Figura 1 Distribuzione geografica di *C. gallina* (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016)

1.1 Mare Adriatico

L'Adriatico è un bacino semichiuso e allungato del Mediterraneo centrale che, a causa della sua profonda penetrazione nel continente e della scarsa profondità delle acque è descritto come un mare continentale (Jardas, N., Vrgoc, Jukicpeladic, & Dadic, 2008). Ha una lunghezza di circa 800 km e una larghezza che varia tra i 90 e i 220 km. È collegato al resto del Mediterraneo attraverso il canale di Otranto, largo circa 40 miglia nautiche e profondo 780 metri, che riveste un ruolo importante nella circolazione e nello scambio delle masse d'acqua tra il mar Adriatico e il mar Ionio (Buljan & Zore-Armanda, 1976). E' un mare poco profondo che occupa una superficie di 138.000 km² pari a 1/20 del Mediterraneo, con un volume d'acqua di 35.000 km³, pari a 1/25 del volume totale del Mediterraneo (Curzi & Giordani, 1989).

Le caratteristiche geomorfologiche, i cambiamenti geopolitici lungo la costa orientale, le divisioni statistiche nazionali e la distribuzione delle risorse di pesca hanno portato all'identificazione in Adriatico di due Sub-Aree Geografiche (GSA):

- la GSA 17 (Adriatico centrale e settentrionale o alto e medio Adriatico), circondata da Italia, Slovenia, Croazia e Bosnia-Erzegovina
- la GSA 18 (Adriatico meridionale) circondata da Montenegro, Albania e dalla regione Puglia.

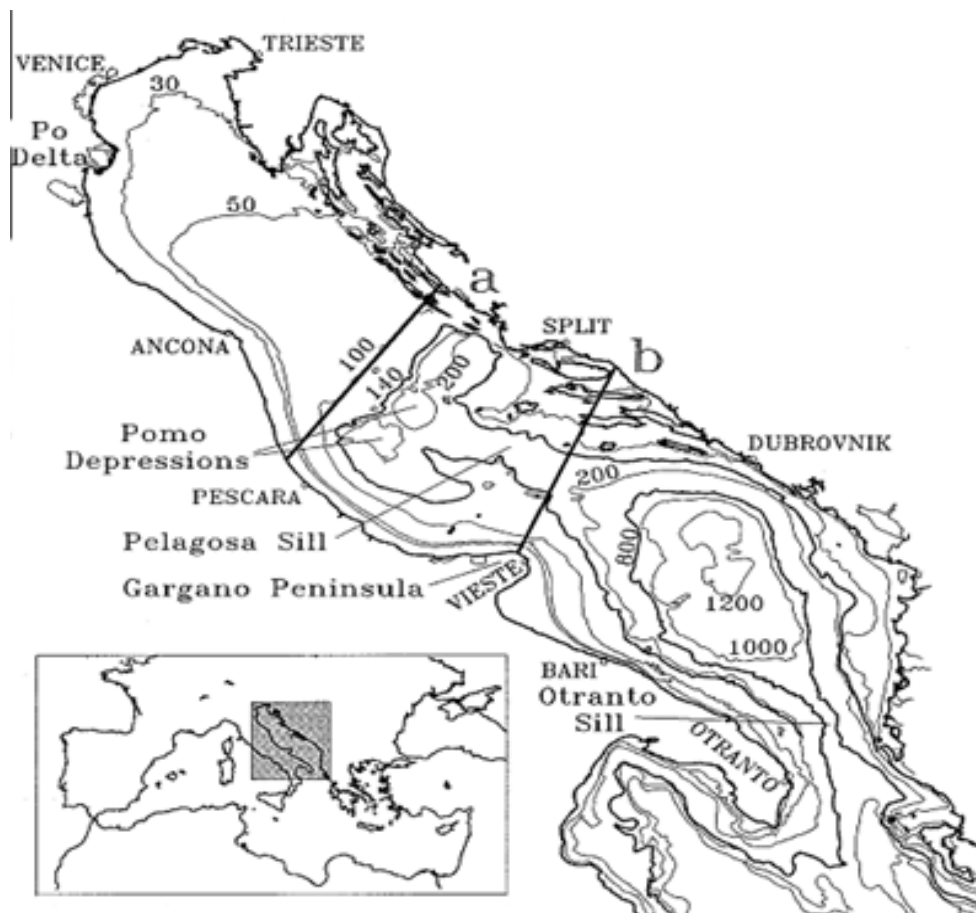


Figura 2 Il Mare Adriatico ed i suoi 3 sottobacini

1.1.1 Circolazione

L'Adriatico è interessato da una corrente marina che gira in senso anti-orario: le acque dello Ionio fresche e salate risalgono lungo la costa orientale, creando biocenosi varie e ricche di specie, anche se, in genere, povere di individui. Le acque meno salate e più fredde ridiscendono lungo le coste Italiane fino al canale di Otranto, ove si immettono nel mar Ionio. La circolazione generale è classificabile in correnti e vortici di forza e frequenza stagionale, che cambiano scala spaziale nelle diverse stagioni (Artegiani, Bregant, Pinardi, Raicich, Russo, & Paschini, 1997b). Nei primi 100 metri di profondità, le condizioni invernali sono caratterizzate da un flusso verso nord, probabilmente associato ad un intenso e poco profondo flusso di ritorno lungo la costa occidentale; nelle altre stagioni, principalmente in autunno, si sviluppano delle correnti costiere lungo la costa orientale. Il lato occidentale dell'Adriatico è caratterizzato da segmenti di corrente intensa che in primavera ed estate sono scollegati nei tre sottobacini. Le condizioni autunnali mostrano una circolazione generale ciclonica con l'intensificazione dei tre vortici ciclonici nei tre sottobacini (Artegiani, Bregant, Pinardi, Raicich, Russo, & Paschini, 1997b).

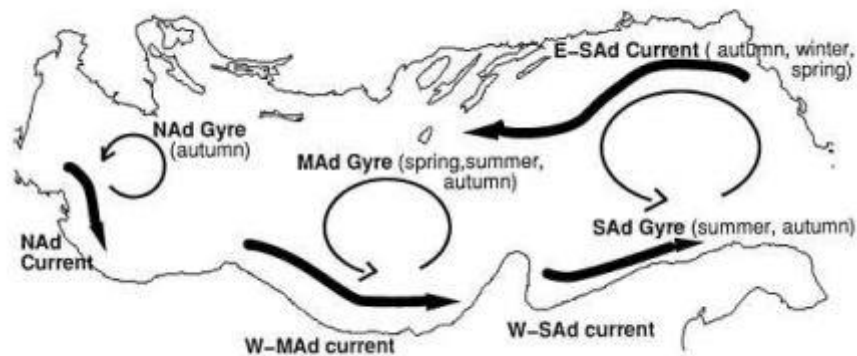


Figura 3 Rappresentazione schematica della circolazione superficiale baroclinica del mare Adriatico (Zavatarelli, Raicich, Bregant, & Russo, 1998).

1.1.2 Salinità

La salinità del bacino Adriatico ha un valore medio di circa 38.3 ‰, inferiore alla salinità del Mediterraneo orientale (circa 39 ‰) ma superiore a quella del Mediterraneo occidentale (circa 37‰). In linea generale, la salinità dell'Adriatico diminuisce da sud a nord e dal mare aperto verso la costa (Buljan & Zore-Armanda, 1976). In primavera ed estate il bilancio salino dello strato superficiale è chiaramente influenzato dall'elevato apporto fluviale. In ogni stagione le acque dolci sono sempre separate e distinguibili dalle acque in mare aperto ed è visibile un forte sistema frontale salino (Artegiani, Bregant, Paschini, Raicich, Pinardi, & Russo, 1997a). Accanto alle normali variazioni stagionali di salinità, ci sono variazioni che durano anni, come risultato dello scambio di masse d'acqua tra il mare Adriatico e il mare Mediterraneo orientale (Buljan & Zore-Armanda, 1976). Nell'alto Adriatico l'acqua dolce dei fiumi fa diminuire la salinità e arricchisce molto le acque di sostanze nutritive, creando le condizioni per l'eccezionale pescosità di questo mare, ma anche per fenomeni di eutrofizzazione delle acque e le ben note morie di pesci e molluschi.

1.1.3 Batimetria

L'Adriatico è un mare poco profondo, con profondità media stimata 252 metri (Tescic, 1968). Gran parte dei fondali (circa il 74%) è meno profondo di 200 metri con la profondità che aumenta da nord verso sud. L'alto e medio Adriatico è caratterizzato da una estesa piattaforma continentale; l'Adriatico settentrionale ha profondità basse che aumentano lentamente procedendo verso sud, raggiungendo la profondità massima di circa 70 metri. L'area centrale raggiunge la massima profondità nella fossa di Pomo (273m). Al confine meridionale della GSA 17 la profondità supera i 200 metri.

1.1.4 Temperatura

Le acque superficiali sono sottoposte a un evidente ciclo stagionale di temperatura grazie allo scambio di calore con l'atmosfera, le escursioni stagionali di temperatura superano i 10 °C (Artegiani, Bregant, Paschini, Raicich, Pinardi, & Russo, 1997a). In estate la temperatura è piuttosto uniforme in tutto l'Adriatico con valori di circa 22-25 °C in mare aperto. In primavera ed estate è presente un termoclino ben sviluppato che separa nettamente le acque più calde dello strato superficiale dalle acque sottostanti; in alto Adriatico il termoclino primaverile ed estivo si trova intorno ai 30 metri di profondità, mentre in medio Adriatico si trova a circa 50 metri di profondità. La profondità dello strato rimescolato è massima in inverno (Buljan & Zore-Armanda, 1976) (Artegiani, Bregant, Paschini, Raicich, Pinardi, & Russo, 1997a). In inverno, nella regione settentrionale e lungo la costa occidentale il campo della temperatura evidenzia un marcato sistema frontale, mentre nella rimanente parte del bacino il campo della temperatura è piuttosto uniforme (Artegiani, Bregant, Pinardi, Raicich, Russo, & Paschini, 1997b). In alcune zone lungo la costa occidentale, dove avviene il raffreddamento dell'intera colonna d'acqua, la temperatura dell'acqua può essere inferiore a 11°C (Artegiani, Bregant, Paschini, Raicich, Pinardi, & Russo, 1997a).

1.1.5 Coste e sedimenti

Le coste orientali (che bagnano Albania, Serbia, Montenegro, Bosnia, Croazia e Slovenia) sono prevalentemente alte e frastagliate, velocemente degradanti verso le profondità, ricche di insenature e isole, mentre le coste italiane sono prevalentemente sabbiose o fangose, uniformi e lentamente degradanti.

Gran parte del fondale marino è ricoperto principalmente da sedimenti recenti fangosi e sabbiosi di diversa composizione minerale e granulometrica, il cui trasporto dipende in larga misura delle correnti marine; la circolazione di tipo ciclonico delle acque favorisce la dispersione longitudinale dei sedimenti del bacino. Lungo la costa occidentale, procedendo da costa verso il largo, si trova una stretta striscia di sabbia costiera fino a 5-7 m di profondità poi una fascia di fango ampia circa 30-40 km che si estende verso sud-est, congiungendosi con i depositi profondi dell'Adriatico meridionale. Più al largo, dopo una facies di transizione con sedimenti di diversa granulometria si ritrova ancora sabbia. I fondali dei canali dell'Adriatico nord-orientale sono quasi interamente coperti di sedimenti fangosi o sabbiosi. L'adriatico ha una grande varietà di biomi bentonici; le biocenosi sul lato occidentale variano in forma di fasce parallele passando da

spiagge sabbiose, alle spiagge subtidali poco profonde fino ai fondali del largo dove prevale il fango; sul lato orientale le biocenosi di fondo hanno un aspetto a mosaico.

1.1.6 Ecologia

Il mare Adriatico grazie all'apporto fluviale riceve una gran quantità di nutrienti che determinano una grande produzione primaria; l'eutrofizzazione riguarda soprattutto le coste dell'Adriatico centro-settentrionale, influenzando tutti i livelli della catena trofica e determinando una elevata produzione ittica. D'estate, quando si verificano delle condizioni meteo-marine adatte (alta temperatura, lunghi periodi di mare calmo, elevato apporto fluviale ecc.), possono avvenire fenomeni di stratificazione delle acque che separano le acque superficiali calde e poco salate, dalle acque più profonde più saline e fredde, instaurando condizioni adatte allo sviluppo di bloom algali ed estesi fenomeni di ipossia e anossia. In questo caso i danni alle risorse demersali e quelle bentoniche possono essere notevoli (Simunovic, Piccinetti, & Zore-Armanda, 1999). La distribuzione spaziale delle specie ittiche demersali sembra essere legata più al tipo di biocenosi che alla profondità, sebbene le biocenosi siano notevolmente influenzate sia dalla profondità che dal tipo di sedimento (Piccinetti & Piccinetti Manfrin, 1994)

1.2 CHAMELEA GALLINA

C. gallina è una specie di bivalve endobionte (vagile) che vive nella zona infralitorale ed è distribuito nel mar Nero e in tutto il Mediterraneo (Poppe & Goto, 1993) e lungo la costa dell'Algarve (sud del Portogallo) (Gaspar, Pereira, Vasconcelos, & Monteiro, 2004). Sebbene questa specie popoli tipologie di sedimento diverso (sabbia, sabbia-fango, fango) è preferenzialmente distribuita lungo la costa (Perés & Pikard, 1964). Questo bivalve si trova comunemente nel Mar Mediterraneo a profondità tra 3 e 7 m, dove occupa biocenosi di sabbia ben assortite (Picard, 1965). *C. gallina* è una specie di interesse commerciale, e forma importanti fishery nelle acque costiere di Italia, Spagna, Turchia e Marocco (Ramòn & Richardson, 1992). La vongola adriatica occupa una nicchia ecologica ben definita, determinata da precise condizioni chimico-fisiche del mezzo idrico e del sedimento (granulometria, ossigenazione e potenziale elettrico). L'habitat ottimale è caratterizzato da modeste variazioni dei parametri ambientali (temperatura e salinità) e fondali a granulometria sabbiosa. Generalmente è possibile collegare la presenza di questa specie a sedimenti costituiti da sabbie medie, fini e finissime.

La collocazione sistematica di *C. gallina* è riportata in Tab.3

Regno	Animalia
Phylum	Mollusca
Classe	Bivalvia
Sottoclasse	Heterodonta
Ordine	Veneroida
Superfamiglia	Veneroidea
Famiglia	Veneridae
Genere	Chamelea
Specie	<i>Chamelea gallina</i> (Linnaeus,1758)
Denominazione	Vongola adriatica



Tabella 3 Collocazione sistematica di *C. gallina*

1.2.1 Anatomia e morfologia

La specie vive infossata nei primi strati di sedimento. Presenta una conchiglia equivalve, piuttosto robusta, di forma sub-triangolare-ellittica. Le due valve, dotate dei tre denti cardinali tipici di tutti i Veneridi, sono tenute unite nella zona posteriore da un legamento. L'umbone è rivolto anteriormente. Esternamente la conchiglia presenta basse coste concentriche con una colorazione bruno-biancastra o grigia con striature e macchie più scure, mentre la superficie interna delle valve è liscia ed è bianco giallastra, con macchie violacee in corrispondenza dei punti di inserzione dei muscoli adduttori. Il guscio di *C. gallina* consiste principalmente di due strati aragonitici: uno strato esterno diviso in due sottostrati, lo strato esterno prismatico e lo strato lamellare di mezzo; ed uno strato omogeneo interno (Alemany, 1986-1987).

I muscoli adduttori hanno la funzione di tener chiuse le valve opponendosi alla forza opposta esercitata dal legamento elastico della cerniera che invece tende a far aprire le due valve. I due sifoni, macchiettati di giallo-violetto, sono piuttosto corti e risultano fusi assieme. Le ciglia vibratili, di cui l'epitelio branchiale e palleale è dotato, generano correnti in grado di pompare acqua dall'esterno (attraverso il sifone inalante), farla passare attraverso la cavità del mantello e, una volta filtrata, espellerla attraverso il sifone esalante. L'acqua è indispensabile per la respirazione: gli scambi ossigeno-anidride carbonica avvengono in prevalenza attraverso il mantello e le branchie. Le branchie, oltre alla funzione respiratoria, fungono da filtro per le particelle alimentari che vengono inglobate in una sostanza mucosa secreta dall'epitelio branchiale e così convogliate, tramite un sistema di ciglia, verso i palpi labiali, situati sul margine ventrale, dotati anch'essi di ciglia. Il materiale più grossolano viene accumulato nella regione posteriore ed espulso sotto forma di pseudofeci mediante contrazione dei muscoli adduttori, mentre la rimanente parte prosegue lungo l'apparato digerente, dal quale ciò che non viene assorbito risulta poi eliminato tramite le feci.

Il filtrato è trasportato alla bocca ove le particelle sono raccolte dai palpi labiali e passano nello stomaco attraverso un breve esofago. Lo stomaco è un sacco circondato da una grossa ghiandola digestiva, le cui cellule inglobano il materiale minuto che arriva dallo stomaco e lo digeriscono mediante i loro enzimi endocellulari. L'intestino decorre nel piede e dopo una o più circonvoluzioni, attraversa il pericardio e termina nella cavità posteriore del mantello.

Questa modalità di alimentazione li rende particolarmente sensibili alla qualità dell'acqua del loro ecosistema e all'azione del materiale in sospensione. In relazione a quest'ultimo aspetto è possibile prevedere i seguenti effetti dannosi:

- Abrasione meccaniche delle branchie;
- Stress e aumento alla suscettibilità delle malattie;
- Decremento della crescita per modifica della normale alimentazione

Il meccanismo di filtrazione dei bivalvi è molto efficace e per questo concentrano ed accumulano nei tessuti sostanze disciolte nell'acqua e quindi anche contaminanti, eventualmente presenti: questa caratteristica rende i Bivalvi una classe di particolare interesse per lo studio della presenza e dell'effetto di inquinanti ambientali. Hanno un sistema circolatorio aperto ed il sangue passa dai vasi ad un sistema di lacune. Il sangue contiene un pigmento respiratorio (emocianina) che si ossigena a livello delle branchie.

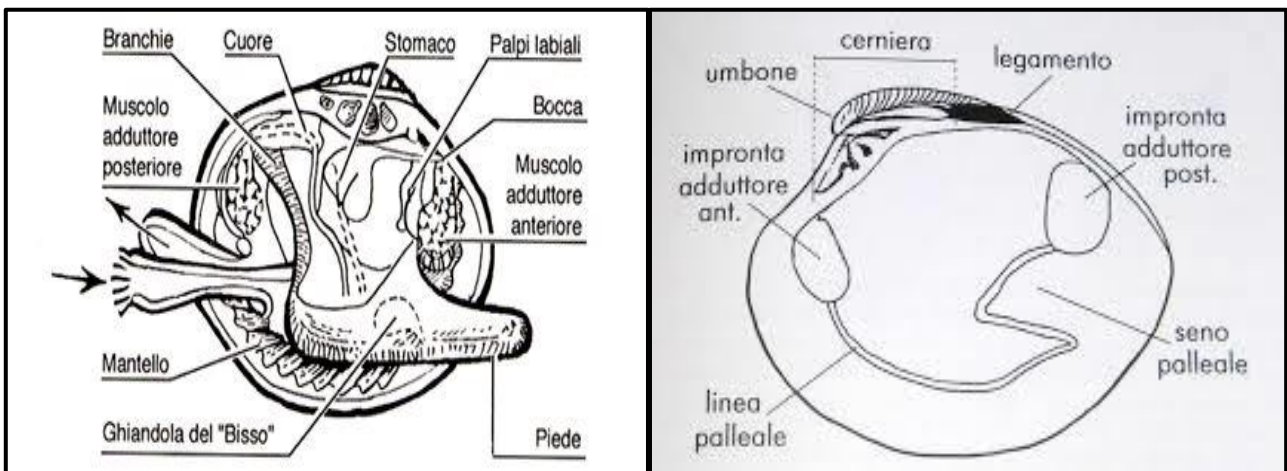


Figura 4 Anatomia interna di un Veneridae

1.2.2 Crescita

L'accrescimento dei molluschi bivalvi è di tipo allometrico caratterizzato da un progressivo cambiamento delle proporzioni della conchiglia lungo un asse radiale. In particolare in *C.gallina* è stata osservata una relazione di crescita allometrica negativa in Atlantico lungo le coste del Portogallo (Gaspar, Santos, & Vasconcelos, 2001) ed in Mediterraneo (Frogliola, 1975).

La conoscenza degli aspetti bio-ecologici, delle pressioni ambientali ed antropiche a cui le popolazioni sono sottoposte, risulta di estrema importanza al fine di uno sfruttamento sostenibile.

In particolare la conoscenza dell'età e della crescita dei bivalvi è un requisito fondamentale per uno studio di dinamica di popolazione e conseguentemente per una gestione ottimale della risorsa (Gaspar, Santos, &

Vasconcelos, 2001). È conosciuto che molti fattori, come la deposizione delle uova, disponibilità di cibo, tipologia di substrato, idrologia, profondità, salinità, luce e densità di popolazione possono influenzare il tasso di crescita dei bivalvi ma la temperatura dell'acqua del mare è uno dei maggiori fattori che influenzano la velocità di accrescimento, rallentandola durante i periodi più freddi invernali ma anche quelli più caldi a fine estate. Anche la pressione della pesca ha influenze negative sulla crescita; Nello studio di (Dalgic, Okumus, & Karayucel, 2010) è dimostrata una maggiore velocità di accrescimento in aree non stressate (non impattate dalla pesca con le draghe idrauliche) rispetto a quelle sfruttate nel Mar Nero. La pesca ha tre tipologie di effetti sulla dinamica di popolazione :

- Effetti diretti sulla densità di popolazione e sulla dimensione media degli individui
- Effetti ambientali a breve termine su crescita e riproduzione, mediata da plasticità fenotipica e meccanismi densità-dipendenti
- Effetti a lungo termine a causa della pressione selettiva dovuta alla raccolta (Rochet, 1998)

Un altro aspetto da tenere in considerazione per un potenziale effetto sulla crescita di *C. gallina* è l'acidificazione delle acque che è stato dimostrato contribuire ad una riduzione dello spessore del guscio (Bressan, et al., 2014). A parità di disponibilità di cibo un altro fattore che influenza l'accrescimento è la densità delle vongole, in quanto vi sono aree con più di 1000 esemplari al m^2 e altre con poche decine di vongole al m^2 .

L'accrescimento risulta perciò molto variabile e i parametri riportati da diversi Autori in diverse aree di studio conferma questa realtà. Basti pensare che il raggiungimento della taglia commerciale di 25 mm avviene in un intervallo che oscilla tra il secondo e il quarto anno di età, a seconda dell'area geografica e del metodo di stima della crescita preso in esame; comunque ogni tecnica mostra una certa variabilità di accrescimento, sia tra esemplari diversi che vivono insieme sia confrontando l'accrescimento su più anni.

Le differenze locali nelle dinamiche di accrescimento di *C.gallina* sono attribuibili ad una serie di fattori endogeni, come il metabolismo ed il ciclo vitale, ed esogeni, come gli agenti ambientali e gli impatti delle attività antropiche; le vongole vivono infatti in una ristretta fascia costiera, soggetta fortemente all'impatto antropico ed alle variazioni ecologiche legate ad esempio ai diversi apporti annuali di acque dolci, con nutrienti che condizionano la produttività. Questo è alla base della differenza di accrescimento tra vongole dell'alto Adriatico e quelle del litorale tirrenico. Per esempio nel caso studio di (Ramòn & Richardson, 1992) si è visto come le vongole del Mediterraneo raggiungevano un'età massima di 4 anni per una lunghezza complessiva di 27 mm. Questa taglia veniva raggiunta dalle vongole del mar Nero all'età di 8 anni. Le differenze di accrescimento sono dovute alle diverse temperature dei due mari, che vanno dai 7 ai 28 °C nel Mediterraneo vicino alle coste della Spagna ai 4-21°C nel mar Nero. La marcata differenza tra la longevità massima in individui di *C. gallina* della stessa lunghezza delle due popolazioni è dovuta probabilmente al fatto che la longevità di questa specie è predeterminata dalla lunghezza e non dall'età.

Nel complesso possiamo affermare che le vongole hanno un accrescimento abbastanza variabile tra aree diverse e diversi anni e che l'accrescimento è fortemente influenzato da numerosi parametri ecologici; si deve considerare anche che per l'esteso periodo riproduttivo vi è già un'ampia differenza di taglia, a parità di numero di anelli legati al rallentamento della crescita. Stimare il tasso di crescita della popolazione non è molto affidabile quando il reclutamento annuale è molto ampio e la crescita individuale è variabile. Individui nati all'inizio della stagione di deposizione possono beneficiare di una rapida crescita durante l'estate, mentre individui nati più tardi beneficiano di queste condizioni per un periodo più breve (Gaspar, Pereira, Vasconcelos, & Monteiro, 2004).

1.2.3 Deposizione

La componente principale del guscio è il carbonato di calcio formato dalla deposizione di questo sale con una matrice organica, la conchiolina. Tre strati compongono la conchiglia:

- un sottile periostraco esterno che spesso si riduce molto a causa di abrasione meccanica, organismi incrostanti, parassiti o malattie
- uno strato prismatico medio di aragonite, una forma cristallina del carbonato di calcio
- uno strato calcareo interno (madreperlaceo)

Una delle funzioni principali del periostraco è quello di realizzare un supporto impermeabile ed un substrato per la crescita del guscio esterno. Il periostraco ha anche una funzione protettiva nel formare un rivestimento impermeabile che ricopre la conchiglia e prevenire la corrosione del guscio calcificato da acque acide.

Il calcio per la crescita della conchiglia è ottenuto dalla dieta o ripreso dall'acqua marina. Il carbonato è derivato dalla riserva di CO_2 / bicarbonato dei tessuti dell'animale. L'energia richiesta per l'accrescimento della conchiglia rappresenta una porzione significativa del bilancio energetico totale dei bivalvi (Bayne & Hawkins, 1992). Tutte le parti della conchiglia sono secrete dal mantello dei bivalvi, che di solito è attaccato al guscio solo in corrispondenza dei muscoli palleali e adduttori e nella scanalatura del periostraco. Il carbonato di calcio e la matrice organica della conchiglia precipitano e polimerizzano da un fluido (il fluido extrapalleale) contenuto tra il mantello e la conchiglia. Questo fluido è presente in due cavità, all'interno della linea di attacco dei muscoli palleali e tra la linea palleale e il margine del guscio. I cristalli di carbonato di calcio e la matrice organica del guscio sono aggregati insieme per formare un certo numero di strutture che si presentano in strati discreti del guscio. Un'ulteriore struttura di carbonato di calcio di piccoli prismi è secreta sotto i muscoli palleali, adduttori e pedali. Durante le normali condizioni di formazione del guscio, i vari strati della conchiglia sono apparentemente secreti da una regione specifica del mantello. Il margine del mantello è diviso in 3 pieghe:

- uno interno muscolare
- uno sensoriale di mezzo
- uno esterno secretore, ripiegato

La secrezione della conchiglia inizia con la formazione del periostraco dalle cellule epiteliali della superficie interna della piega esterna del mantello, in un solco tra le pieghe media ed esterna (Bevelander & Nakahara, 1967).

Il primo materiale calcareo è depositato dalle cellule epiteliali della superficie esterna della piega esterna. Il resto del guscio è fissato dalle cellule della superficie esterna generale del mantello sia dall'esterno che dall'interno della linea di attacco del muscolo palleale. La conchiglia si accresce in circonferenza per addizione di materiale dal bordo del mantello e in spessore dalla deposizione della superficie del mantello

La deposizione del carbonato di calcio comincia così vicino al margine che non tutta la proteina che forma lo strato interno del periostraco è polimerizzato dal fluido extrapalleale al momento che inizia la deposizione del carbonato di calcio. Gli elementi del periostraco non possono essere incorporati nella struttura cristallina e sono espulsi come impurità ai bordi dei cristalli adiacenti. Questi accumuli di impurità impediscono un'ulteriore crescita laterale dei cristalli che sono confinati alla crescita in una direzione, perpendicolare al periostraco. Fino a quando tutte le proteine del periostraco in formazione non sono depositate, i cristalli sono limitati alla crescita laterale. Inoltre, nel margine, dove l'influenza del confinamento delle proteine del periostraco scompare, il carbonato di calcio cresce come un mosaico di cristallo con le proprietà ottiche di un singolo cristallo.

Per *C. gallina* nel Mediterraneo occidentale la periodicità dell'inibizione della crescita è annuale (Ramòn & Richardson, 1992). In generale per i molluschi bivalvi la formazione degli anelli esterni sulla conchiglia avviene annualmente durante il periodo invernale in una fase di rallentamento della crescita (Lutz & Rhoads, 1980). Si ritiene che le caratteristiche deposizionali interne tendano ad essere molto meno influenzate dalle condizioni ambientali esterne che incidono sulle superfici delle valve e, così, un record di crescita viene conservato intatto (Ropes, 1984).

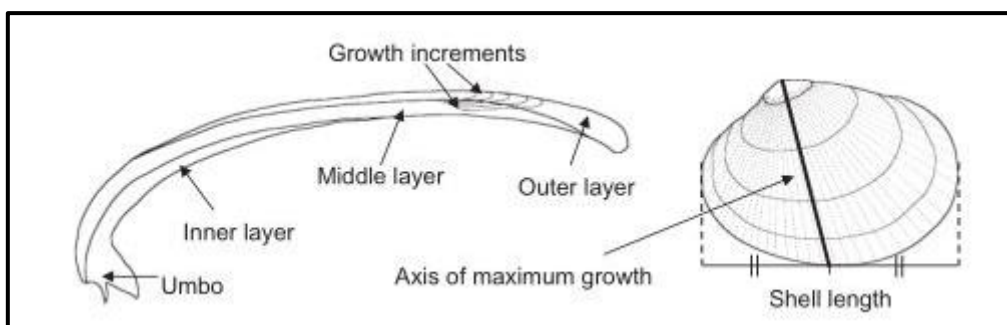


Figura 5 Composizione dei vari strati del guscio di *C. gallina* (dx) e direzione di massimo accrescimento (sx) immagine presa da (Masu, Watanabe, Aoki, Katayama, Fukuda, & Hino, 2008)

1.2.4 Riproduzione

I bivalvi in generale hanno un ciclo riproduttivo annuale con un periodo di gametogenesi sia maschile che femminile cui seguono uno o più episodi di emissione. *C. gallina* è una specie a sessi separati anche se sono stati citati casi rari di vongole ermafrodite, per lo più dovuti a fenomeni di parassitosi. È una specie gonocorica con una sostanziale parità nel rapporto dei sessi. La fecondità è collegata con la taglia e con l'età

ed è influenzata da fattori ambientali. In Adriatico il periodo riproduttivo può andare da marzo a settembre con possibili estensioni; in letteratura troviamo che il periodo riproduttivo è esteso da aprile ad ottobre con deposizione multipla per gli stessi individui nel corso del periodo riproduttivo. Questa specie ha un periodo di riposo gametogenetico che va da tardo settembre a dicembre ma la riproduzione è stata segnalata anche in tardo autunno e in inverno probabilmente a causa di elevate temperature o a situazioni di stress. Per definire il grado di maturità sessuale nell'Adriatico (Poggiani, Piccinetti, & Piccinetti Manfrin, 1973) identifica 4 stadi : riposo (stadio 1), inizio della fase di maturazione (stadio 2), gonadi mature (stadio 3), fase post deposizione (stadio 4). Secondo (Matozzo, Monari, Foschi, Papi, Cattani, & Marin, 2005) gli eventi riproduttivi rappresentano per la specie una fonte di consumo energetico paragonabile ad una situazione di stress in quanto tutta l'energia usata per la crescita è probabilmente usata per la riproduzione, con possibili risultati come un periodo di crescita lenta. Durante la deposizione delle uova, infatti, gli individui smettono di alimentarsi e il tasso di accrescimento diminuisce sostanzialmente (Kanazawa & Shin'ichi, 2007). Gli eventi di deposizione poco probabilmente però possono, da soli, interrompere l'accrescimento del guscio (Ramòn & Richardson, 1992). I processi di accrescimento e sviluppo dei gameti sono stati riscontrati già in vongole con una taglia di 10 mm e l'emissione di gameti già in quelle con taglia intorno ai 13-15 mm. Il numero di uova emesse è in funzione alla taglia delle vongole nel corso della stagione riproduttiva, una vongola di 30 mm può produrre 4,5 volte più uova di quante ne produce una di taglia 20 mm (Delgado, Silva, & Juarèz, 2013).

1.3 DRAGHE

1.3.1 Tipologie di draga

Secondo la definizione data dalla norma UNI 8288 (UNI, 1988) la draga è un attrezzo da pesca a bocca fissa trainato a mano o da imbarcazioni che, penetrando nel fondo marino, nel suo progressivo avanzamento, separa gli organismi marini dall'acqua, dalla sabbia e dal fango. A seconda delle modalità di penetrazione nei primi centimetri del sedimento, si distinguono tre tipologie fondamentali di draga (Bombace & Lucchetti, 2011) :

1. la draga "a lama", che presenta nella parte inferiore una barra affilata in grado di "defogliare" i primi centimetri del fondale e di far convogliare nell'attrezzo sia il sedimento che gli organismi in esso annidati;
2. la draga "a denti", che possiede un elemento simile ad un rastrello nella parte inferiore il quale, penetrando nel sedimento, seleziona gli organismi in esso insediati, in modo da far entrare nell'attrezzo solo quest'ultimi, dividendoli dalla sabbia e dal fango;
3. la draga "senza lama e senza denti", che invece è la più rudimentale in quanto costituita semplicemente da un telaio, in genere metallico, a cui viene attaccato il sacco di raccolta.

Le draghe sono di svariati tipi, da quelle totalmente manuali a quelle meccanizzate con forme di meccanizzazione molto avanzata. In base alle caratteristiche delle draghe e alle modalità di traino, il Regolamento (CE) 1967/2006 riconosce 4 tipi fondamentali di draghe:

- le draghe tirate da natanti, che sono attrezzi trainati attivamente dal motore principale del peschereccio (corrispondenti alla dizione italiana “traino per Molluschi” contenuta nel D.M. del 26/07/1995);
- le draghe meccanizzate, che sono trainate da un verricello a motore di una nave ancorata (corrispondenti alla dizione “rastrello da natante” contenuta nel D.M. del 26/07/1995);
- le draghe idrauliche, che sono invece attrezzi con dispositivi idraulici e che comunemente vengono chiamate turbosoffianti, (sebbene con il D.M. del 26/07/1995 il termine relativo al sistema “draga idraulica” sostituisce quello attualmente denominato “turbosoffiante”);
- le draghe manuali che sono, infine, tirate a mano o da un verricello a mano in acque basse, con o senza l’ausilio di un’imbarcazione.

In passato le draghe venivano trainate facendo forza con un verricello, in origine manuale, che recuperava il cavo dell’ancora (operazione di tonneggio). Con l’avvento dei primi motori, di bassa potenza, si trainava la draga con un verricello legato al motore principale realizzando in questo modo delle forze di tiro considerevoli. Con l’avvento di motori più potenti è stato possibile il traino della draga direttamente sfruttando la potenza dell’elica. Nelle vongolare il traino può essere effettuato tramite il recupero del cavo dell’ancora o con l’elica a marcia indietro (strategia più usata).

Tutte le draghe vengono adoperate su bassi fondali (in genere inferiori a 15 m) perché è a queste profondità che è possibile reperire Molluschi Bivalvi insediati nel sedimento. Tra le varie draghe meccanizzate oggi è usata quasi esclusivamente la draga idraulica soffiante, meglio nota come “turbosoffiante”.

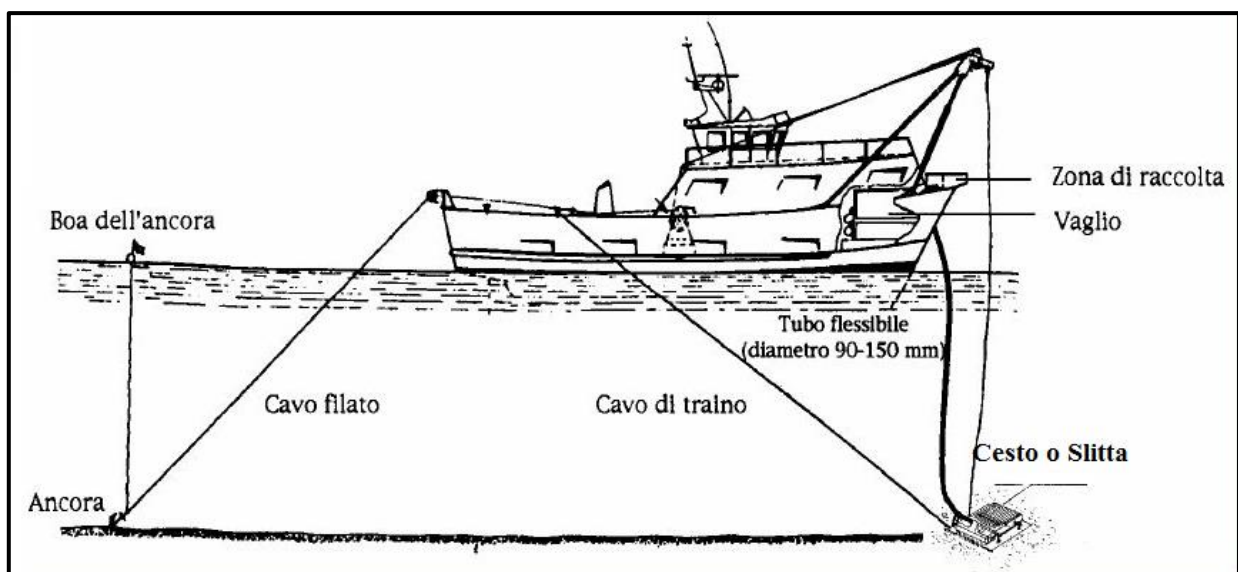


Figura 6 Peschereccio in fase di pesca

1.3.2 Draghe idrauliche

La pesca dei molluschi bivalvi con draghe idrauliche è un'attività relativamente recente introdotta nei primi anni '70 e concentrata prevalentemente sul versante adriatico della penisola. La risorsa target principale è la *C. gallina* (vongola comune) di origine autoctona ed è sfruttata mediante draghe idrauliche. Altre specie di molluschi bivalvi (cannolicchi - *Ensis minor*, fasolari - *Callista chione* e vongole longone - *Venerupis aurea*) vengono ugualmente pescate con questo sistema (Giovanardi, Pranovi, Savelli, & Ferretti, 1992) in zone diverse e su scala minore rispetto a *C. gallina*.

La draga idraulica è costituita da una gabbia completamente metallica nel cui interno vengono pompate getti d'acqua a pressione tramite diverse file di ugelli (da cui il nome draghe turbosoffianti) che agevolano sia la penetrazione dell'attrezzo nel sedimento, sia la fuoriuscita di materiale come sabbia e fango che possono intasarla. La pompa dell'acqua in pressione è collocata nella sala macchine dell'imbarcazione, in prossimità della relativa presa a mare, da cui l'acqua viene aspirata e pompata fino agli ugelli della gabbia per mezzo di un tubo di gomma. Tutte le vongolare hanno la draga sempre posta sulla prua della barca, al termine del traino la draga viene issata a prora tramite il cavo di recupero ed il materiale raccolto viene convogliato in un vascone e poi ad un vaglio per la selezione delle taglie commerciabili. Il grigliato della gabbia è costituito da tondini di ferro la cui mutua distanza varia a seconda dell'organismo da catturare. Nella parte anteriore della gabbia, a contatto con il fondo, viene bullonata una lama metallica che, sporgendo sotto i pattini laterali di circa 4-6 centimetri, consente alla gabbia di estrarre dal sedimento gli organismi presenti. Davanti alla lama e sul grigliato scorrono i tubi metallici con gli ugelli di sfondamento e smaltimento.

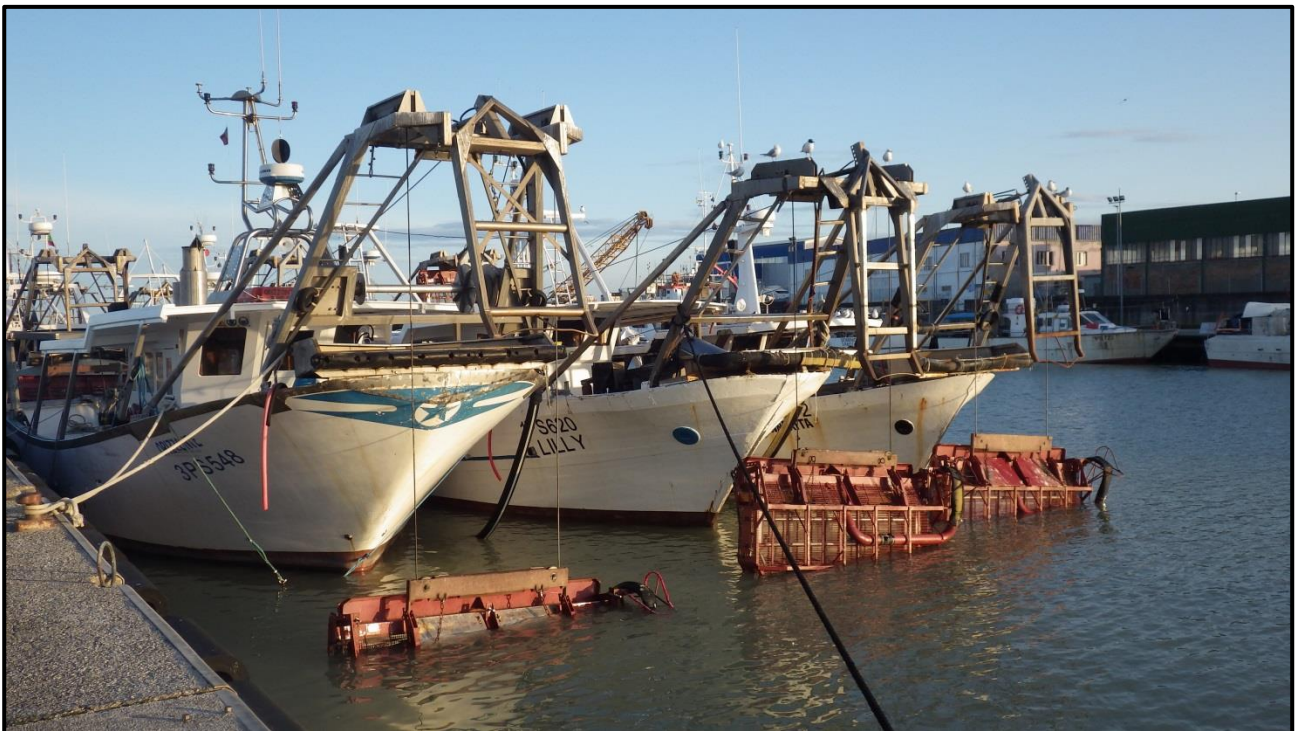


Figura 7 Vongolare ferme al porto di Fano (PU)

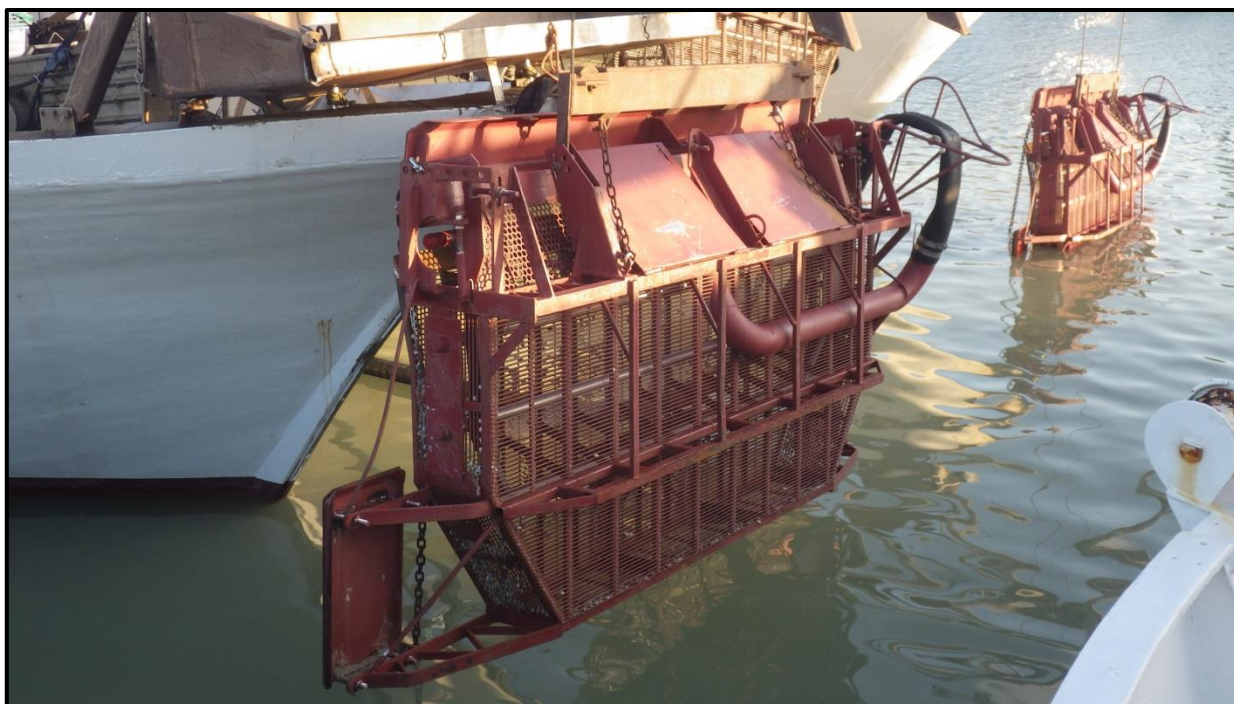


Figura 8 Draga idraulica

1.3.3 Impatto ambientale dovuto alla pesca della vongola adriatica *C. gallina*

La raccolta meccanizzata mediante draga idraulica determina inevitabilmente alcuni effetti sui fondali su cui è operata e sulle comunità bentoniche presenti. Di recente 4 studi dettagliati (Morello, Froglià, & Atkinson, 2005a) (Morello, Froglià, & Atkinson, 2005b) (Morello, Froglià, & Atkinson, 2006a) (Morello E.B., 2006b), condotti nell'ambito di programmi finanziati dalla Comunità Europea, hanno evidenziato la presenza di un moderato persistente disturbo di fondo alla comunità bentonica. Disturbo che è dovuto alla costante attività di pesca dell'ultimo trentennio, e che ha già modificato la comunità bentonica.

Non c'è un chiaro effetto sull'intera comunità macrozoobentonica, ma c'è una generale condizione di moderato disturbo della comunità bentonica, in particolare nello strato di 4-6 metri di profondità. La risposta della comunità bentonica alla variazione di intensità di pesca è rapida, e avviene entro 6 mesi. Il risultato finale è che anche in una comunità bentonica che è tipica di un ambiente moderatamente disturbato (in quanto soggetto a pesca), gli effetti della pesca sulla struttura della comunità sono distinguibili dalla variabilità ambientale naturale. In definitiva, gli studi condotti hanno evidenziato limitati effetti sui popolamenti bentonici presenti nelle aree di pesca della vongola adriatica anche grazie al fatto che questa pesca è effettuata su fondali privi di praterie di fanerogame o di altre comunità bentoniche di particolare pregio. Gli effetti maggiori si hanno a carico di alcuni molluschi che presentano dimensioni più piccole e gusci più fragili rispetto alla vongola, come varie specie di telline, anch'esse di importanza commerciale, e *Abra alba* (Morello, Froglià, & Atkinson, 2005b).

Oltre alle specie target, la pesca meccanizzata, poco selettiva, comporta un prelievo di individui di altre specie di invertebrati privi di interesse economico e pesci di taglia non commerciale, arrecando danni più o meno gravi alle popolazioni naturali. Questo prelievo indesiderato indicato come "scarto di pesca" varia

significativamente con la zona e la profondità (Morello, Froglià, & Atkinson, 2005a). Purtroppo lo "scarto di pesca" molto spesso composto di animali morti o sofferenti, viene rigettato in mare come rifiuto durante il rientro in porto delle imbarcazioni (Veale, Hill, & Brand, 2000).

1.3.4 Impatto della pesca su *C. gallina*

In un'indagine condotta da (Vaccarella, Pastorelli, & Marano, 1990) viene dimostrato come nei giorni successivi al passaggio della draga il sedimento impiega molto tempo a ricoprirsi e le vongole sopravvissute hanno maggiori difficoltà ad infossarsi nuovamente e la ricolonizzazione avviene soprattutto ad opera di anellidi. A basse profondità gli effetti sono meno evidenti a causa di una granulometria del sedimento maggiore e di un maggiore idrodinamismo presente sul fondo. I principali effetti si hanno su giovanili e su adulti al di sotto della taglia commerciale che attraversano la draga e restano a costituire lo stock di riserva. I principali effetti di questo stress meccanico riguardano sia il danneggiamento dei gusci con conseguente mortalità diretta, o indiretta per la minore protezione nei confronti dei predatori (Romanelli, Cordisco, & Giovanardi, 2009), sia alcuni effetti fisiologici indotti (Moschino, Chicharo, & Marin, 2008). I sopravvissuti infatti presentano una minore capacità di filtrazione e quindi di alimentazione (Marin, et al., 2003), una ridotta capacità fossoria e, di conseguenza, una maggiore esposizione alla predazione, e infine alcuni effetti duraturi sul sistema immunologico che riducono la tolleranza alle variazioni ambientali e aumentano la suscettibilità ai patogeni (Da Ros, Nesto, Nasci, Moschino, Pampanin, & Marin, 2003). In definitiva, l'impiego di strumenti meccanici di elevata potenza, potrebbe indebolire le popolazioni naturali, favorendo infezioni di protozoi nei superstiti con conseguente declino degli stock. Oltre agli effetti sugli stock, l'impiego di draghe idrauliche comporta anche uno stress per il pescato che, ricordiamo, deve prevenire vivo al consumatore. Lo stress provoca una minore resistenza all'esposizione all'aria e quindi una minore conservabilità del prodotto, traducendosi in una minore qualità, eventuale deprezzamento e/o deperimento del prodotto (Pampanin, Ballarin, Carotenuto, & Marin, 2002).

1.4 NORMATIVA SULLA PESCA ALLE VONGOLE

La pesca di *C. gallina*, per anni è stata una delle attività meno redditizie dell'Adriatico in quanto il prelievo veniva condotto attraverso sistemi manuali rappresentati da rastrelli costituiti da una gabbia di ferro a forma di semicerchio dotata di una lama nella parte anteriore e di un lungo palo con il quale veniva manovrato l'attrezzo. Tutte le operazioni, compresa la cernita, erano effettuate manualmente e la quantità pescata per imbarcazione era modesta. L'utilizzo di motori ha esteso l'area di pesca sostituendo i rematori, poi il verricello manuale è stato sostituito da un verricello meccanico e poi idraulico, che ha permesso cale più lunghe ed efficienti in termini di cattura. Con l'introduzione negli anni Settanta della draga idraulica la pesca delle vongole in Adriatico per diversi anni ha superato le 100.000 t di prodotto con conseguente aumento della pressione sugli stock di vongola adriatica. L'abbandono della pesca tradizionale a favore di draghe idrauliche ha permesso lo sfruttamento anche dei banchi più profondi (3-12 m) che

precedentemente erano inaccessibili e costituivano il pool di riserva di queste specie, al largo delle nostre coste (Romanelli, Cordisco, & Giovanardi, 2009). Questo ha comportato un sostanziale sovrasfruttamento della risorsa comportando il superamento delle capacità riproduttive e quindi il ripristino annuale degli stock naturali (Frogliola, 2000) rendendo necessarie misure di regolamentazione e contingentamento della pesca sempre più stringenti (Romanelli, Cordisco, & Giovanardi, 2009).

Le misure gestionali applicabili alle attività con draga idraulica sono a tre livelli:

- Misure comunitarie
- Misure nazionali
- Misure regionali e/o compartimentali

Per molti anni non è stata posta nessuna limitazione alla pesca dei bivalvi e solo dal 1979 è stata regolamentata a livello ministeriale attraverso il contingentamento delle licenze è l'introduzione di quote giornaliere di produzione per porre una limitazione al prelievo eccessivo.

Sul finire degli anni '80 sono stati adottati i primi provvedimenti normativi, volti alla regolamentazione delle attività di pesca. Una radicale svolta nella gestione della risorsa è avvenuta alla metà degli anni '90. I DM n° 44/1995 e n° 515/1998 riconosciuti dal Ministero delle Politiche Agricole e Forestali hanno definito i criteri di gestione di questa risorsa attribuendo la responsabilità gestionale ai Consorzi di Gestione (CoGeVo), che riuniscono le imprese di pesca in base al rispettivo Compartimento Marittimo. Le modalità di funzionamento e le prerogative di tali Consorzi sono individuate dal DM 22 Dicembre 2000 "Disciplina della pesca dei molluschi bivalvi" che modifica il DM del 1998. Le principali norme per la gestione razionale della risorsa definite da tale decreto riguardano la taglia minima (25 mm, Reg. 1639/68), i quantitativi massimi giornalieri (600 kg), la limitazione della pesca all'area compartimentale d'iscrizione della barca, la profondità minima (3 m), le caratteristiche tecniche dell'imbarcazione, dell'attrezzo di pesca e del selezionatore. Inoltre le misure della normativa nazionale riguardano il divieto del prelievo di telline e vongole veraci con la draga idraulica, l'orario di uscita e/o rientro in porto dei singoli motopesca e la possibilità di pesca limitata alle acque del Compartimento di iscrizione. Il Reg. 1639 del 1968 prevedeva una taglia minima delle vongole di 25 mm, misura che riprendeva l'abitudine commerciale storica di separare manualmente le vongole per la vendita per il consumo fresco. Nella fase di preparazione del Regolamento di attuazione della Legge 963 del 1965 era ancora diffusa la pesca con l'ausilio dell'asta, che aveva una velocità di avanzamento modesta ed una notevole selettività per evitare di raccogliere troppo materiale. Il Regolamento 1639 tra le taglie minime degli organismi pescati considera le vongole e indica la taglia minima di 25 mm. Ciò non sulla base di studi scientifici ma della consuetudine commerciale. Le taglie minime erano un'indicazione commerciale e lo stesso Regolamento prevedeva una tolleranza nelle catture del 10% in peso di esemplari sotto la taglia minima. L'assenza di criteri ed analisi scientifiche continua anche con i regolamenti europei che inserirono per la vongola la stessa taglia minima che esisteva nella normativa nazionale, togliendo per altro la tolleranza del 10% in peso di vongole sottomisura.

Inizialmente il quantitativo massimo pescabile per motopesca al giorno era di 2500 kg, portato poi a 1200 kg a causa delle differenze di prezzo tra le diverse destinazioni del prodotto ed i forti guadagni ottenibili con questa pesca che portarono ad un aumento del numero di imbarcazioni. Successivamente, sempre a causa di problemi commerciali e sociali, vi fu il blocco delle licenze di pesca delle vongole, la quantità massima fu ridotta a 600 kg giornalieri e si introdusse prima un mese, poi due mesi di fermo obbligatorio ed il divieto di pesca in alcuni giorni per settimana. I due mesi di fermo tecnico obbligatorio sono da effettuarsi tra il 1 aprile e il 31 ottobre; il fermo dell'attività durante l'anno è obbligatorio anche nei giorni di sabato, domenica e festivi, a cui, nel periodo 1 aprile – 30 settembre, deve obbligatoriamente aggiungersi un giorno feriale, stabilito dal Consorzio.

Il Reg.to CE 1967/2006 riprende molti punti della normativa nazionale introducendo però il divieto di utilizzo di draghe idrauliche entro una distanza di 0,3 Mn dalla costa e l'adozione di un piano di gestione per la pesca con draghe idrauliche.

Le draghe idrauliche sono attualmente (dati 2011 Mipaaf/Irepa) battelli omogenei da un punto di vista tecnico e di dimensione. Le caratteristiche del "peschereccio tipo" devono essere le seguenti:

- lunghezza massima tra le perpendicolari 10 m;
- potenza massima 150 HP;
- stazza lorda massima 10 t;

Il numero attuale di imbarcazioni operanti con draghe idrauliche è di 706 (Tab. 1). Il numero di imbarcati nel 2010 è stimato in 1.480 unità, che equivale ad un equipaggio medio di 2 unità per battello. Il numero medio di giornate di pesca annue è di 85.

Regione	Numero	GT	Potenza Motore (KW)
Lazio	24	237	2602
Campania	14	142	1991
Puglia	76	819	7544
Abruzzo	103	1597	11148
Molise	9	96	967
Marche	221	3416	23534
Emilia-Romagna	54	785	5610
Veneto	163	1836	17915
Friuli Venezia G.	42	446	5016
Totale	706	9374	76327

Tabella 4 Barche autorizzate alla pesca con draghe idrauliche per regione, anno 2011

In Alto Adriatico la pesca di *C.gallina* è effettuata da una flotta di circa 200 motopesca (circa 500 pescatori), che per la quasi totalità aderisce a 5 consorzi (Monfalcone, Venezia, Chioggia, Ravenna e Rimini).

Per quanto riguarda la "draga idraulica" essa è costituita da una gabbia di ferro a forma di parallelepipedo provvista di una lama regolabile nella parte anteriore che serve a tagliare il sedimento e da un sistema per inviare acqua in pressione a ugelli posti su diverse file. La gabbia è supportata da 2 slitte e presenta

generalmente una larghezza di circa 2,7 metri e un peso di circa 600 Kg (Frogliia, 1989), rispettando la normativa che prevede una apertura massima di 3 metri ed un peso massimo di 600 Kg. La normativa prevede inoltre che la pressione massima sull'attrezzo sia di 1,8 bar e che il fronte e l'apertura della gabbia siano orizzontali. La parte inferiore della gabbia deve essere costituita da tondini metallici, oppure da grigliati che garantiscono un equivalente selettività; la distanza tra i tondini della parte inferiore non deve essere minore di 12 mm, con una tolleranza minore ad 1 mm. Lo strumento di selezione meccanica, il vibrovaglio, deve avere tondini distanti 12 mm, con tolleranza di 1 mm e lamiere con fori di diametro non inferiore ai 21 mm per consentire alle vongole di taglia più piccola di essere rilasciate.

Per questa tipologia di pesca inoltre il titolare della licenza è obbligato, ai fini delle dichiarazioni statistiche, a compilare un apposito modulo entro il giorno 5 del mese successivo a quello della dichiarazione e inviarlo al Consorzio, il quale compilerà a sua volta un modello riepilogativo di tutte le barche iscritte, che dovrà inviare al Ministero delle Politiche Agricole e Forestali (DG Pesca e Acquacoltura) entro il 15 del mese successivo. Il Consorzio deve inoltre redigere annualmente un dettagliato piano di semina e gestione, oltre ad altre misure, sempre di carattere gestionale.

La "Nuova disciplina sull'affidamento ai consorzi di gestione e tutela dei molluschi bivalvi nelle aree di mare aperto", promulgata con DM 7 febbraio 2006, precisa le specie di pertinenza esclusiva in mare aperto delle imbarcazioni munite di "draga idraulica". In Tabella vengono classificati i molluschi tutelati da tale normativa.

Nome commerciale	Nome scientifico
Vongola o Lupino	<i>Dosinia exoleta</i>
Vongola o Lupino	<i>Chamelea gallina</i>
Vongola o Longone	<i>Venerupis aurea</i>
Vongola o Longone	<i>Venerupis pullastra</i>
Vongola o Longone	<i>Venerupis rhomboides</i>
Fasolaro	<i>Callista chione</i>
Cannolicchio o cappelungo	<i>Ensis minor</i>
Cannolicchio o cappelungo	<i>Solen vagina</i>
Cuore	<i>Acanthocardia spp.</i>
Scigno di Venere	<i>Scapharca spp.</i>
Tellina	<i>Donax trunculus</i>

Tabella 5 Molluschi bivalvi tutelati dal DM 7 febbraio 2006

2 SCOPO DELLA TESI

Lo studio della dinamica di popolazione dei bivalvi richiede una conoscenza della crescita e dell'età dei singolo organismi.

Lo scopo di questa tesi è quello di individuare una metodologia :

- valida per riconoscere e validare la precisa natura dell'origine dei microincrementi di crescita nel guscio di *C. gallina* che, ancora oggi, rimane una questione alquanto controversa.
- che permetta la determinazione dell'età di *C. gallina* attraverso il riconoscimento di discontinuità annuali all'interno del guscio.
- che permetta di individuare i cambiamenti del tasso di accrescimento di *C. gallina* attraverso i cambiamenti del tasso di deposizione della matrice proteica e calcarea della conchiglia di questo organismo.

L'obbiettivo è quello di verificare l'efficienza e la rapidità di tale metodologia, migliorandola e confrontandola con altre metodologie aventi lo stesso scopo.

Tutto questo ai fini di definire una strategia di gestione ottimale di una risorsa tra le più importanti e sfruttate nel centro-nord adriatico.

3 MATERIALI E METODI

3.1 Preparazione campioni

Sono stati prelevati diversi gusci di individui di *C. gallina* provenienti da un precedente campionamento nel compartimento marittimo di Pesaro nella baia della Vallugola il 06/09/2013.

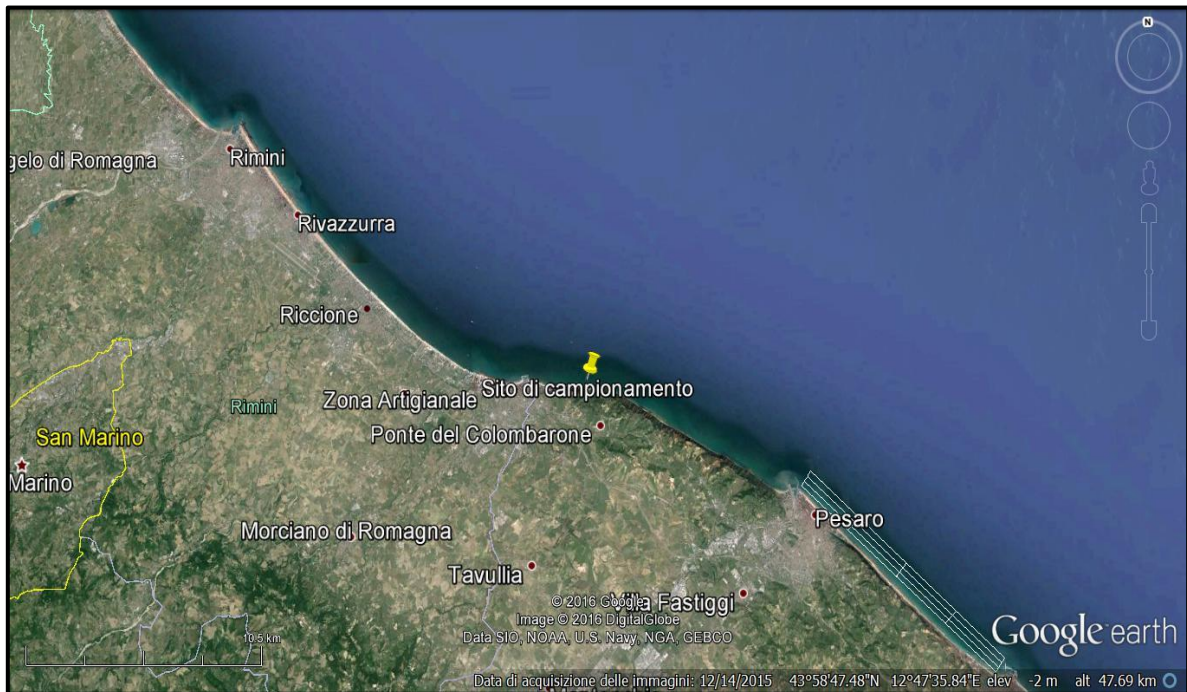


Figura 9 Baia della Vallugola

I gusci sono poi stati scannerizzati col programma Xsane Image Scanning Program (XSane , 2016) ed è stato misurato il feret massimo di ogni individuo mediante script di ImageJ (Rasban, W.S.;Bethesda, 1997-2015) ; i campioni sono stati poi fotografati per una successiva analisi e suddivisi per classe di taglia.



Figura 10 Valve suddivise per classi di taglia

Durante questa prima fase sono state trovate classi di taglia che andavano da 9 a 31 mm.

Si è deciso di prendere due set di campioni:

- Il primo set è composto da campioni di cinque classi di taglia diverse (10, 15, 20, 25 e 30 mm)
- Il secondo set si concentra più sulla taglia commerciale e sono stati prelevati individui per tre diverse classi di taglia (25-26-27 mm)

Sono stati prelevati 20 individui per ogni classe di taglia; i campioni di minore dimensione (10 mm) e quelli di maggiori dimensioni (25-30 mm) non raggiungevano i 20 individui e sono stati prelevati tutti quelli possibili. Questi campioni hanno subito un secondo processo di lavaggio. Le valve sono state pulite accuratamente con uno spazzolino da denti e scolate su carta assorbente per una asciugatura veloce. Dopodiché sono state poste in un contenitore con acqua distillata e lasciate a bagno per due ore. Trascorse le due ore le valve sono state asciugate nuovamente e poste in un forno a 37°C per una notte e successivamente numerate.

Per il primo set è stato poi prelevato un sub-campione per ogni classe di taglia di 3 individui che avevano l'umbone rivolto verso sinistra e 3 con l'umbone rivolto verso destra.

Taglia (mm)	# Campioni	#Campioni inclusi
10	1/11	1/5/8 (sx) 4/6/7 (dx)
15	12/31	14/25/28 (sx) 20/24/27 (dx)
20	32/51	34/44/50 (sx) 32/33/43 (dx)
25	52/72	53/60/68 (sx) 72/70/52 (dx)
30	73/80	77/79/80 (sx) 73/74/75 (dx)

Tabella 6 La tabella indica il numero dei campioni prelevati per il primo set e il numero dei campioni inclusi nella resina per essere lavorati

Taglia (mm)	# Campioni
25	81/95
26	96/106
27	107/111

Tabella 7 Numero di campioni del secondo set. Avendo pochi campioni sono stati tutti inclusi nella resina epossidica



Figura 11 Valve con l'umbone rivolto in direzione opposta

In modo da stimare l'età attraverso la sezione della conchiglia, le valve sono state incluse nella resina epossidica bicomponente DecorGlass prima del sezionamento lungo l'asse anteriore - posteriore, dall'umbone al margine centrale. I due componenti della resina, la base e l'indurente, vengono mescolati insieme in un rapporto di 100:64 e la resina così ottenuta viene poi colata in appositi stampi. Lo stampo viene riempito solamente per metà e la resina viene lasciata ad asciugare per almeno 48 ore. Una volta che la resina si è asciugata vengono poste le singole valve all'interno degli stampi e ricoperte con altra resina epossidica. La resina viene lasciata indurire nuovamente per altre 48 ore.

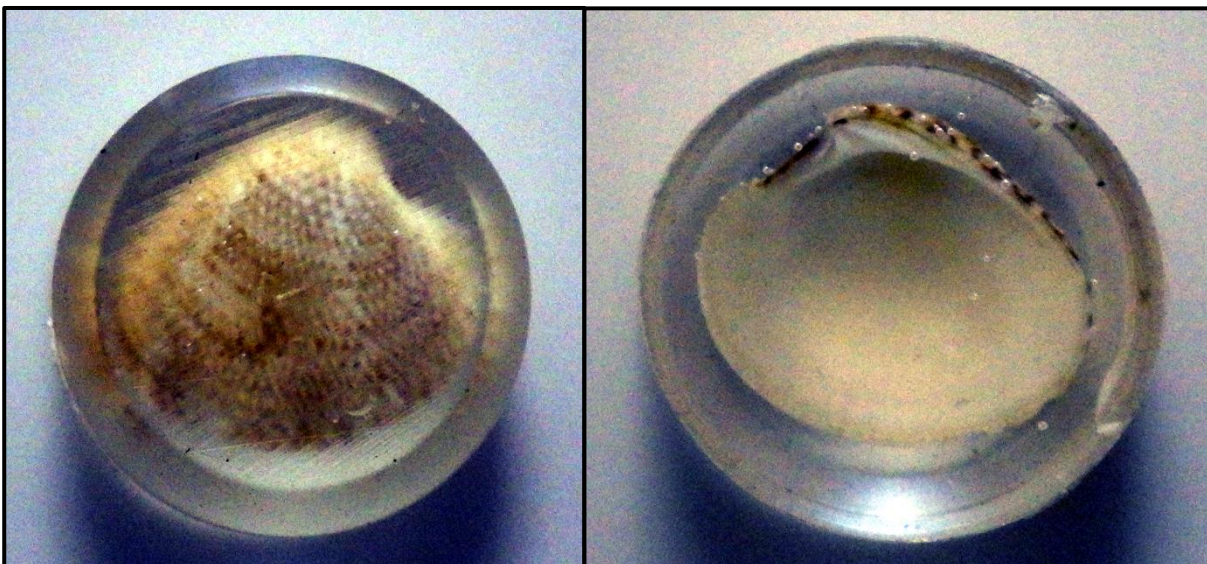


Figura 12 Vista esterna ed interna di una valva inclusa in resina epossidica

Una volta incluso il guscio si procede alla fase del taglio. Attraverso una macchina dotata di una sega diamantata si praticano due tagli completi attraverso la valva ottenendo una fettina di opportuno spessore la quale viene attaccata ad un vetrino portaoggetti.

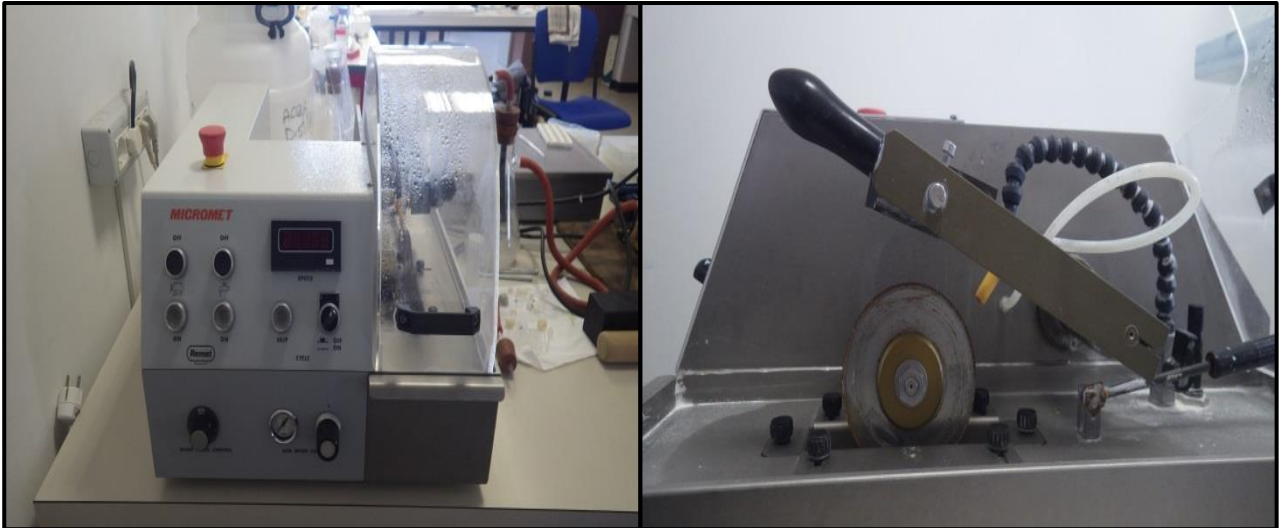


Figura 13 Macchina utilizzata per il taglio delle valve(sinistra); particolare del braccio idraulico e della lama diamantata (destra)

La fettina così ottenuta viene poi prelevata e pulita in un sonicatore per eliminare eventuali tracce di polvere e residui di resina e infine montate sopra un vetrino con resina epossidica.

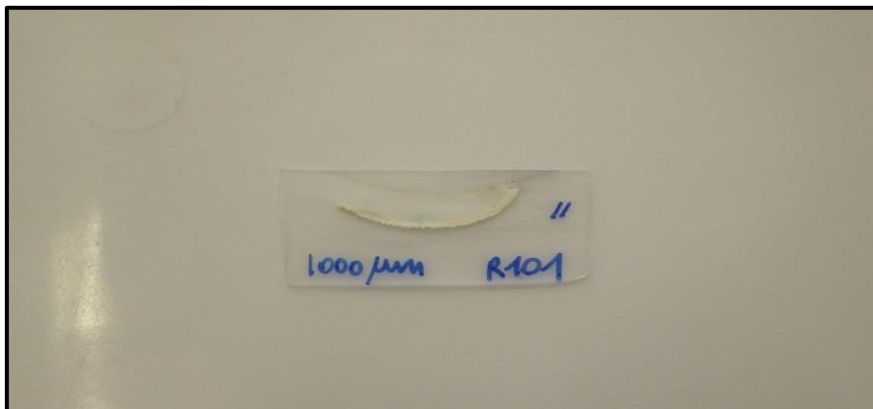


Figura 14 Sezione della valva ottenuta attraverso il taglio; sulla sinistra è riportato lo spessore, sulla destra il numero di riconoscimento

La parte anteriore e la parte posteriore rimanenti sono state lucidate e conservate per un successivo trattamento.



Figura 15 Parti della valva inclusa rimanenti dopo aver effettuato il taglio della fettina

Un semplice taglio delle valve non può mostrare delle linee di crescita definite, a causa delle variazioni nella microstruttura delle deposizioni del guscio (Ropes, 1984). Segue quindi una successiva fase di levigatura e lucidatura attraverso dischi di carta abrasiva su cui viene posto un tamburo a cui è attaccata la fettina da levigare. La fettina viene levigata su dischi abrasivi in ordine di grana FEPA: 400,600,1200,2500,4000 fino al raggiungimento di uno spessore idoneo all'analisi in luce trasmessa e poi lucidati su panno caricato con allumina 3 μm e 0,1 μm . Durante la levigatura la carta abrasiva viene costantemente bagnata con una soluzione di acqua, sapone e alcool. Il sapone serve a rimuovere la fine polvere che si forma e l'alcool per diminuire la tensione superficiale tra fettina e carta abrasiva in modo tale da ottenere una levigatura migliore.

Le fettine levigate sono state successivamente montate su un vetrino portaoggetti, ricoperte di olio di ricino utilizzato come chiarificante, e ricoperte con un vetrino copri oggetti. Prima di essere osservate sono state lasciate in forno a 37°C per alcune ore in modo tale da lasciare agire l'olio.

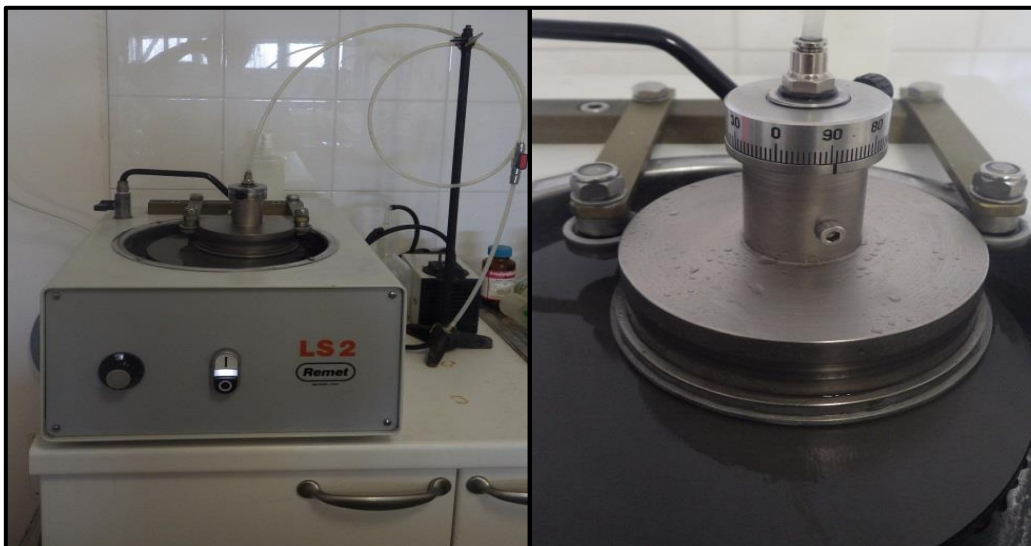


Figura 16 Macchina per la levigatura delle fettine (sinistra); particolare del tamburo a cui venivano attaccati i vetrini per mezzo di una pompa a vuoto (destra)

Il secondo set di campioni è stato utilizzato per confrontare metodologie alternative alla prima utilizzata.

Sono state prese in considerazione due metodologie differenti:

- repliche con fogli di acetato (Ropes, 1984)
- colorazione con soluzione di Mutvei (Schone & Dunca, 2005)

Le fettine sono state parzialmente levigate e lucidate, pulite attraverso un sonicatore e lasciate asciugare all'aria.

3.1.1 Acetate peels replicas

Dopo essere state pulite le sezioni sono state ricoperte con acido cloridrico 0,1M per circa due minuti (fase di etching), risciacquate delicatamente in acqua distillata e asciugate all'aria. L'acido cloridrico consuma la matrice calcarea con una velocità maggiore rispetto alla matrice proteica del periostraco lasciando così dei solchi. Si lasciano cadere sulla sezione alcune gocce di acetone e si applica sopra un piccolo pezzo di foglio di acetato che si dissolve e penetra nei solchi lasciati dall'etching.

Si forma così un calco della sezione che viene attaccato ad un vetrino ed osservato al microscopio.

3.1.2 Colorazione di Mutvei

La colorazione di Mutvei combina una fase di etching leggera, che preserva sia i componenti idrosolubili che i componenti idrofobici della matrice organica, e una colorazione differente dei composti organici solubili, in una singola fase di preparazione. Un litro di soluzione di Mutvei consiste in 500 ml (1%) di acido acetico, 500 ml (25%) di formaldeide e circa 5 g di polvere di Blu di Toluidina (oppure Blu di Bromofenolo). I campioni sono stati immersi in soluzione Mutvei a 37–40 °C, venendo agitati costantemente. Il tempo di immersione varia tra 5 minuti e 4 ore a seconda del materiale e il tipo di analisi, noi li abbiamo lasciati immersi per 35 minuti. Subito dopo la rimozione, le sezioni sono state accuratamente risciacquate con acqua demineralizzata e lasciate asciugare all'aria. L'effetto della soluzione Mutvei sui componenti organici ed inorganici dello scheletro di carbonato di calcio comporta azioni indipendenti, nonché le interazioni, dei suoi tre componenti principali: Blu di Toluidina, formaldeide, e acido acetico diluito. Il Blu di Toluidina funziona come un colorante di mucopolisaccaridi solfati acidi mucopolisaccaridici e glicosaminoglicani. La formaldeide è, grazie alle dimensioni piccole della sua molecola, un agente di fissaggio rapidamente penetrante per l'analisi morfologica e istochimica enzimatica finemente strutturata. Esso fissa componenti organici insolubili in acqua e solubili in acqua. Oltre che ad assistere la formaldeide nella stabilizzazione dei composti organici, l'acido debole rimuove il carbonato molto delicatamente. L'acido acetico reagisce molto lentamente con il carbonato senza produrre grandi quantità di bolle di CO₂ che potrebbero portare via le sostanze organiche solubili prima che siano fissate.

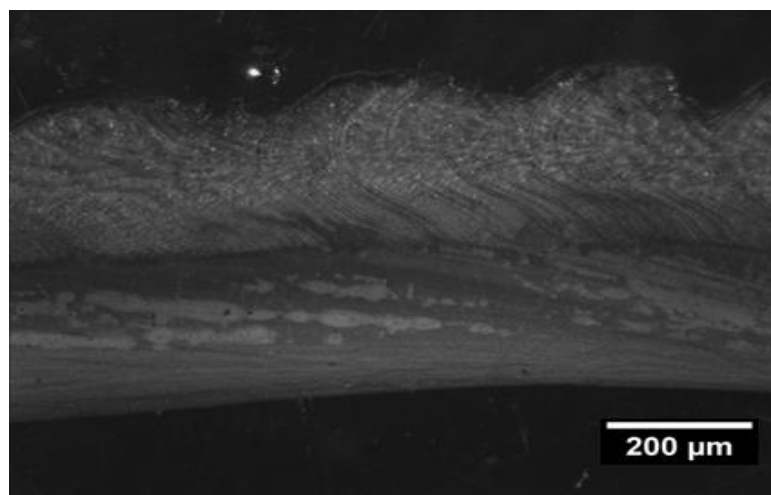


Figura 17 Immagine ottenuta con la colorazione di Mutvei

3.2 Acquisizione dati

Per prima cosa sono stati fotografati i gusci non ancora inclusi nella resina epossidica

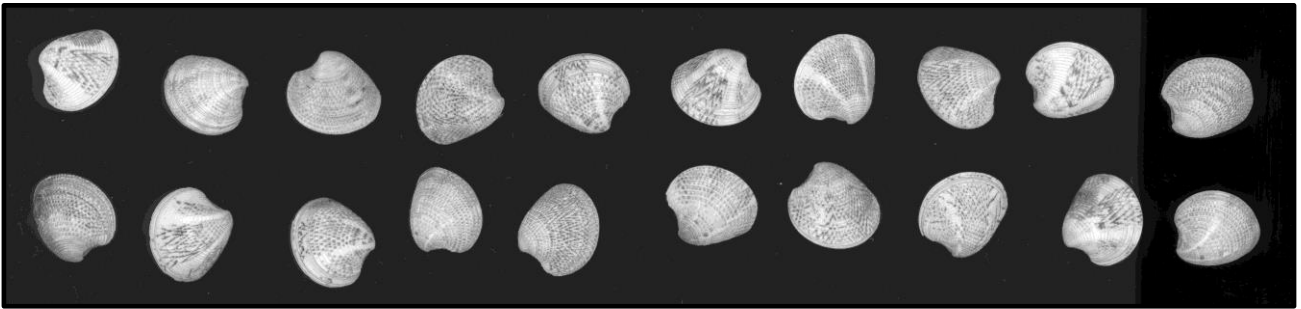


Figura 18 Immagine scannerizzata delle vongole ancora intere (classe di taglia 15mm)

Le fettine non levigate e le due parti rimanenti ottenute sono state fotografate con due metodi diversi:

- attraverso uno stereomicroscopio su cui era montata una telecamera Digital camera DC M500
- attraverso uno scanner (Epson Perfection V600 photo) che permetteva una più rapida acquisizione dell'immagine a discapito di una minor risoluzione delle immagini.

I diversi metodi sono stati poi confrontati per capire quale delle due metodologie di acquisizione dell'immagine fosse migliore.

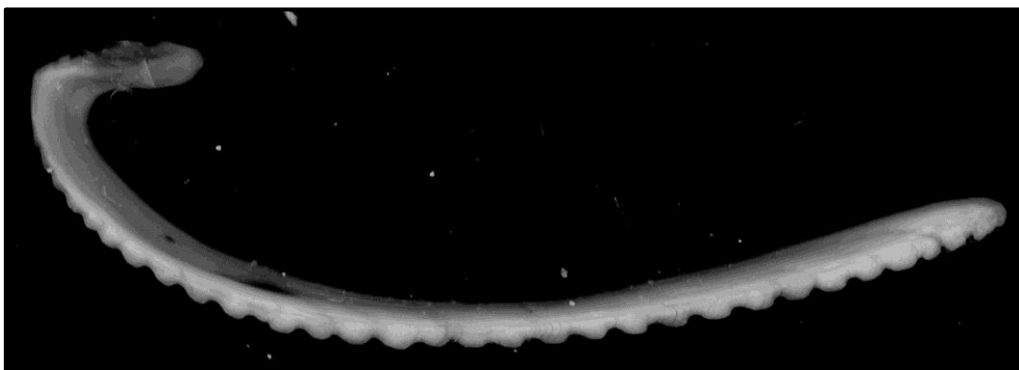


Figura 19 Immagine di una fettina non levigata (scanner)

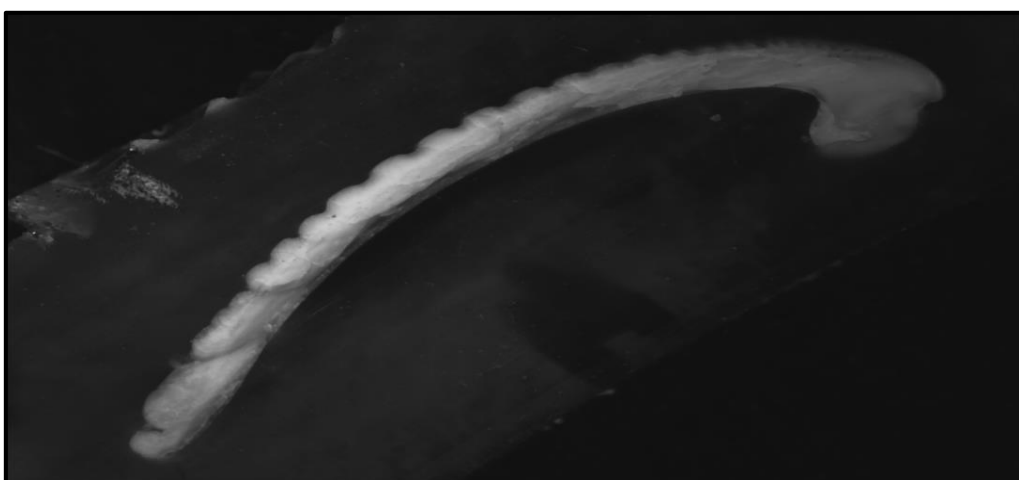


Figura 20 Immagine di una fettina non levigata (stereo microscopio)

Il numero di creste è stato conteggiato sia nelle fettine che nelle parti rimanenti della vongola in modo da poter verificare di aver tagliato effettivamente lungo l'asse di massimo accrescimento, che dovrebbe teoricamente presentare il maggior numero di creste.

Le fettine levigate sono state invece fotografate su uno stereomicroscopio (Leica Wetzlar) a luce trasmessa, che le illuminava dal basso, per fare in modo di poterle vedere in trasparenza così da poter distinguere le diverse inclusioni.

La risoluzione delle foto allo stereomicroscopio e allo scanner sono segnati in Tab.8

FOTO	RISOLUZIONE
FOTO SCANNER GUSCI INTERI	10,5 $\mu\text{m}/\text{pixel}$
FOTO SCANNER FETTINE	7,87 $\mu\text{m}/\text{pixel}$
FOTO MICROSCOPIO WILD	7,02 $\mu\text{m}/\text{pixel}$
FOTO MICROSCOPIO LEITZ	0,43 $\mu\text{m}/\text{pixel}$

Tabella 8 Risoluzione delle immagini



Figura 21 Stereo microscopi utilizzati per l'acquisizione delle immagini

3.3 Elaborazione dati

Per stimare il tasso di crescita si è proceduto al conteggio delle creste esterne, sia dei gusci interi che dei gusci tagliati, e al conteggio delle bande interne alla conchiglia. Di per se l'interpretazione degli anelli di accrescimento esterni non è chiara. La periodicità degli anelli è sconosciuta e possono essere facilmente confusi con anelli di disturbo causati da vari fattori (Ramòn & Richardson, 1992).

Le immagini ottenute sono state analizzate attraverso il software di analisi immagine Image J.

Per ogni sezione sono state conteggiate le discontinuità annuali, zone della conchiglia che presentano pattern di micro linee di accrescimento ben definite, spesso accompagnate da una fessura della parte esterna del periostraco.

Per ogni singola cresta è stato calcolata la lunghezza tracciando una linea che congiungeva le due fessure adiacenti alla cresta vera e propria; per l'altezza si è tracciata una linea perpendicolare alla prima al centro della cresta (Fig.22). Lungo il profilo della prima linea sono stati misurati i livelli di grigio in modo da poter conteggiare il numero di discontinuità presenti all'interno di ogni singola cresta. Dividendo tale numero per la lunghezza totale della cresta abbiamo lo spessore medio degli incrementi.

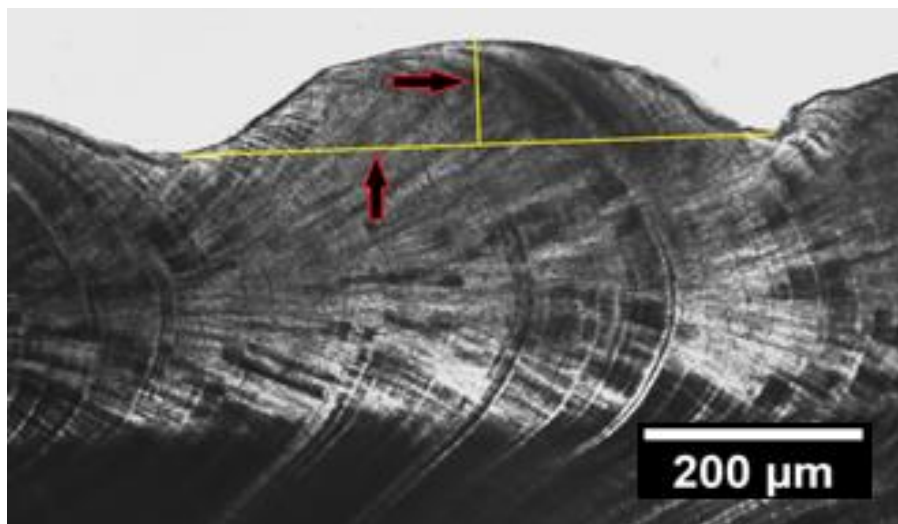


Figura 22 Le due frecce indicano le linee utilizzate per misurare la lunghezza ed altezza della cresta

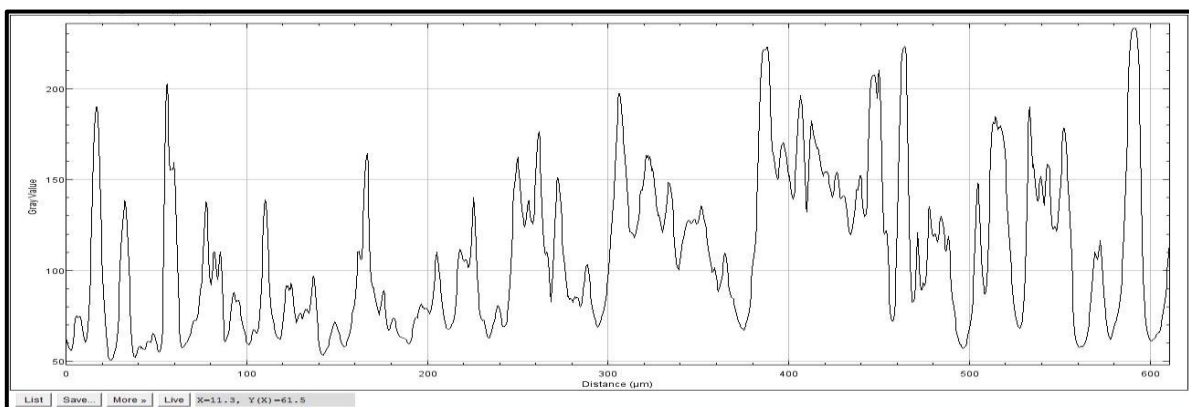


Figura 23 Scala di grigi ottenuta per una singola cresta; ogni picco rappresenta una microlinea di crescita

I dati risultanti sono stati salvati su un foglio di calcolo Excel e normalizzati dividendo i parametri per il loro valore minimo, per ogni individuo. Per ogni individuo sono stati messi a confronto tra loro le medie di lunghezza, altezza e spessore. Sono poi state messe a confronto tali medie per vedere se l'accrescimento seguiva un identico modello nelle diverse classi di taglia. È stato poi messo a confronto il numero grezzo di discontinuità conteggiate nelle singole crestine. Le medie per ogni classe di taglia sono state anch'esse messe a confronto.

Inoltre sono stati riportati i valori massimi e minimi per lunghezza, altezza e spessore di ogni classe di taglia.

4. RISULTATI

I primi risultati ottenuti riguardano lo spessore della fettina tagliata. Tagliare troppo poco il guscio infatti potrebbe portare ad una rottura della fettina, tagliare troppo significherebbe aumentare i tempi di levigatura. Il taglio ideale trovato è stato di circa 1000 μm . Inizialmente si è praticato un primo taglio della vongola e successivamente si spostava la lama diamantata di circa 1000 μm tramite una vite micrometrica per poter praticare un secondo taglio. Successivamente al macchinario è stata montata una seconda lama distanziata dalla prima grazie ad uno spessore in modo tale che attraverso un solo taglio si poteva ottenere una fettina di circa 1000 μm dimezzando così il tempo necessario al taglio.

Anche per la levigatura si è trovato uno spessore ideale. Levigare troppo poco non permetterebbe di osservare la sezione in luce trasmessa in quanto la luce non passerebbe attraverso il guscio e levigare troppo potrebbe compromettere l'intera sezione. Ogni sezione aveva un suo spessore ideale ed andavano osservate ogni volta allo stereo microscopio; per quasi tutte le fettine però, lo spessore ideale era intorno ai 100-120 μm .

I primi risultati ottenuti riguardano il numero di creste nelle sezioni del guscio tagliate e nelle parti rimanenti. È stato fatto un confronto tra i diversi metodi di analisi di immagine, per definire quale delle due metodologie fosse quella più veloce e più accurata.

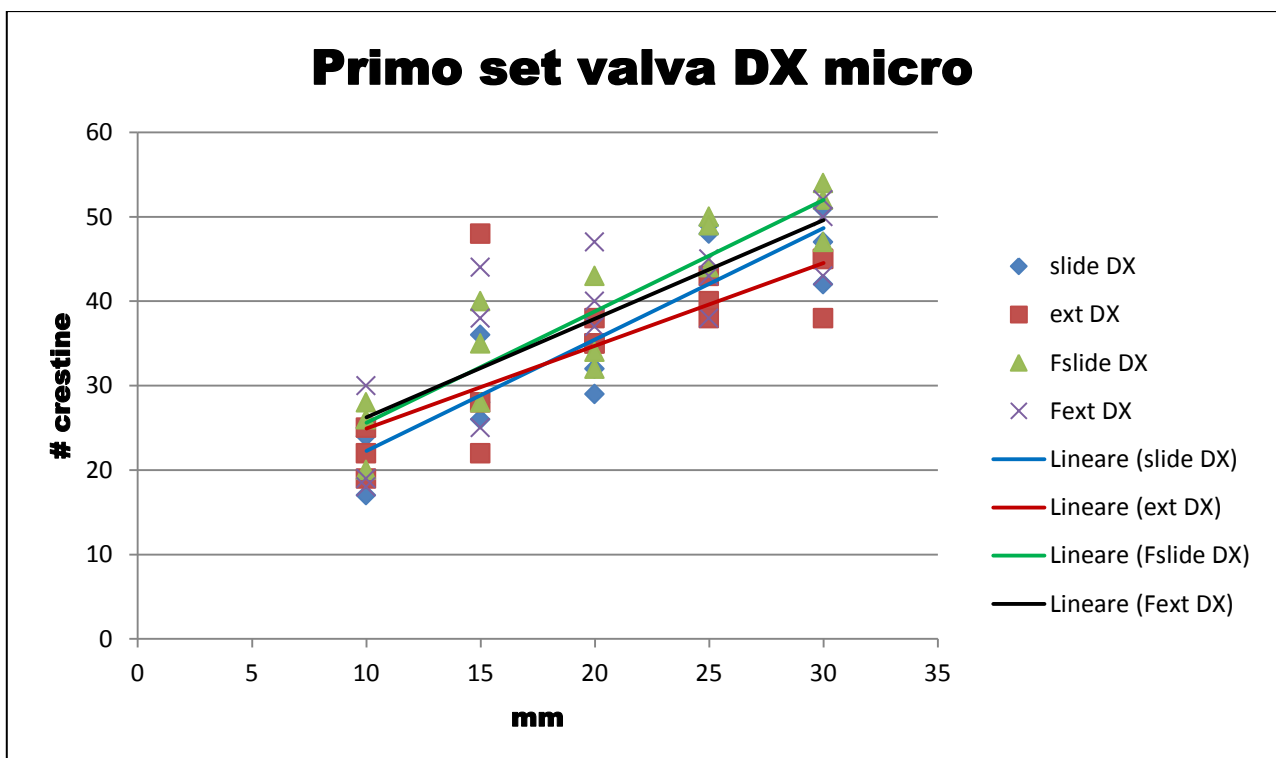


Figura 24 Numero di creste conteggiate al microscopio per i gusci con la valva rivolta verso dx

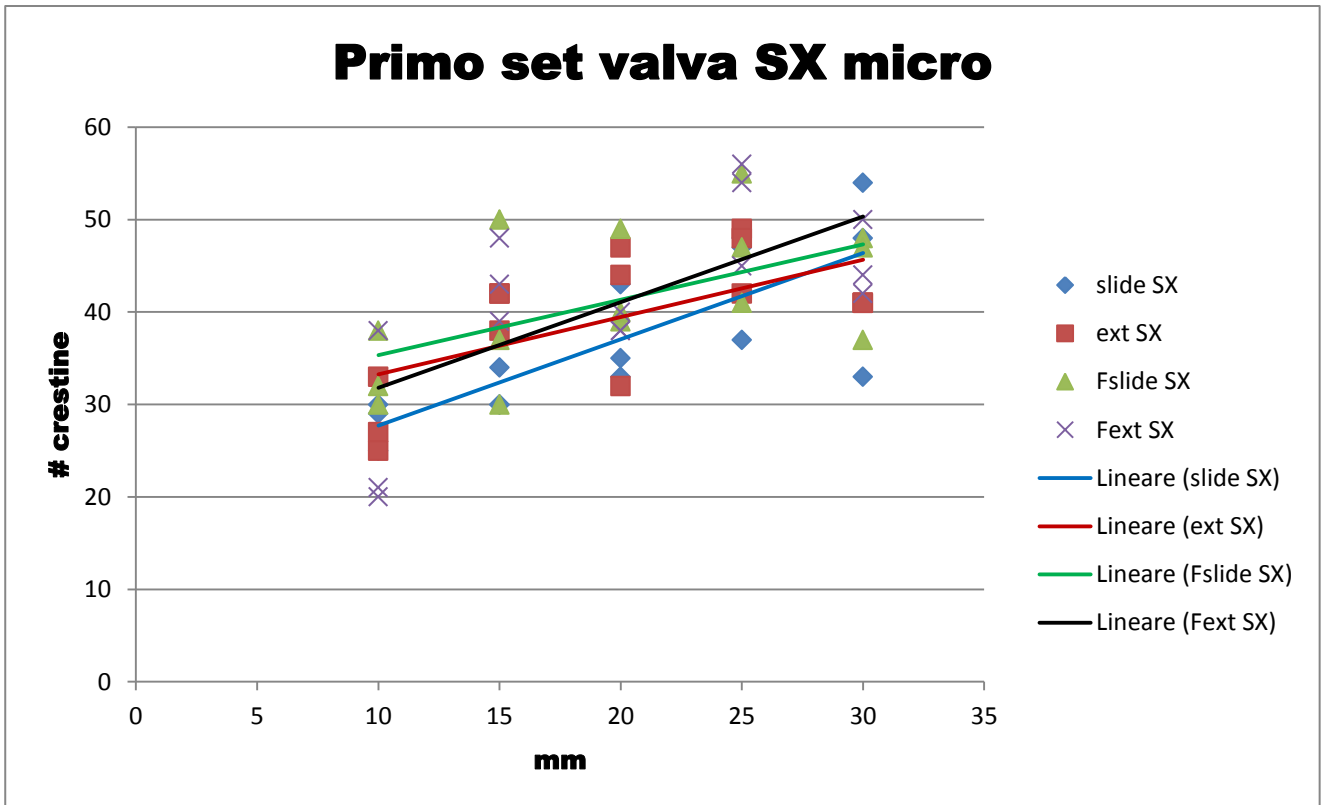


Figura 25 Numero di crestine conteggiate al microscopio per i gusci con la valva rivolta verso sx

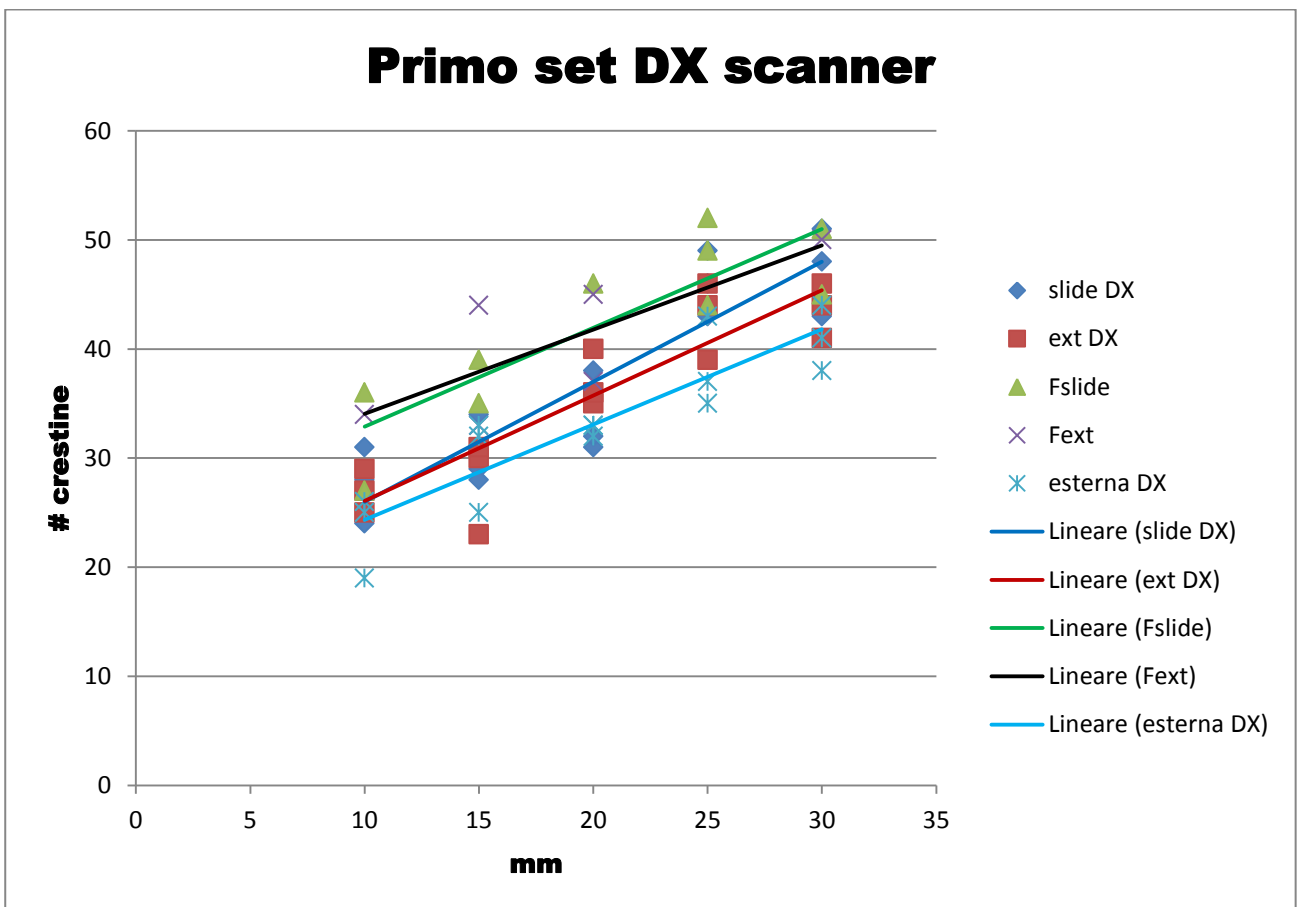


Figura 26 Numero di crestine conteggiate con lo scanner per i gusci con la valva rivolta verso dx

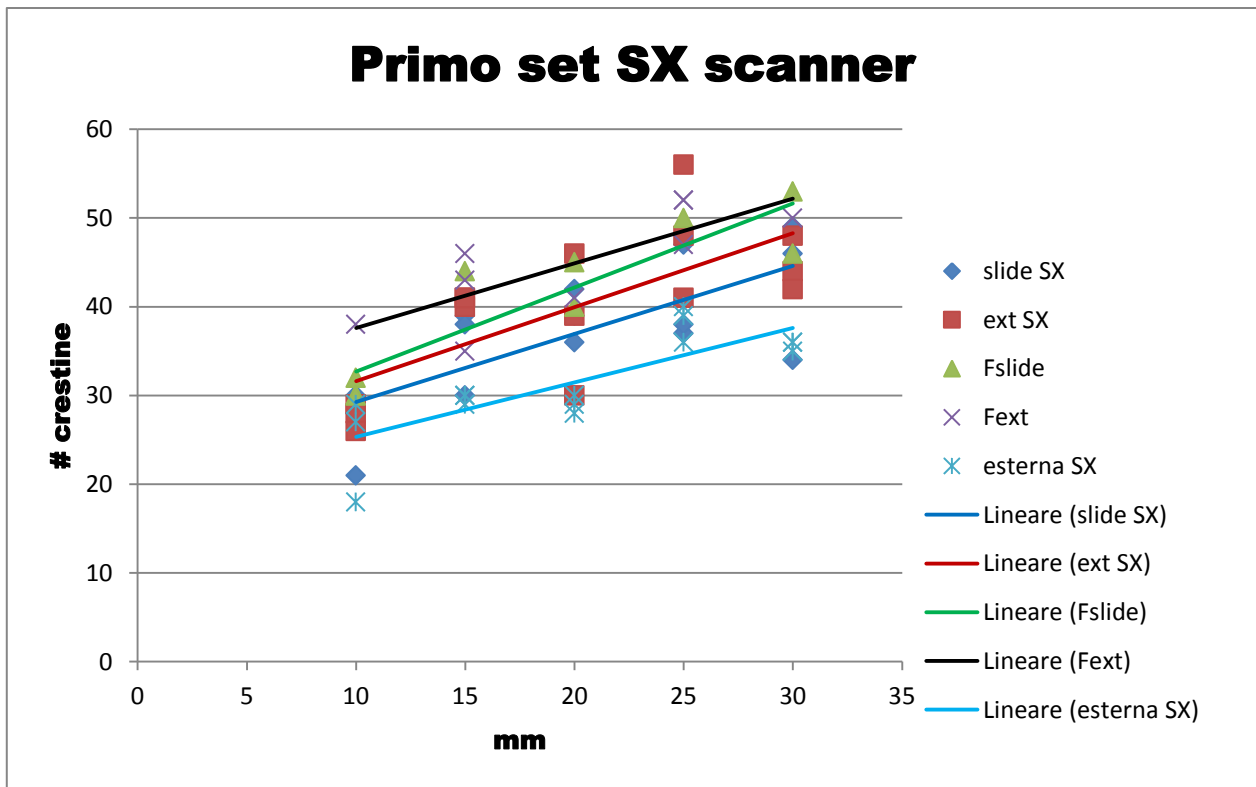


Figura 27 Numero di crestine conteggiate con lo scanner per i gusci con la valva rivolta verso sx

Dai grafici risulta evidente come il conteggio delle crestine è praticamente identico coi due diversi metodi. Il numero di crestine risulta maggiore, per entrambi i metodi, nelle sezioni sottili del guscio che seguono la linea di massimo accrescimento del guscio. Contrariamente vediamo nelle ultime due tabelle come il metodo del conteggio degli anelli di accrescimento esterno da i valori più bassi di crestine conteggiate. Il numero di crestine conteggiate per ogni fettina è indicato in Figura 28.

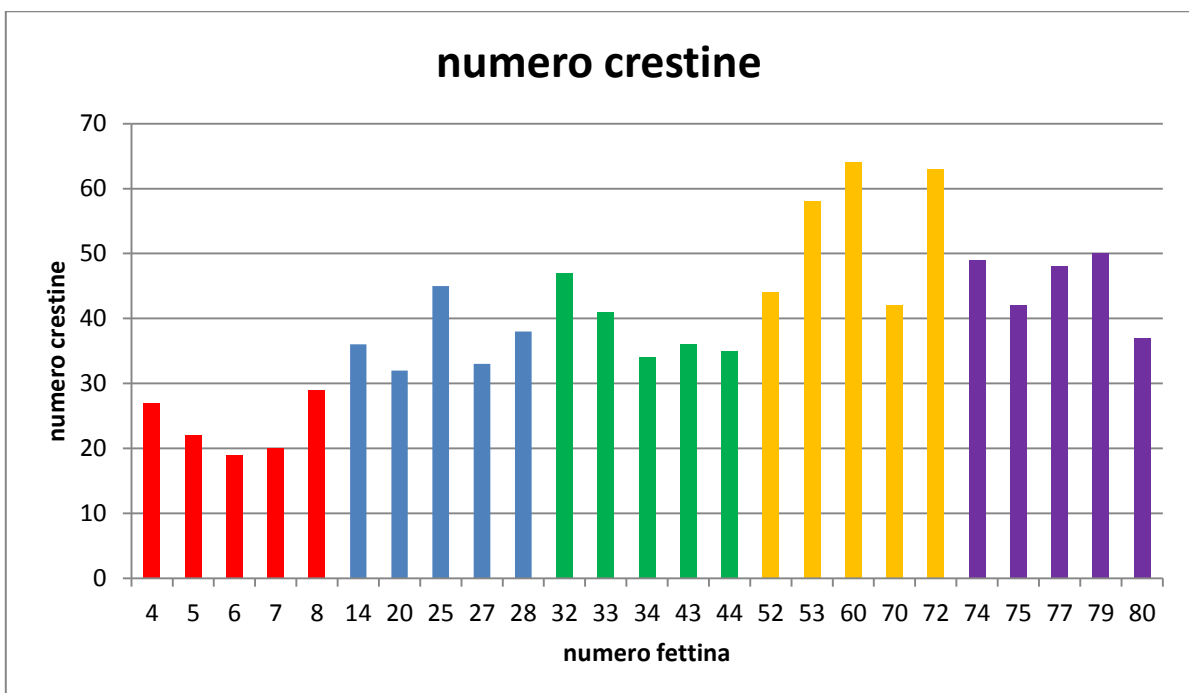


Figura 28 Numero di crestine conteggiate per ogni fettina

Le immagini ottenute mostrano chiare linee di crescita depositate nei diversi strati della conchiglia. Nello strato prismatico esterno la larghezza delle linee di accrescimento e la loro nettezza variano lungo la lunghezza della conchiglia; in alcune regioni le micro linee di accrescimento sono ravvicinate (Fig.29) mentre in altre regioni sono ben distanziate tra loro (Fig.30).

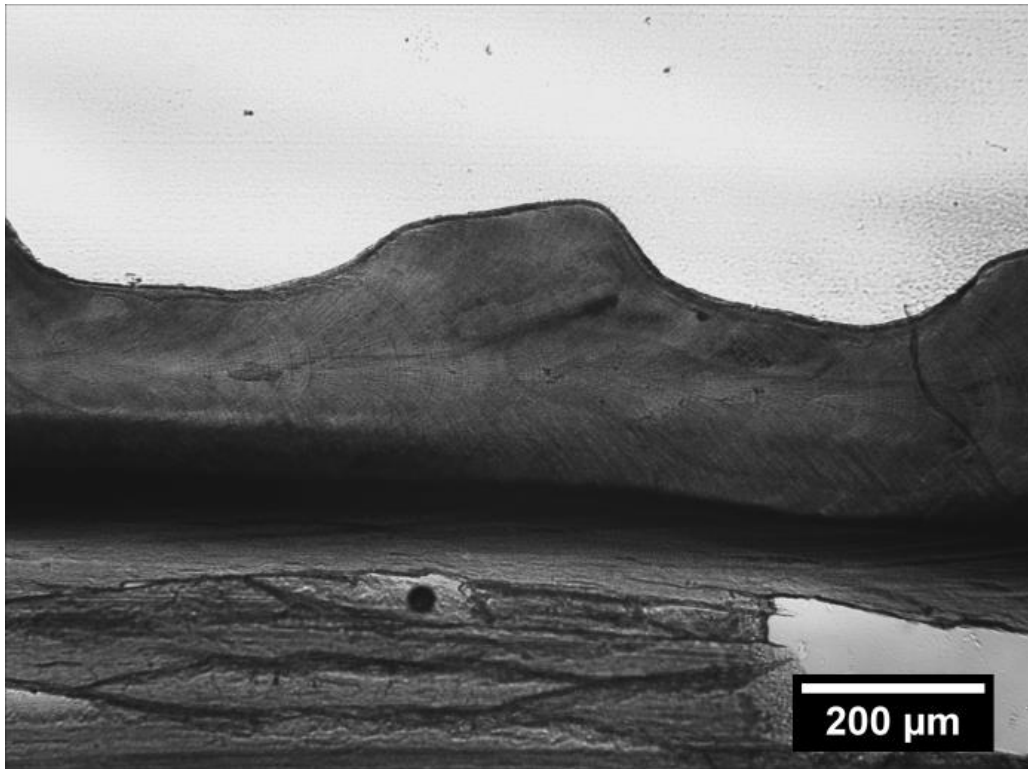


Figura 29 Le micro linee di accrescimento si presentano sottili e ravvicinate

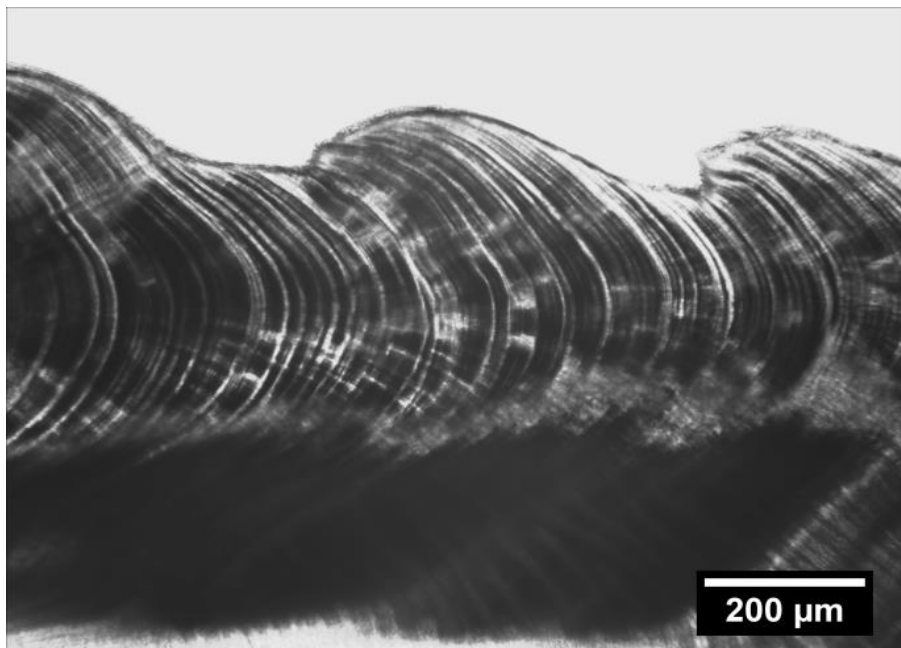


Figura 30 Le micro linee di accrescimento si presentano distanziate e spesse

Linee di accrescimento sono state anche notate negli strati più interni della conchiglia e nella regione dell'umbone (Fig.31)

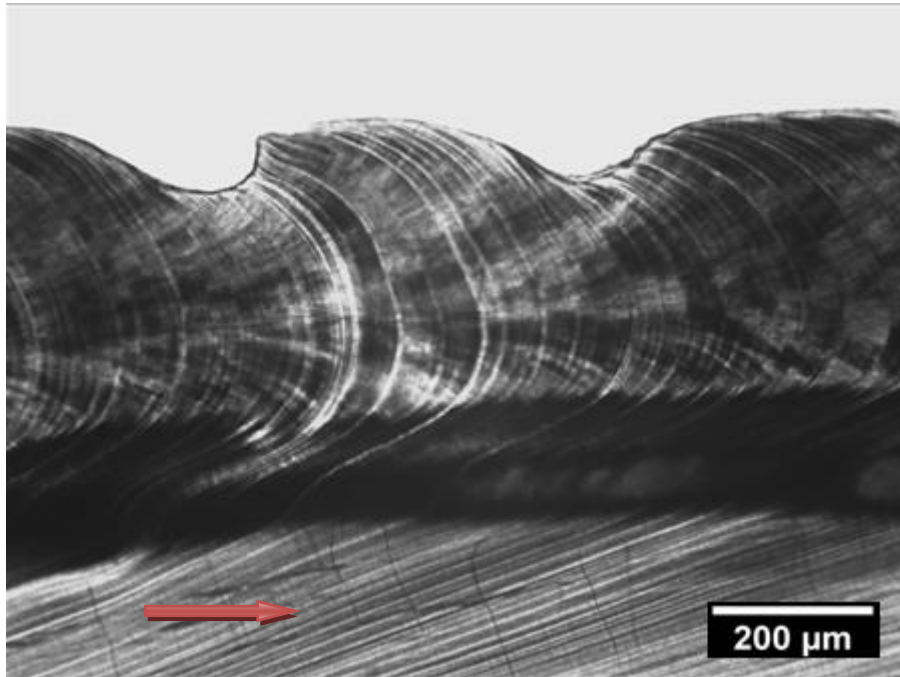


Figura 31 La freccia indica le linee di accrescimento che proseguono nello strato più interno della conchiglia

Occasionalmente, componenti strutturali della conchiglia simili a blocchi sono stati osservati tra lo strato prismatico esterno e lo strato lamellare intermedio, presumibilmente connettendoli insieme (Fig.32)

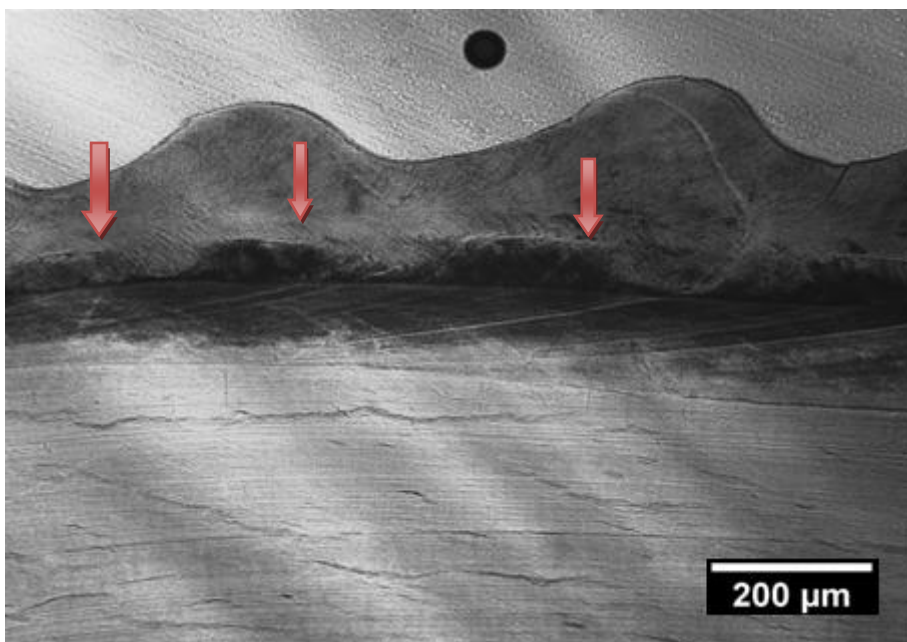


Figura 32 Le frecce indicano i componenti strutturali che uniscono i due strati della conchiglia

Per ogni immagine sono state poi conteggiate le discontinuità annuali.

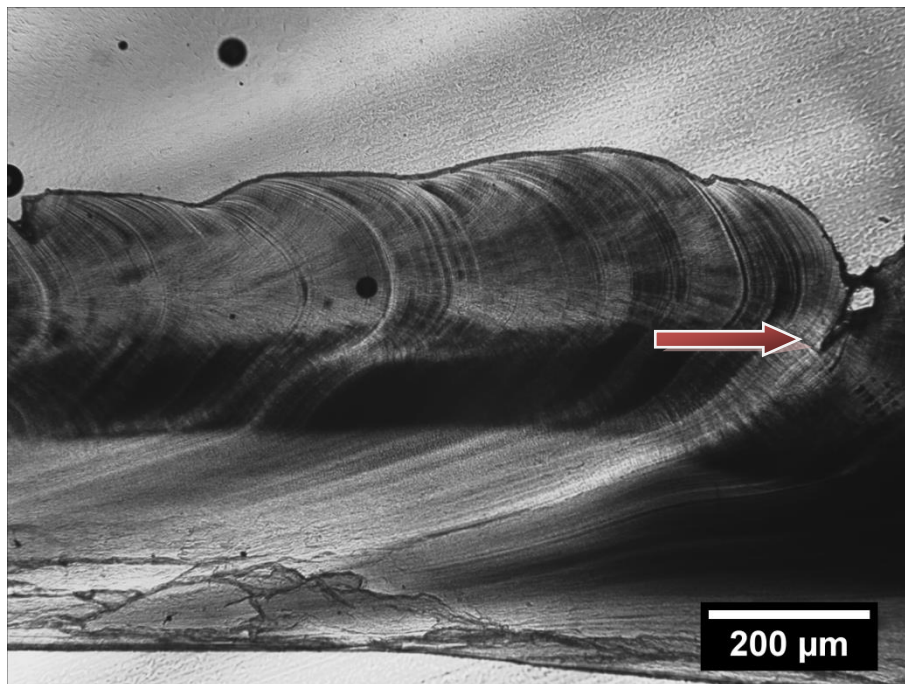


Figura 33 La freccia indica la discontinuità annuale; si può notare come le micro discontinuità si assottigliano prima di arrivare alla discontinuità annuale. Da notare anche la fessura che si forma tra due crestine successive

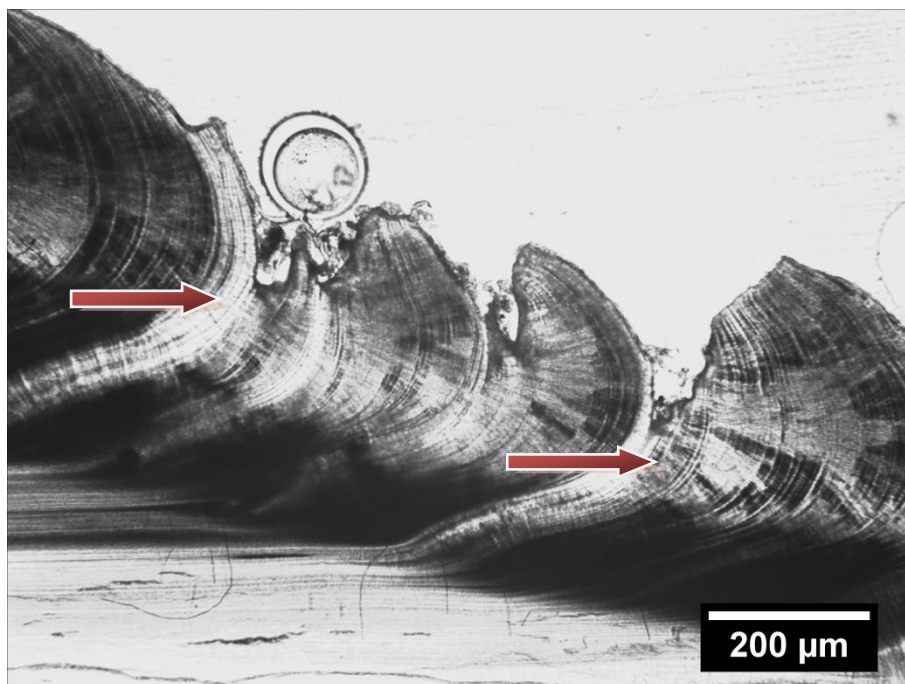


Figura 34 Discontinuità annuale con la formazione di due fessure e due pattern ben definiti di micro linee di accrescimento

In Tab.9 è riportato il numero degli annuali conteggiati per singola fettina, sia le discontinuità annuali certe, ovvero quelle accompagnate da una fessura tra le due crestine, sia quelle dubbie, in cui non si presentava la tipica fessura ma si mostrava chiaro il ben definito pattern di microlinee di accrescimento.

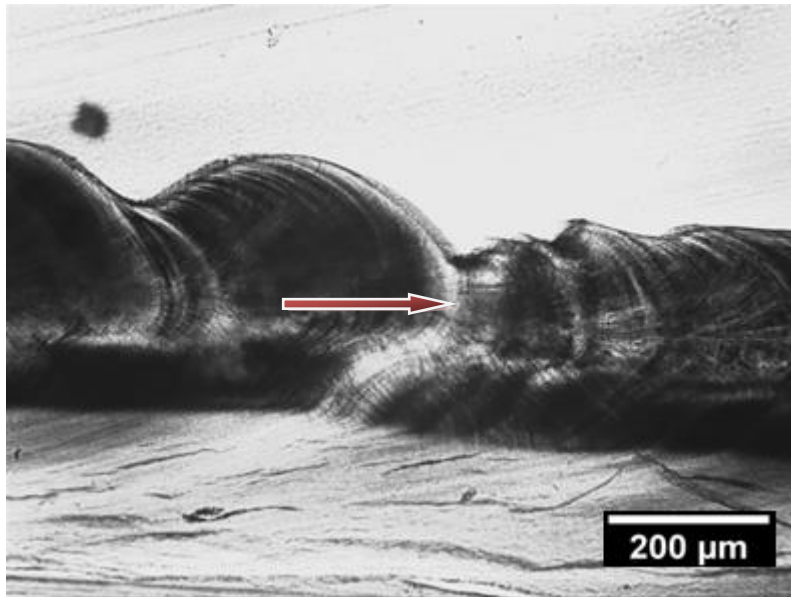


Figura 35 La freccia indica la discontinuità annuale presunta; non si nota la tipica fessura ma si può vedere un pattern ben definito di microlinee di accrescimento

Classe di taglia	Numero del campione	Numero della cresta con annuali certi	Numero della cresta con annuali dubbi	Intervallo annuali
10mm	4	24	21	/
	5	18	16	/
	6	/	15	/
	7	19	/	/
	8	/	26	/
15mm	14	21	34	12
	20	29	14/13	14/15
	25	44	28	15
	27	32	20	11
	28	32	17	14
20mm	32	/	35/46	10
	33	40	29	10
	34	32	27	4
	43	35/33	31	3
	44	13	/	/
25mm	52	42/40/38/36	/	5
	53	57/55	36	19
	60	61/44	/	16
	70	39/33	/	6
	72	60	53/38	15
30mm	74	46/42/34	/	11
	75	19	/	/
	77	19	/	/
	79	43	28	14
	80	31	25	5

Tabella 9 Numero di creste in cui sono state trovate discontinuità annuali per singola fettina e relativo intervallo tra discontinuità.

Nelle seguenti grafici invece sono riportati i risultati del conteggio dell'altezza e lunghezza delle singole creste e dello spessore delle micro linee di accrescimento

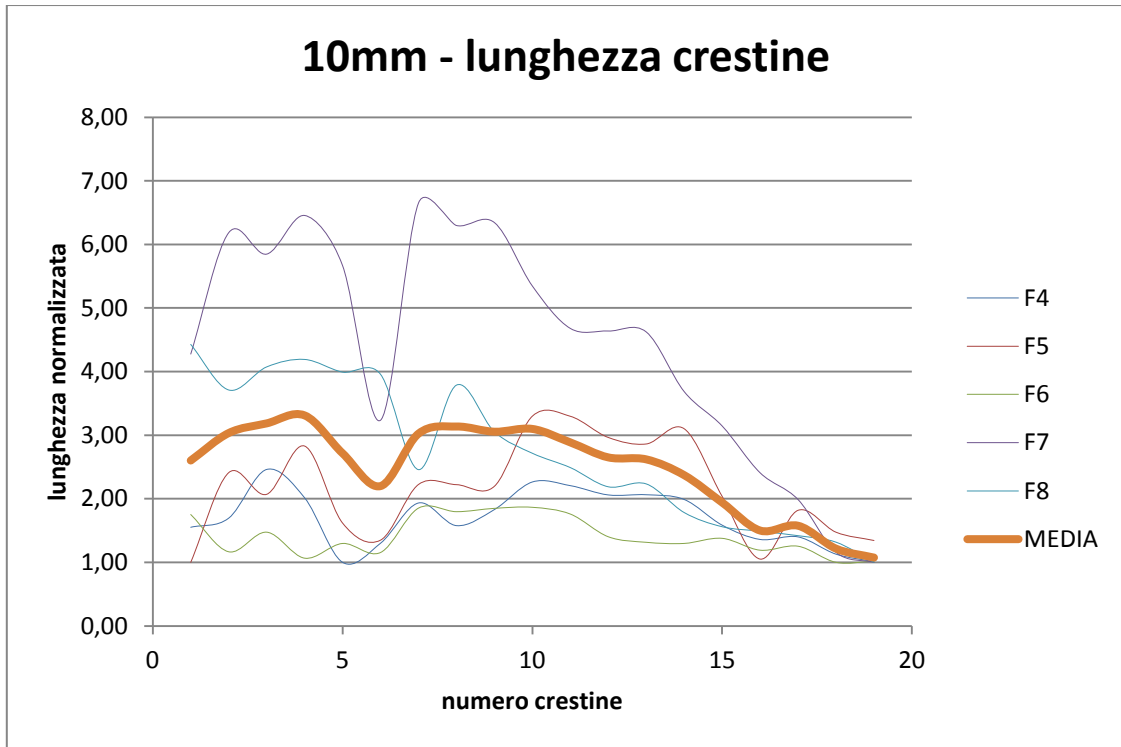


Figura 36 Lunghezza delle creste per la classe di taglia 10mm

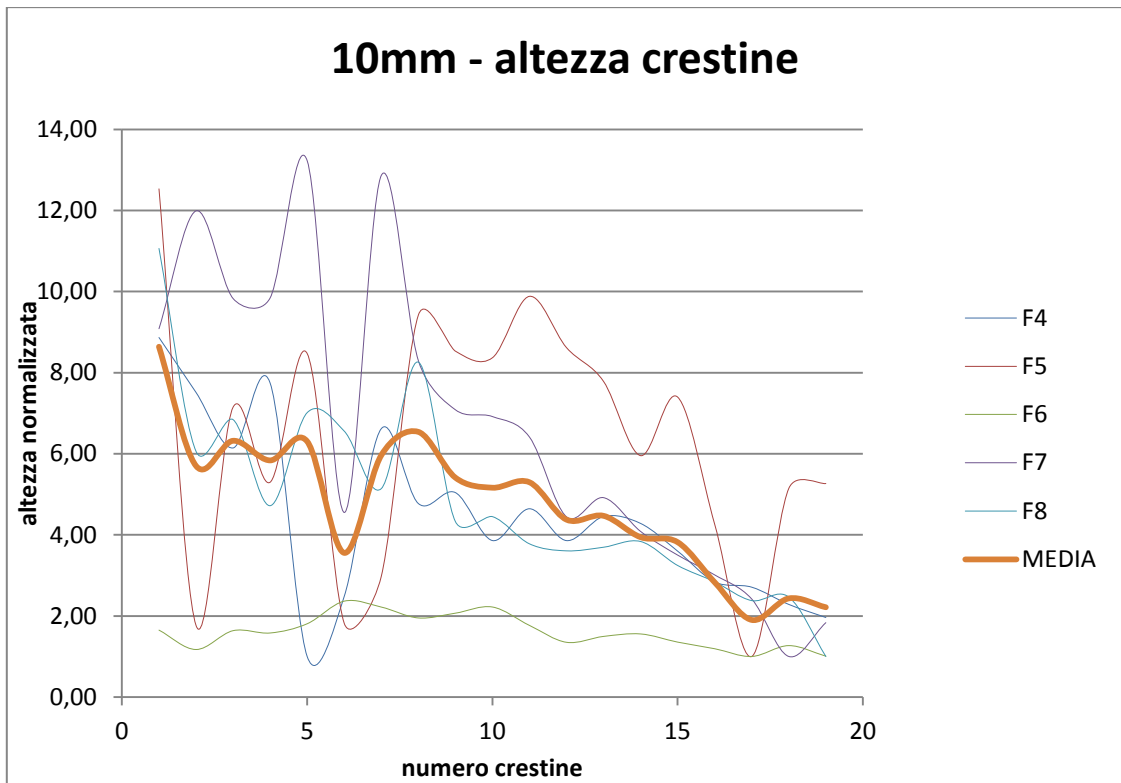


Figura 37 Altezza delle creste per la classe di taglia 10mm

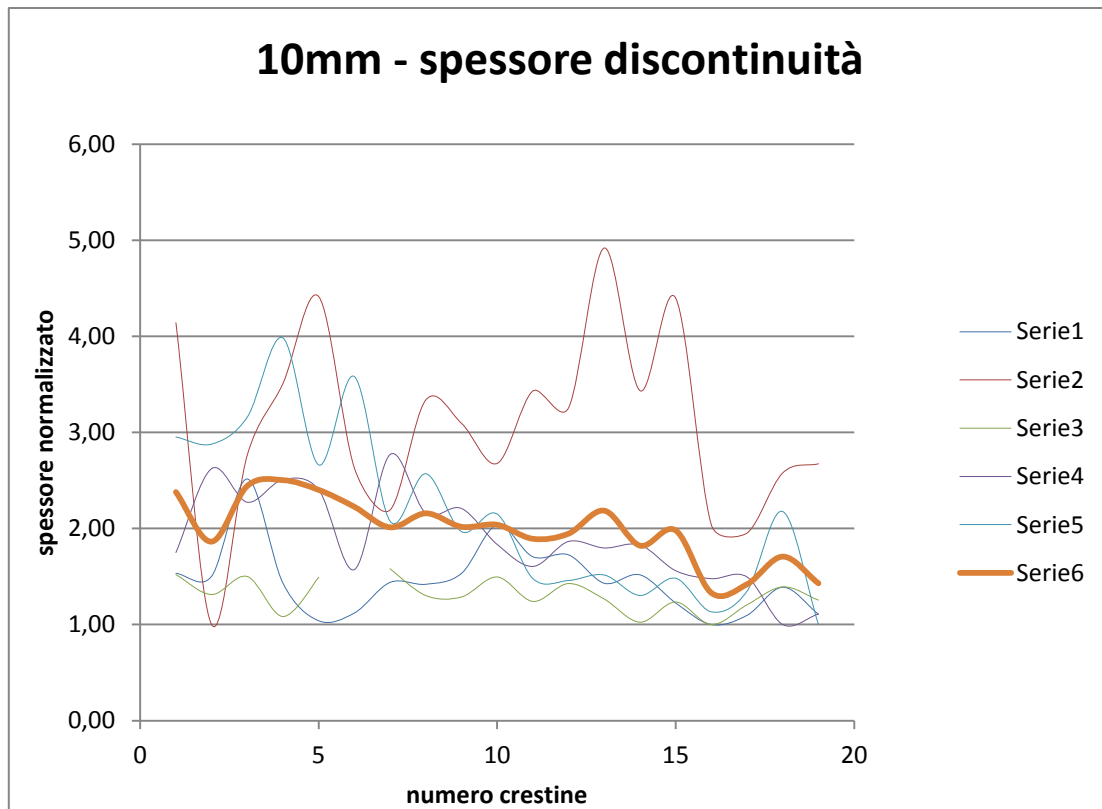


Figura 38 Spessore delle micro linee di accrescimento per la classe di taglia 10mm

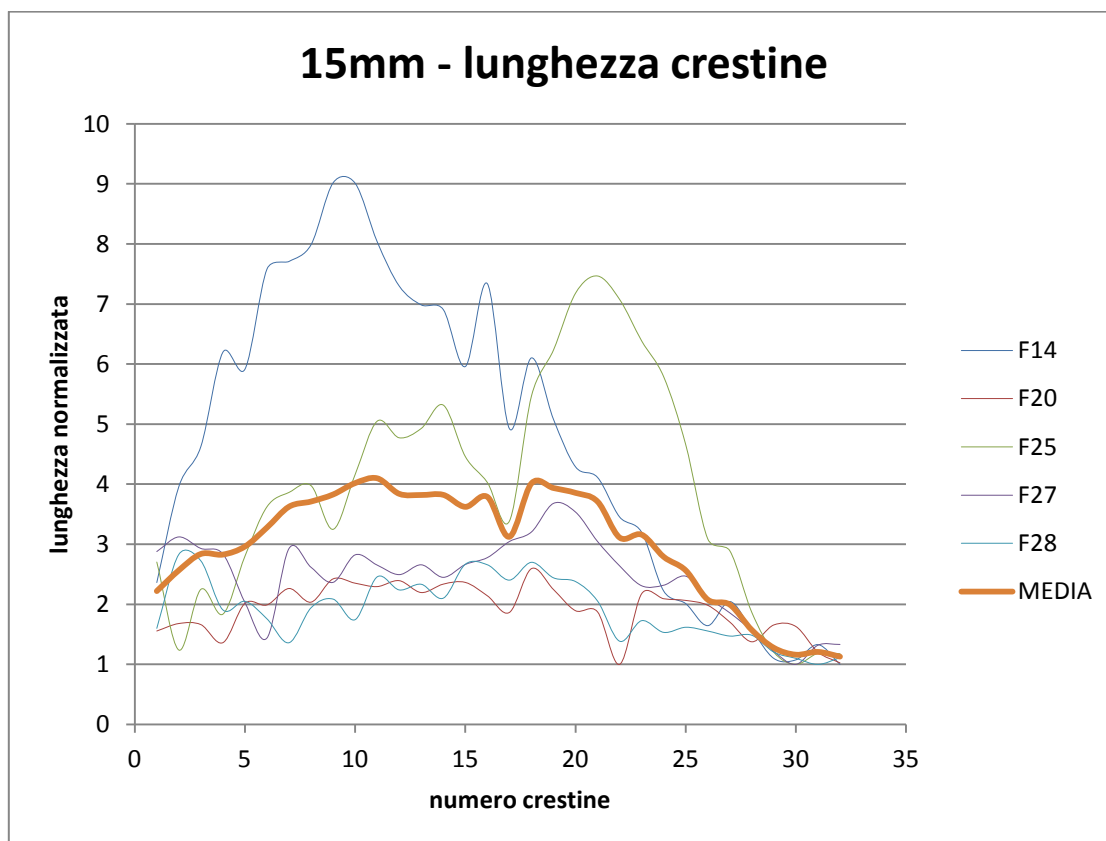


Figura 39 Lunghezza delle creste per la classe di taglia 15mm

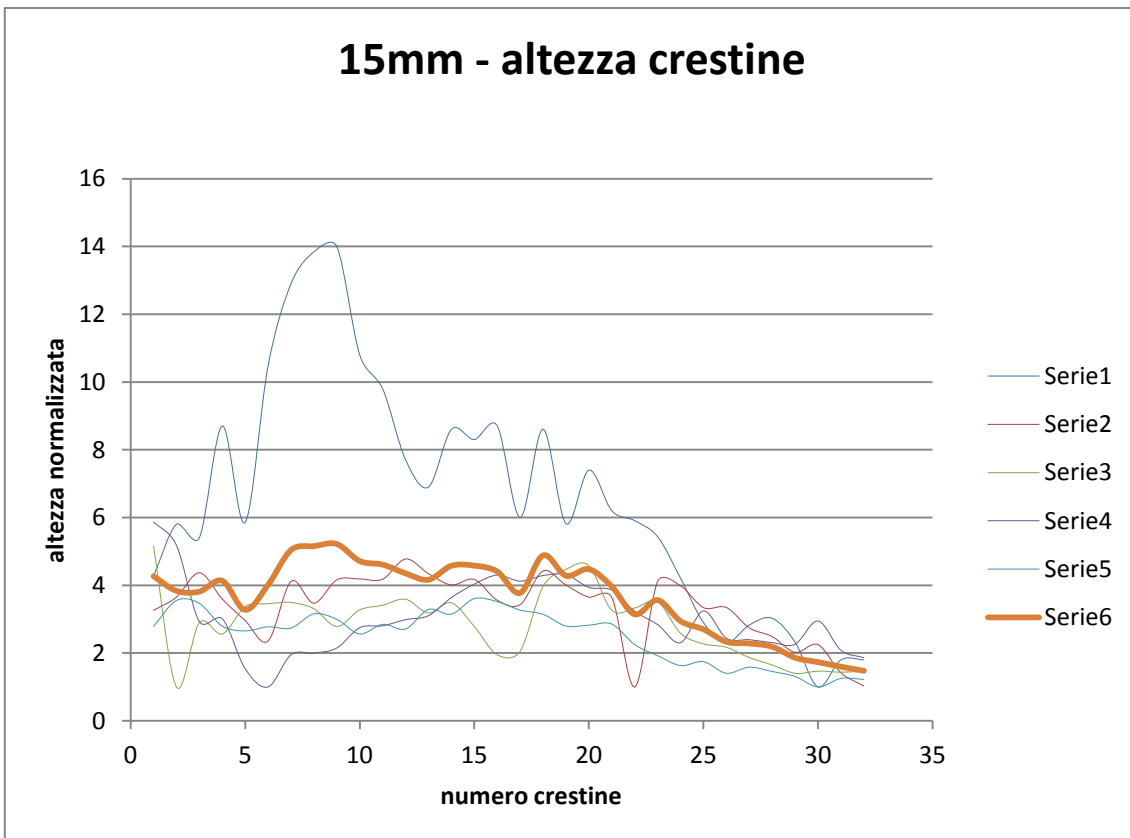


Figura 40 Altezza delle crestine per la classe di taglia 15mm

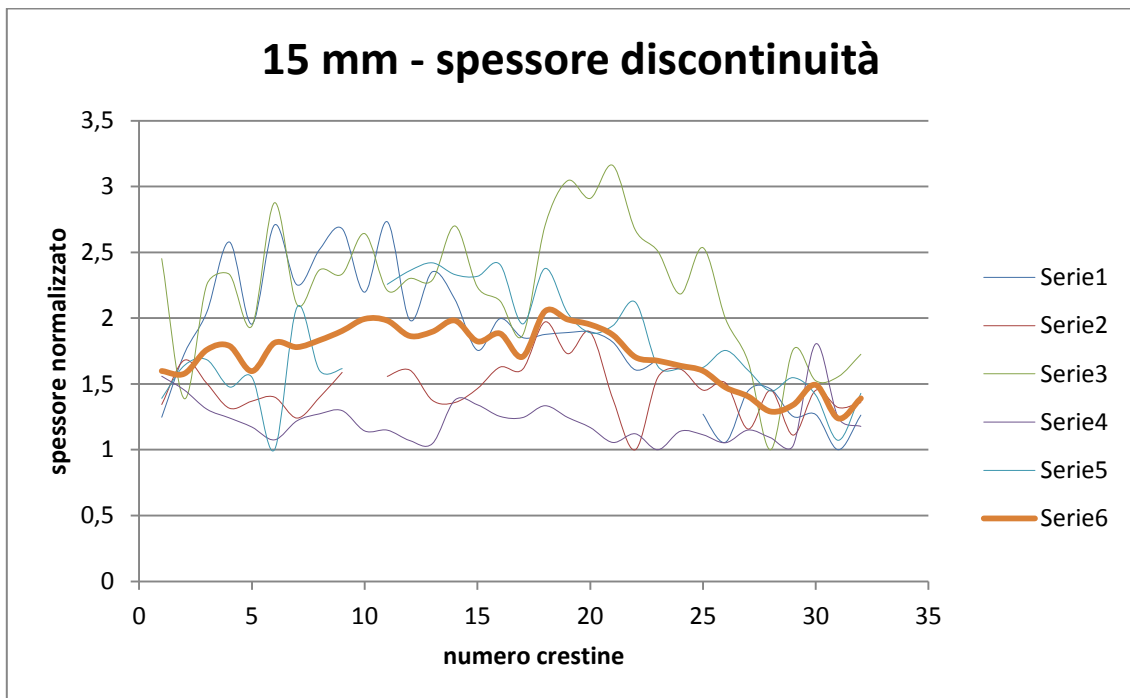


Figura 41 Spessore delle micro linee di accrescimento per la classe di taglia 15mm

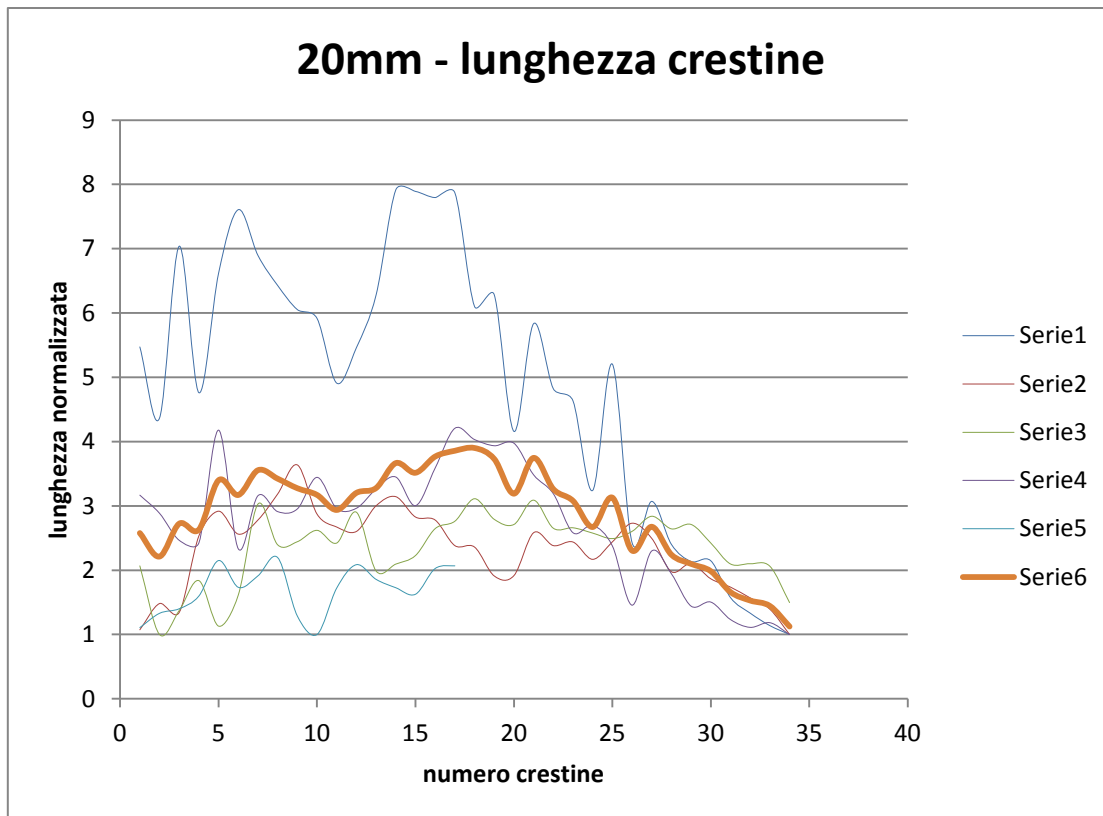


Figura 42 Lunghezza delle creste per la classe di taglia 20mm

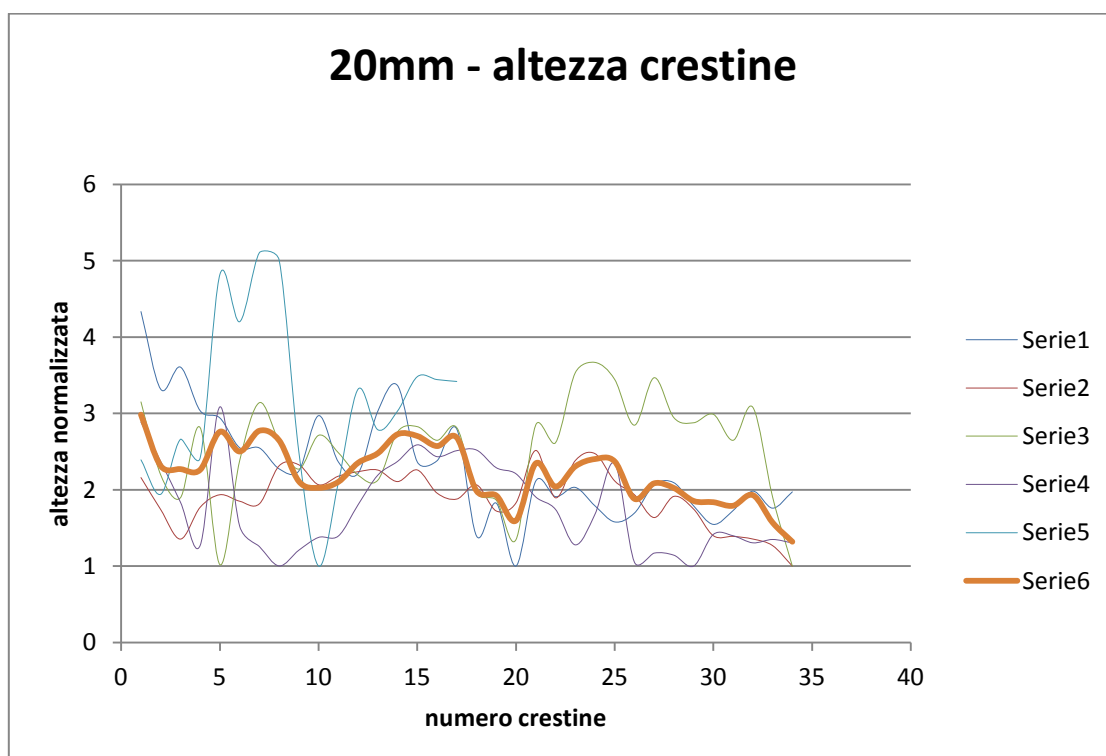


Figura 43 Altezza delle creste per la classe di taglia 20mm

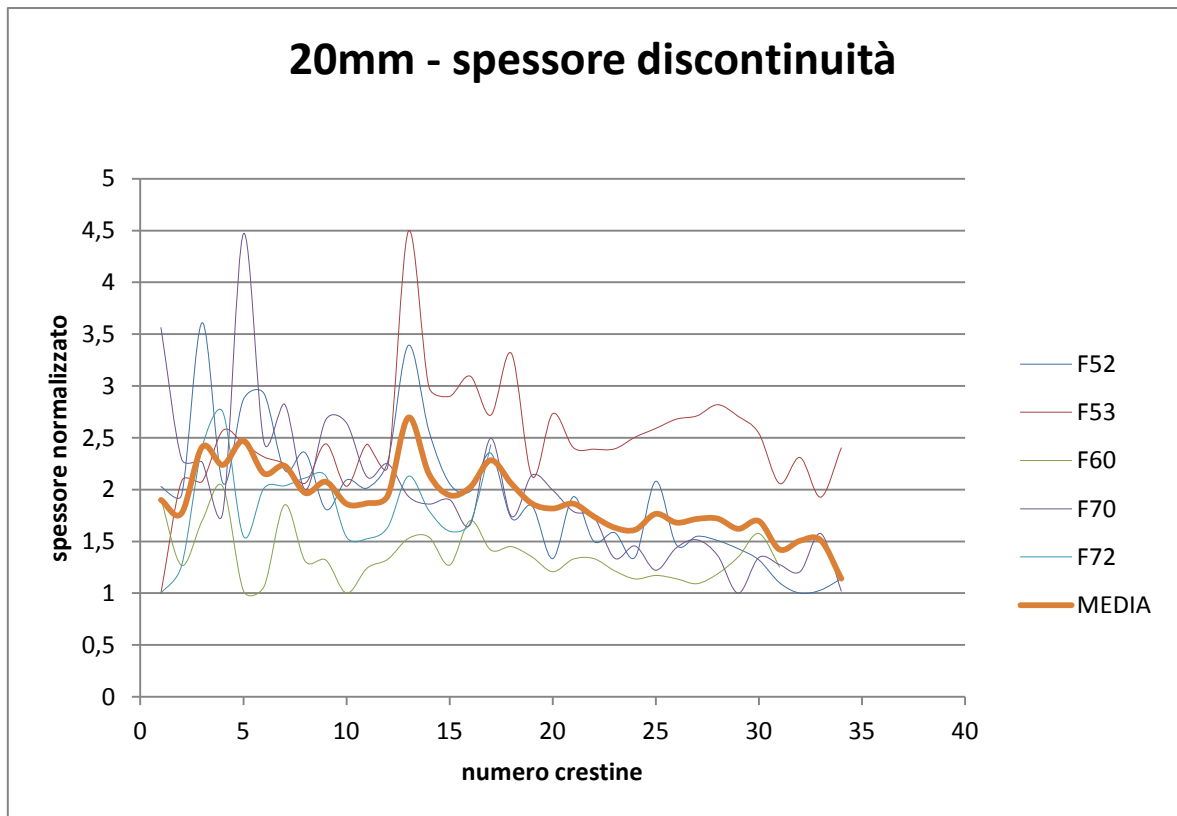


Figura 44 Spessore delle micro linee di accrescimento per la classe di taglia 20mm

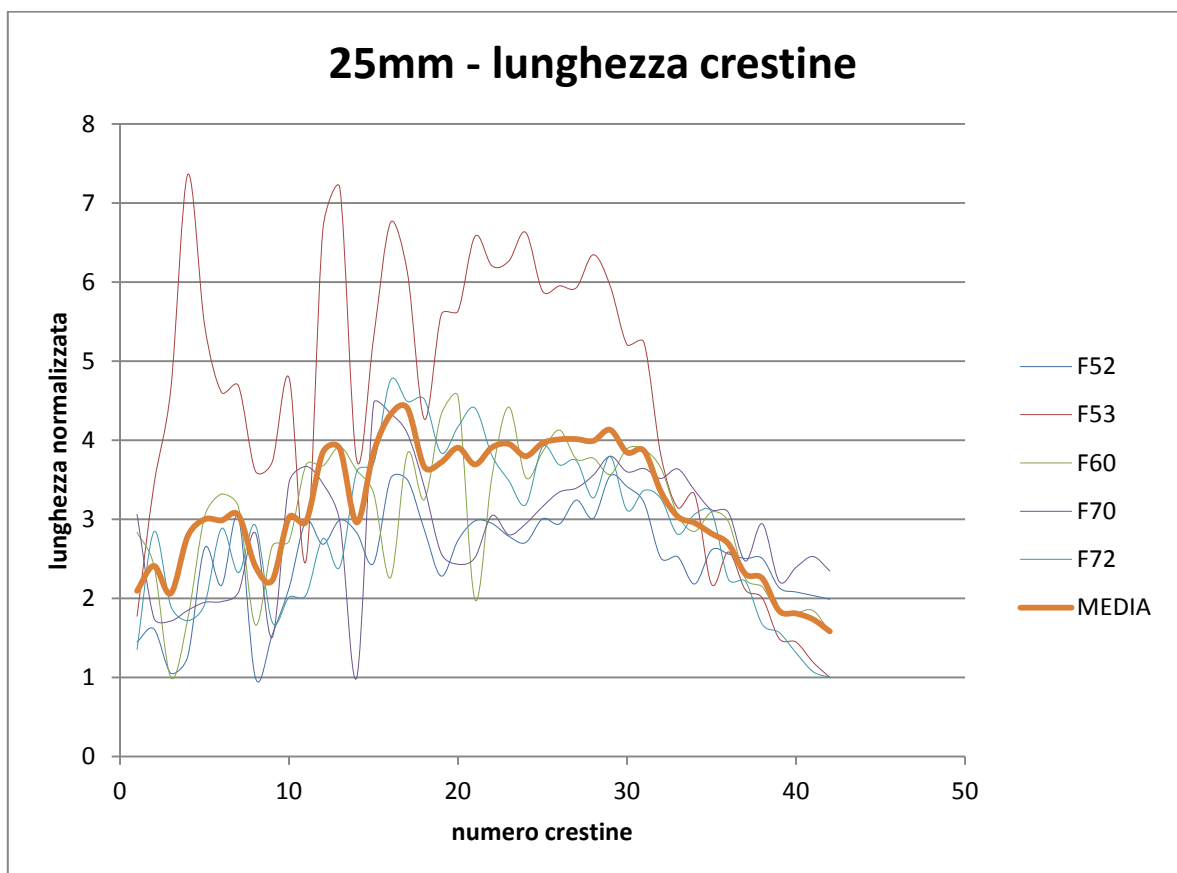


Figura 45 Lunghezza delle creste per la classe di taglia 25mm

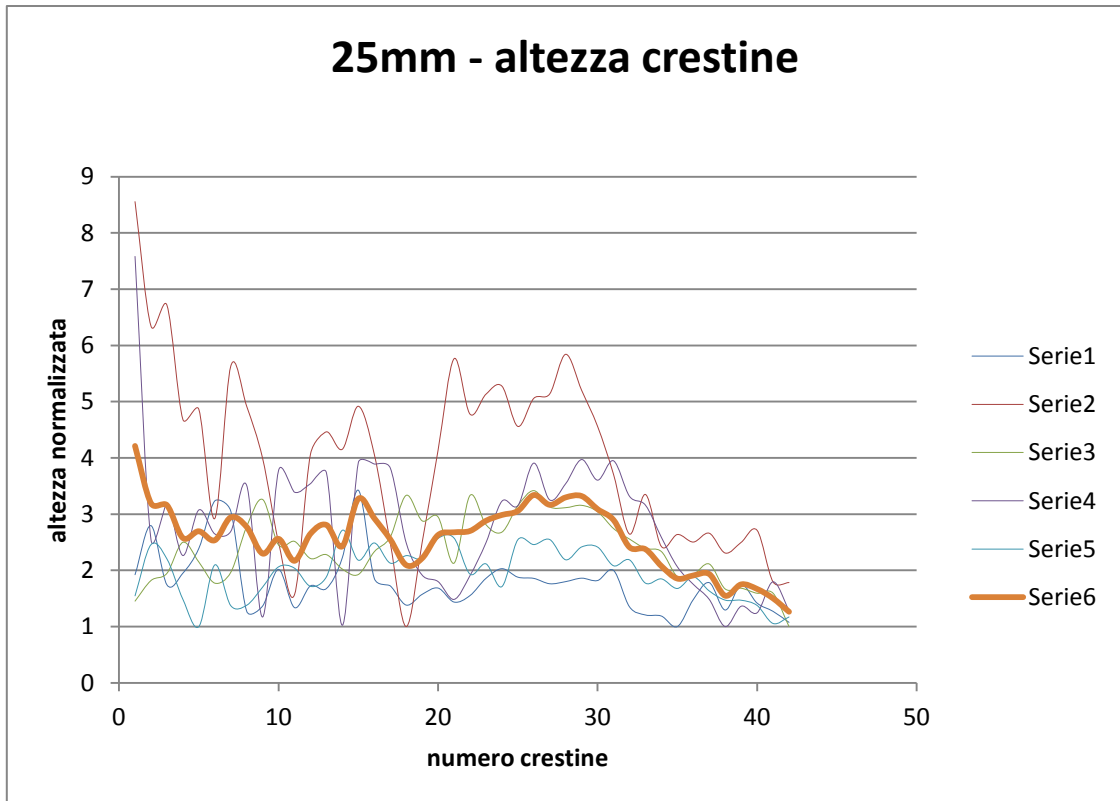


Figura 46 Altezza delle crestine per la classe di taglia 25mm

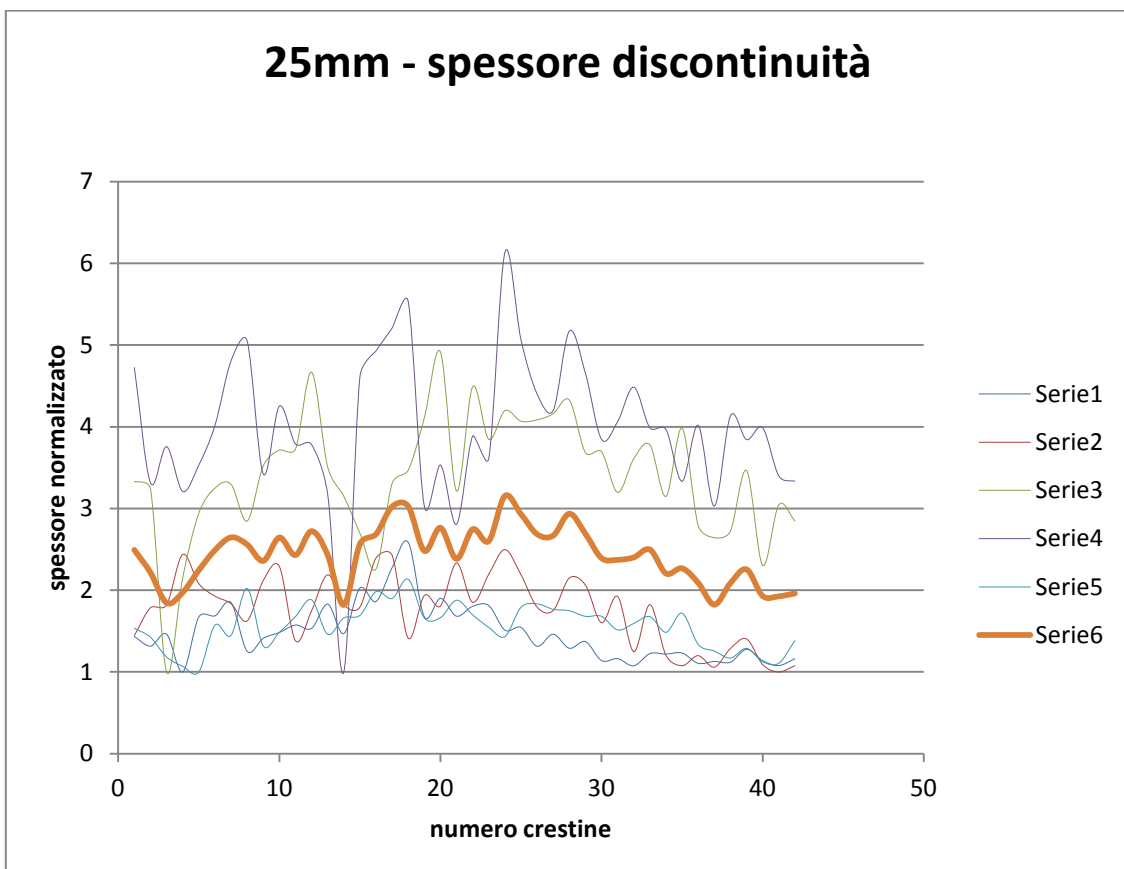


Figura 47 Spessore delle micro linee di accrescimento per la classe di taglia 25mm

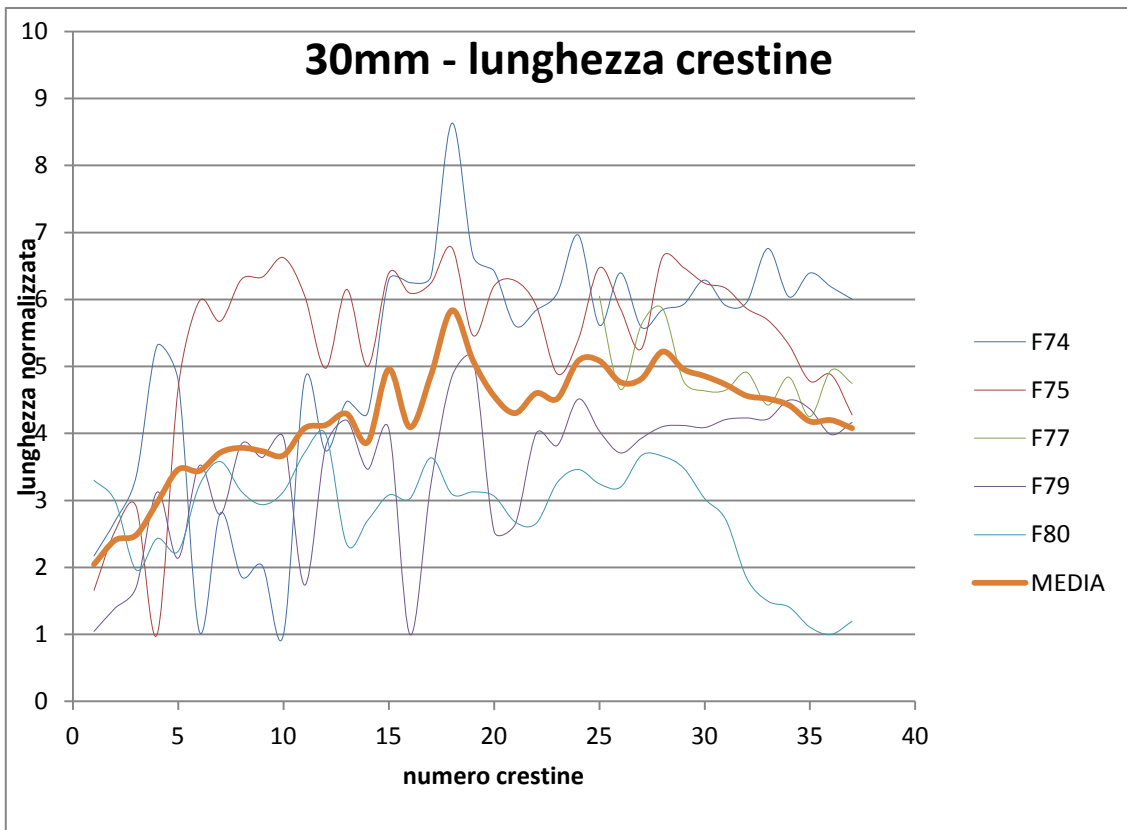


Figura 48 Lunghezza delle creste per la classe di taglia 30mm

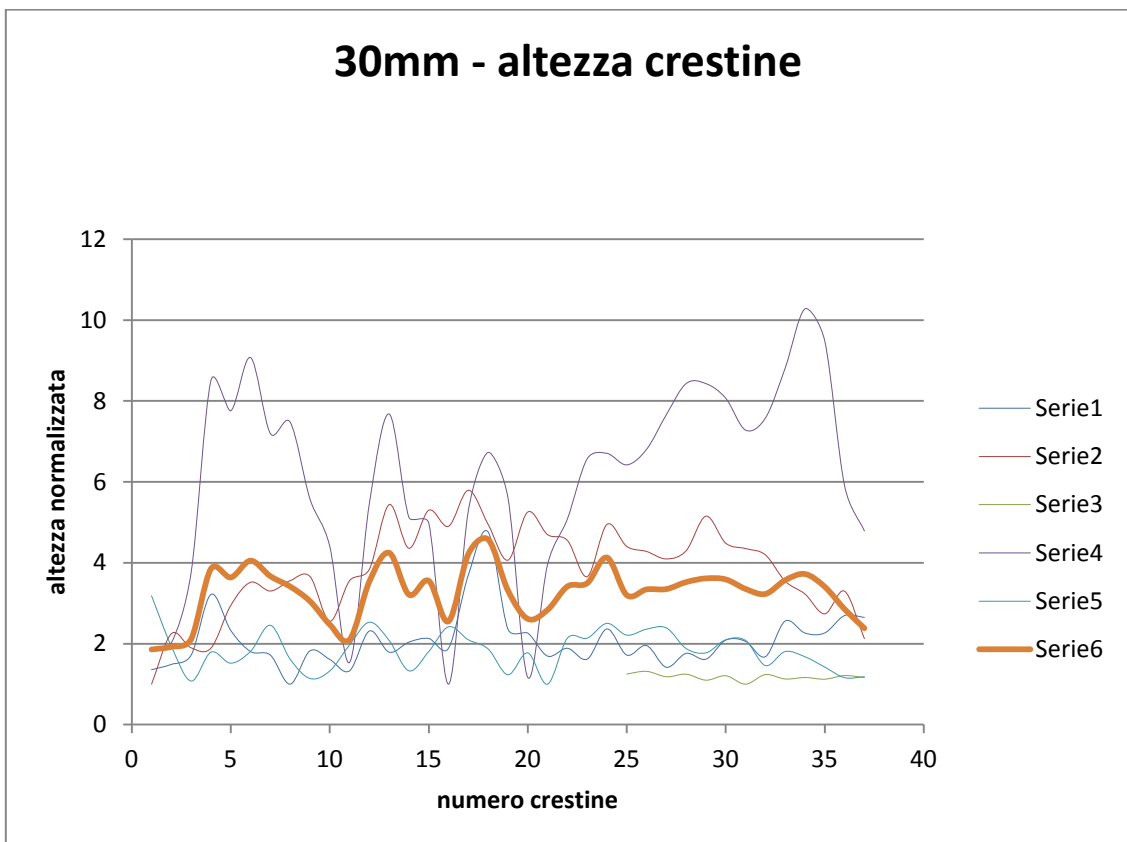


Figura 49 Altezza delle creste per la classe di taglia 30mm

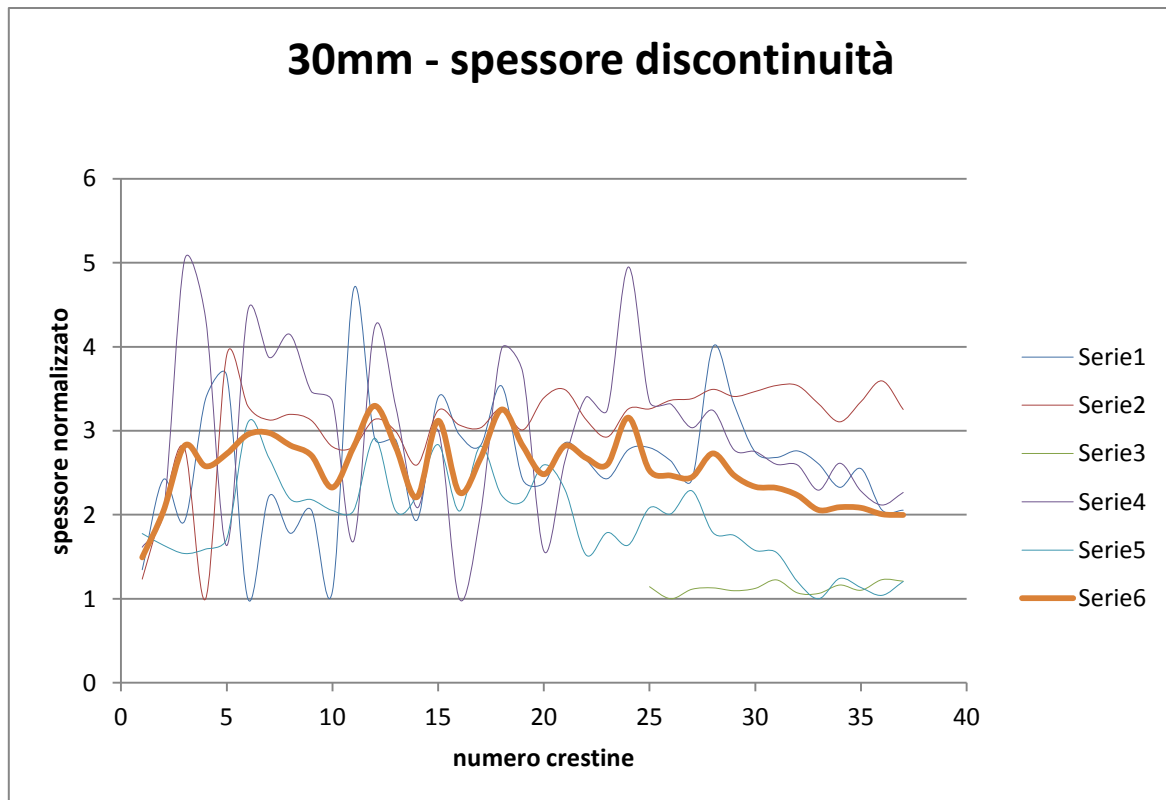


Figura 50 Spessore delle micro linee di accrescimento per la classe di taglia 30mm

Nelle seguenti grafici sono state confrontate le diverse medie di lunghezza, altezza e spessore per ogni classe di taglia.

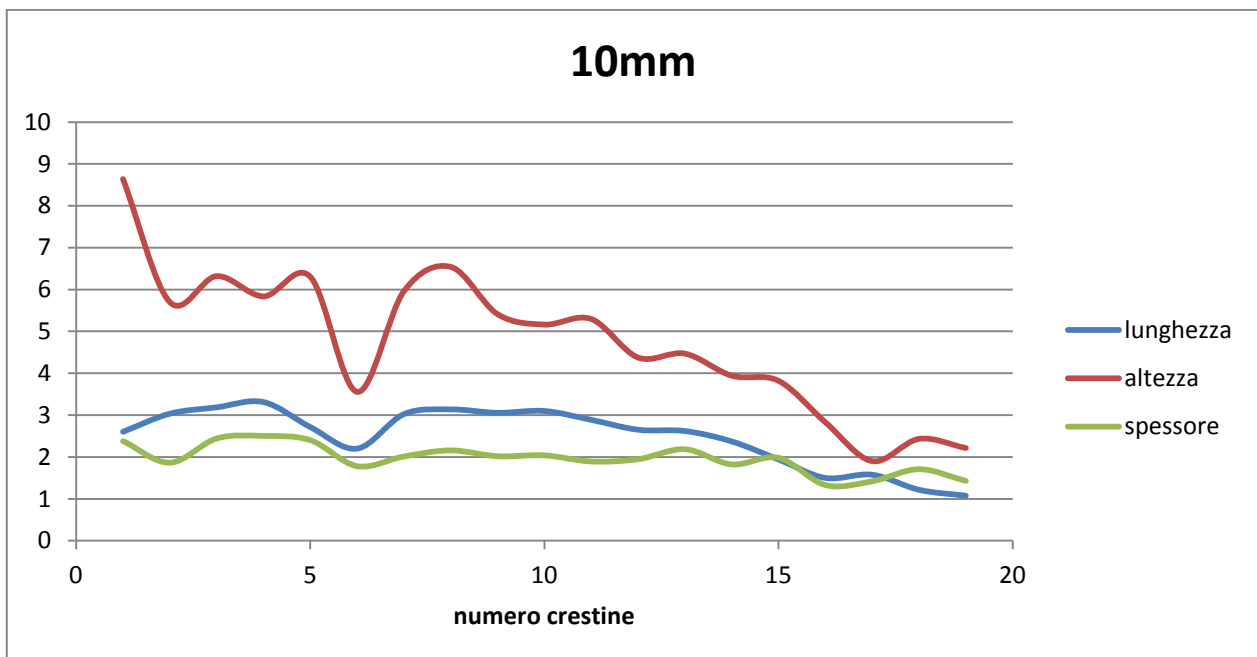


Figura 51 Confronto tra medie per la classe di taglia 10mm

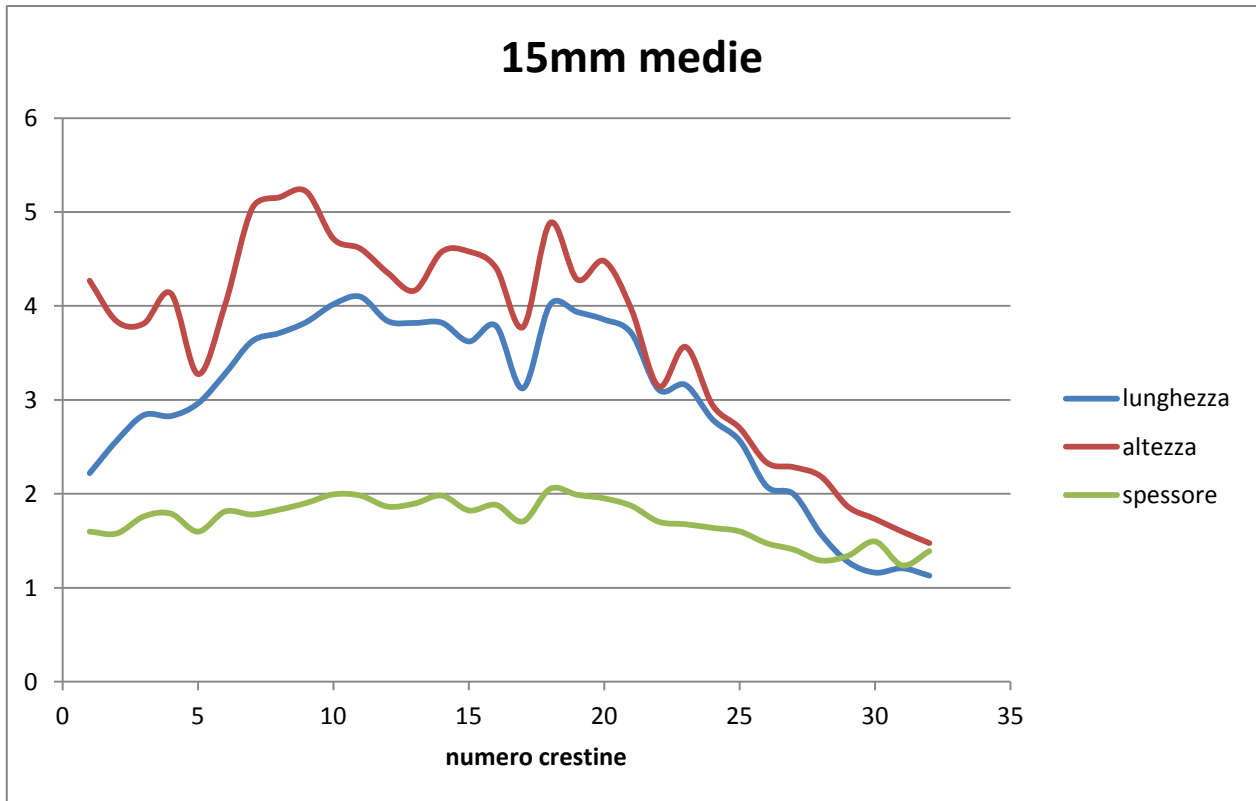


Figura 52 Confronto tra medie per la classe di taglia 15mm

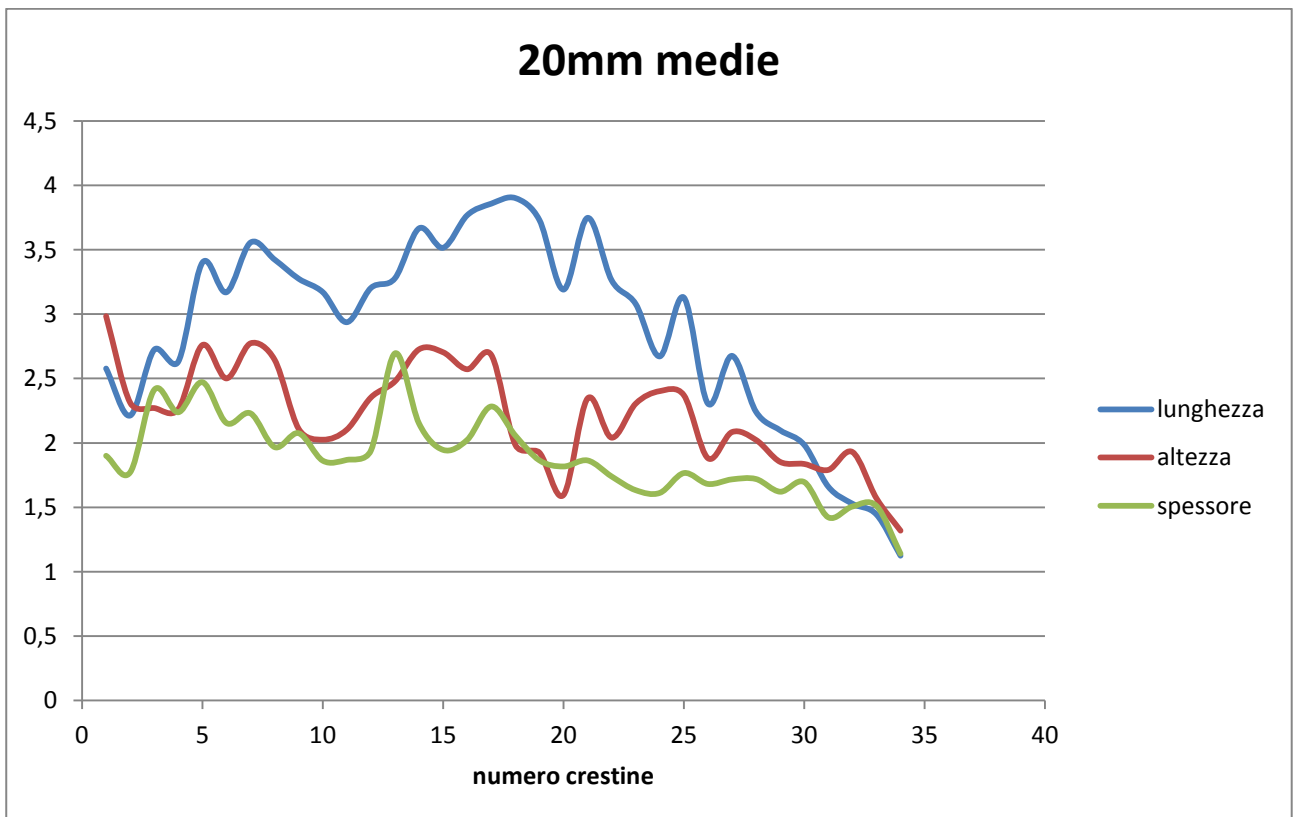


Figura 53 Confronto tra medie per la classe di taglia 20mm

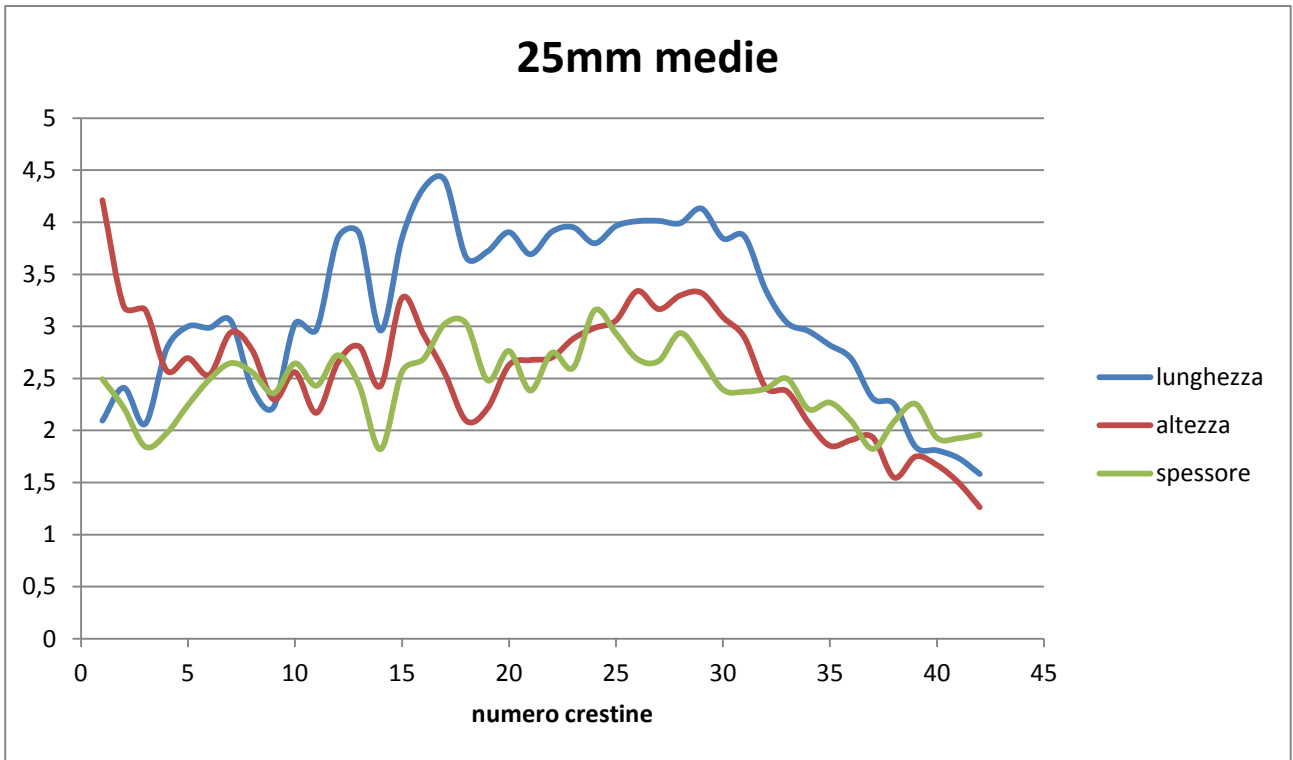


Figura 54 Confronto tra medie per la classe di taglia 25mm

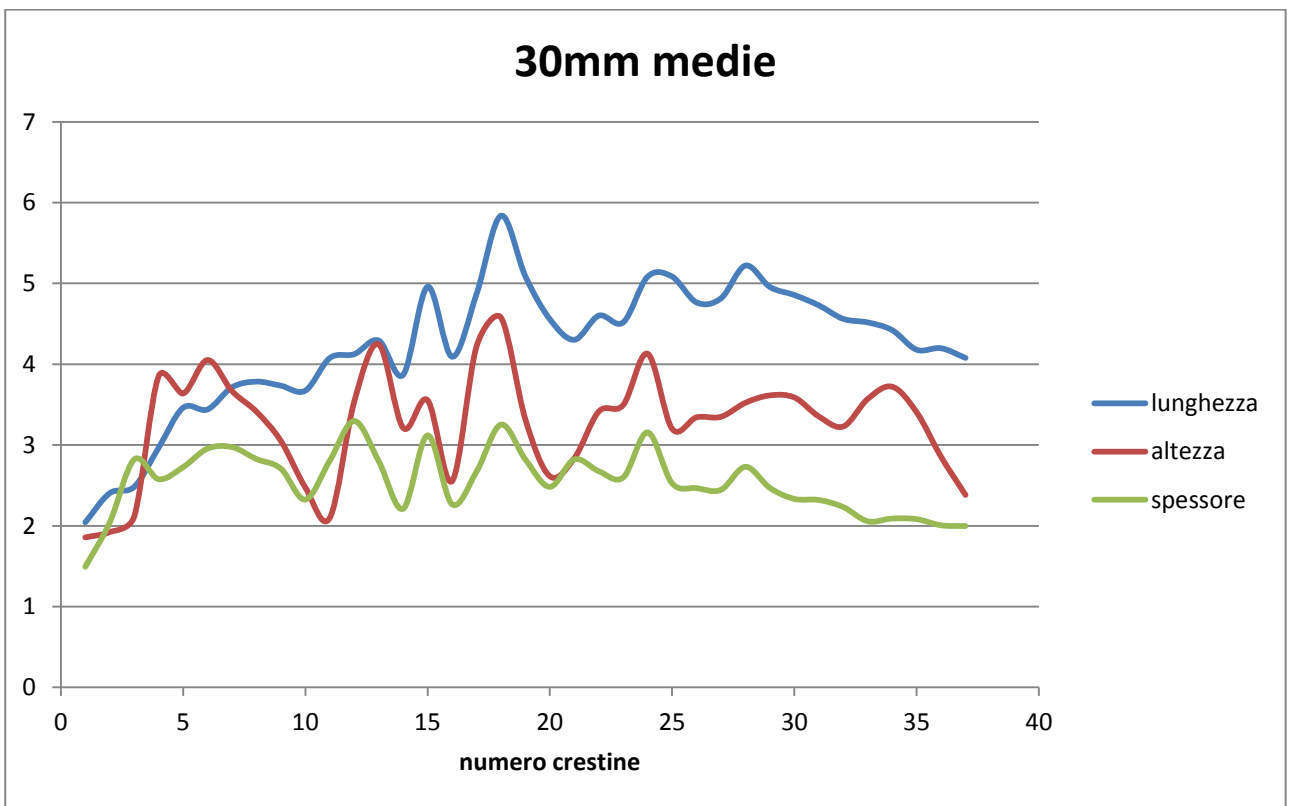


Figura 55 Confronto tra medie per la classe di taglia 30mm

Si può notare una certa ciclicità nei picchi di rallentamento della crescita. Nella classe di taglia di 10 mm notiamo solo un picco di decrescita che probabilmente corrisponde alla discontinuità annuale. Nelle classi di taglia più grandi si notano più picchi. Nelle classi di taglia di 25 mm e 30 mm notiamo rispettivamente tre picchi (crestina 8,14 e 37) e quattro picchi (10,14,16 e 20). Si può notare comunque una certa ciclicità nella ripetizione di questi picchi che si evidenziano ogni 10-12 crestine corrispondenti ipoteticamente ad una annualità. Nelle classi di taglia più piccole questa ciclicità risulta più evidente in quanto la scala delle ascisse risulta meno compressa essendoci meno crestine conteggiate.

Nei grafici seguenti invece sono state confrontate le medie dei diversi fattori presi in considerazione tra le diverse classi di taglia.

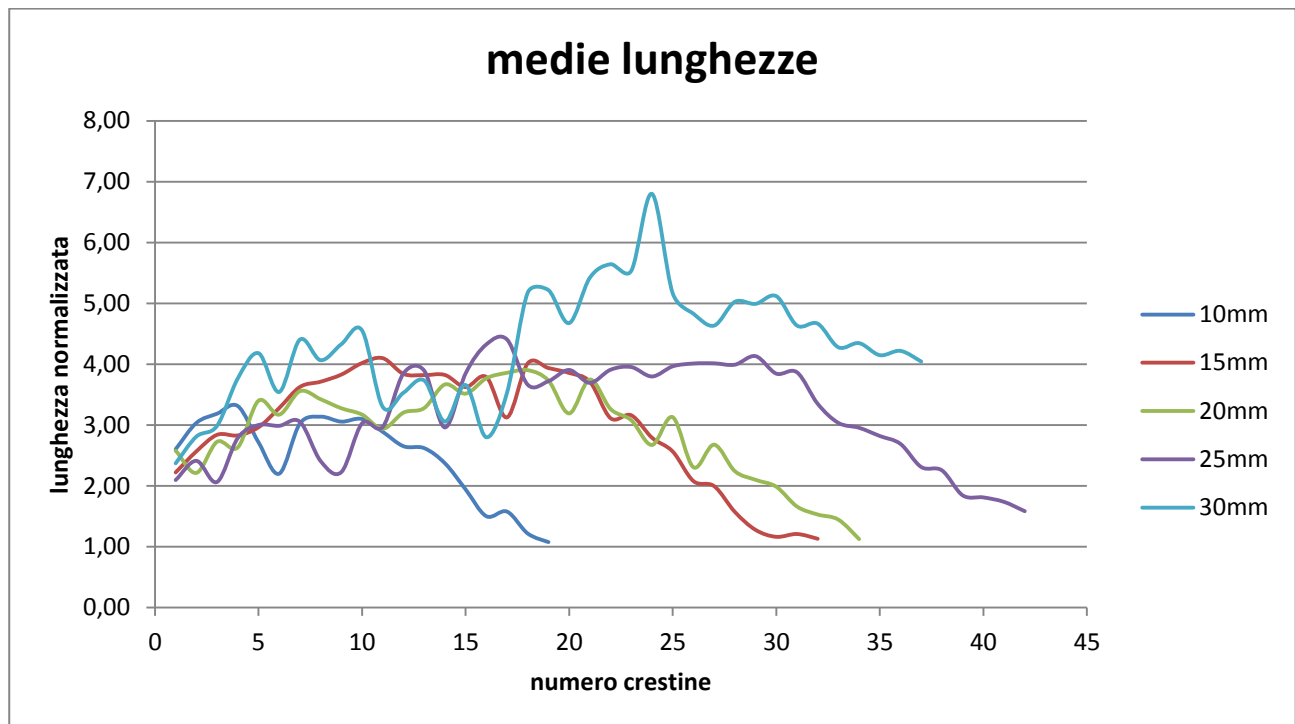


Figura 56 Medie delle lunghezze delle diverse classi di taglia

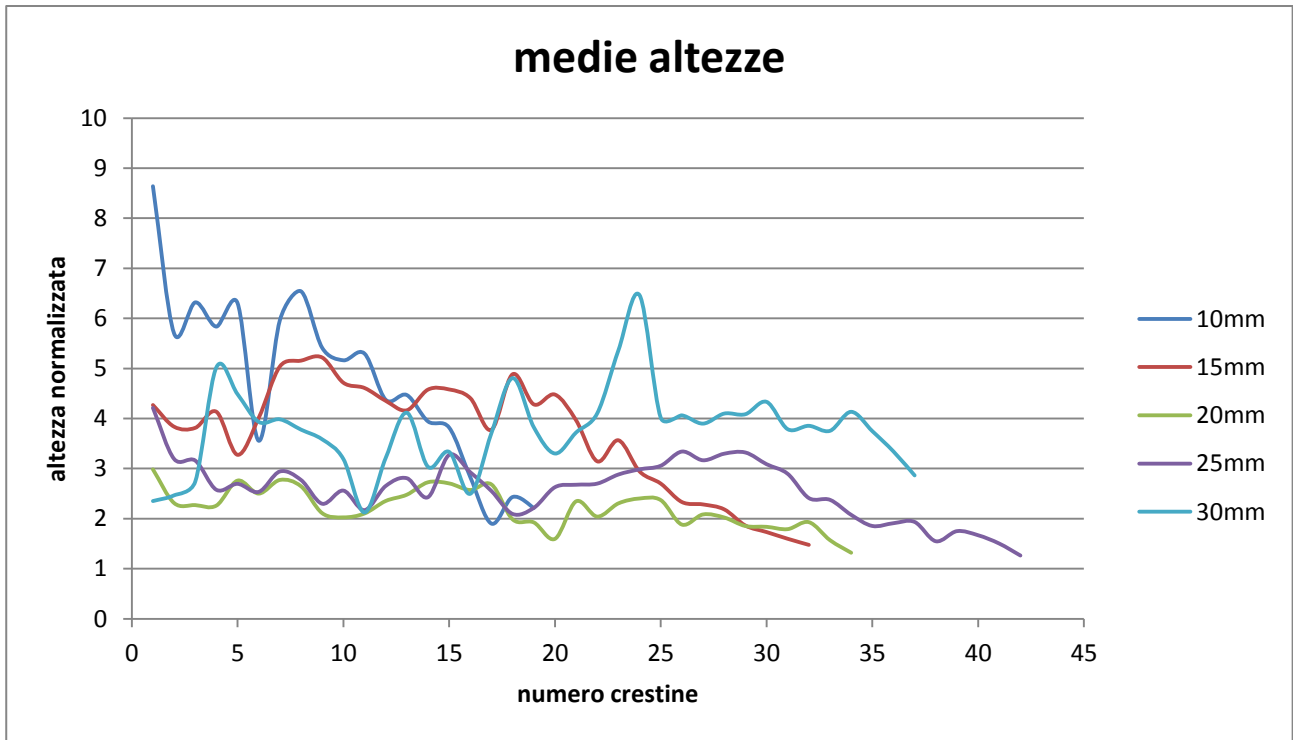


Figura 57 Medie delle altezze delle diverse classi di taglia

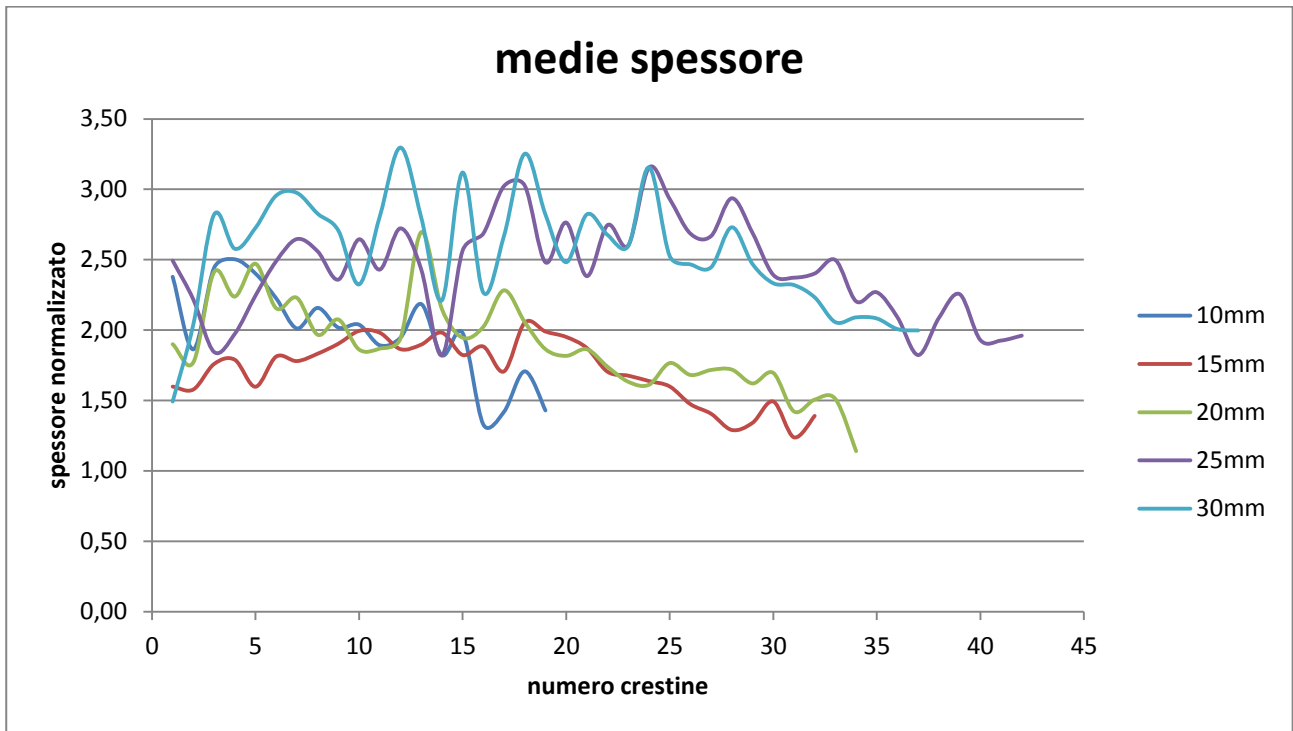


Figura 58 Medie degli spessori delle micro linee di crescita delle diverse classi di taglia

È stato inoltre riportato anche il numero grezzo delle discontinuità per ogni classe di taglia e le medie per ogni classe di taglia sono poi state messe a confronto

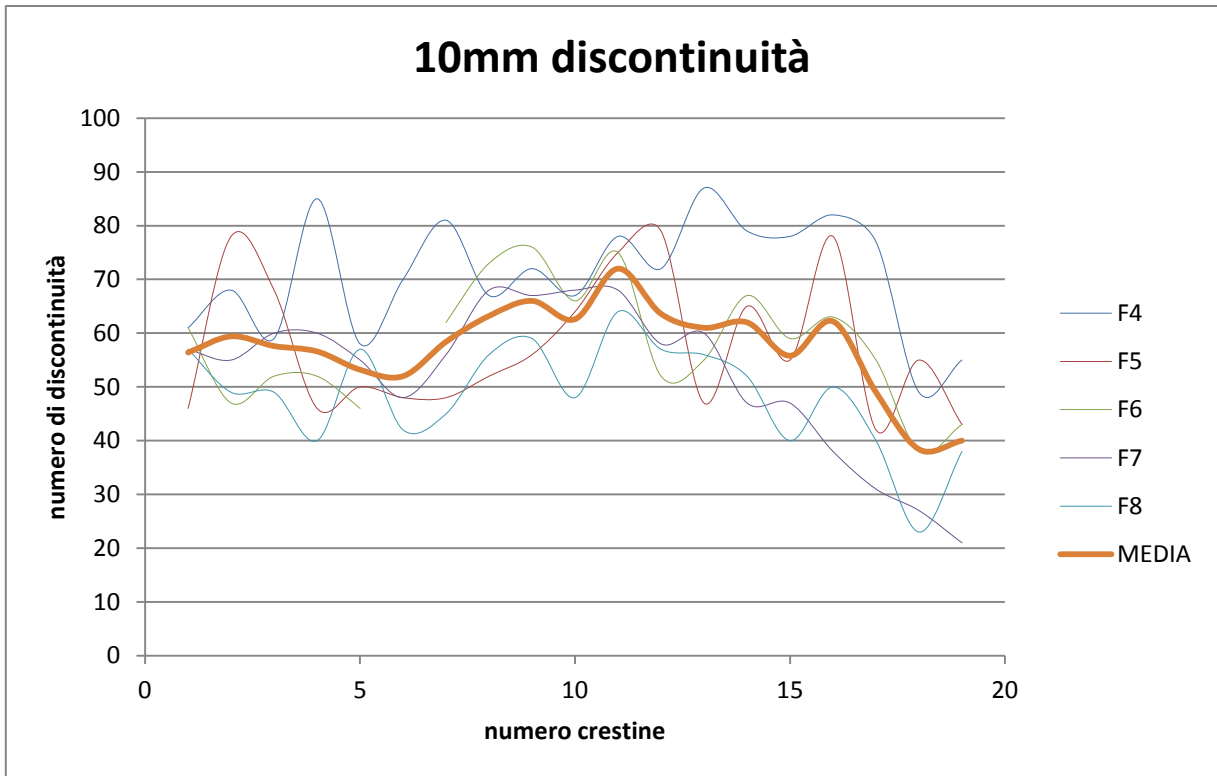


Figura 59 Numero di discontinuità nella classe di taglia 10mm

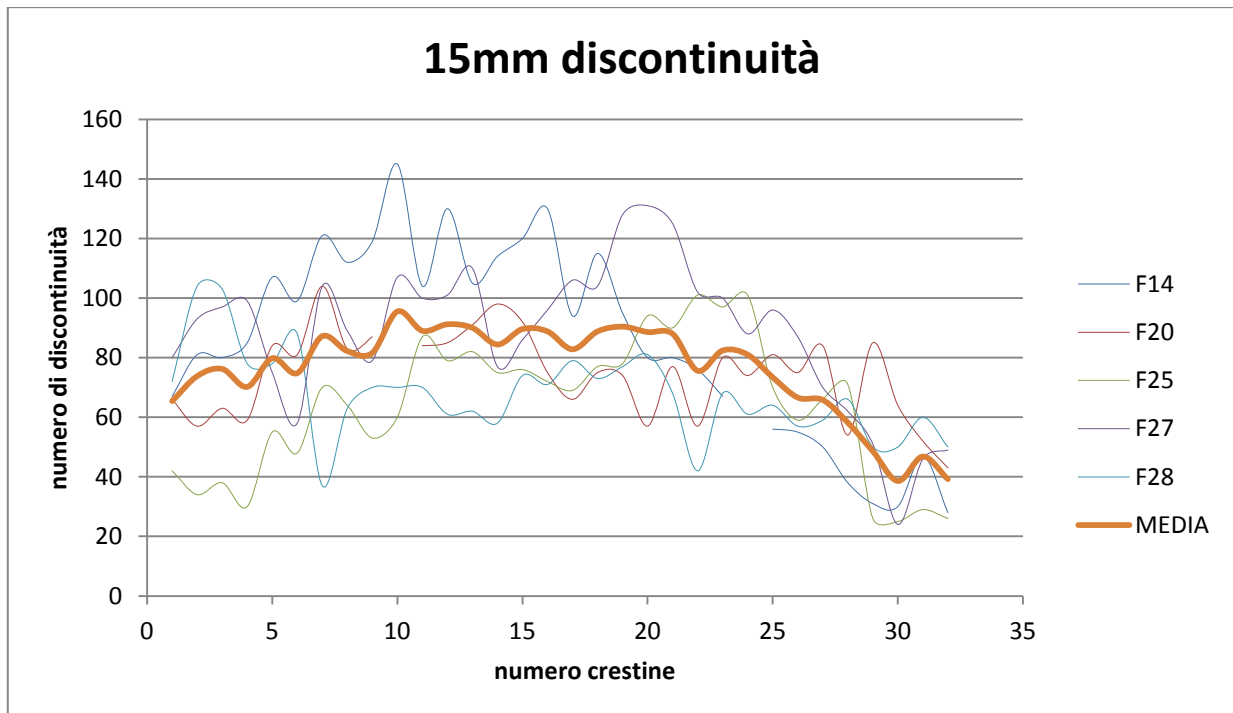


Figura 60 Numero di discontinuità nella classe di taglia 15mm

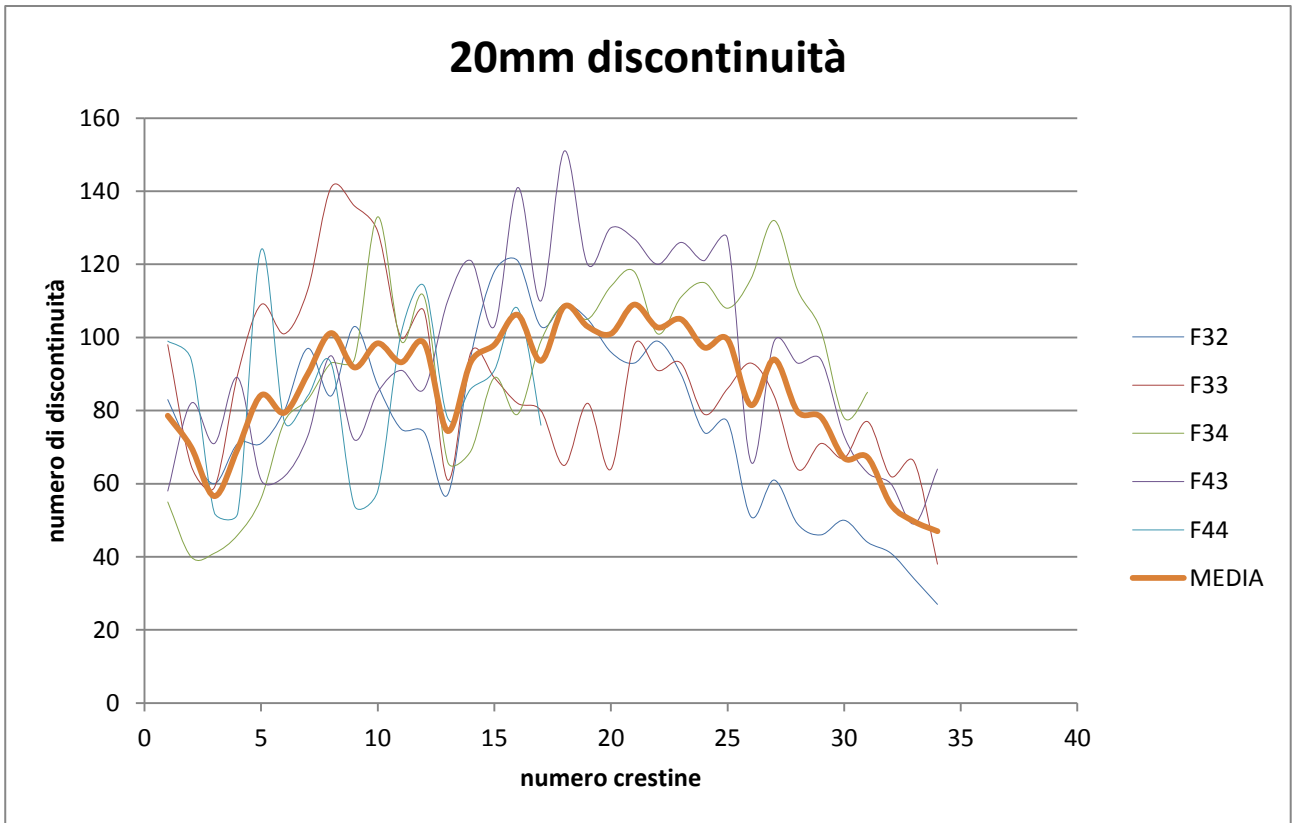


Figura 61 Numero di discontinuità nella classe di taglia 20mm

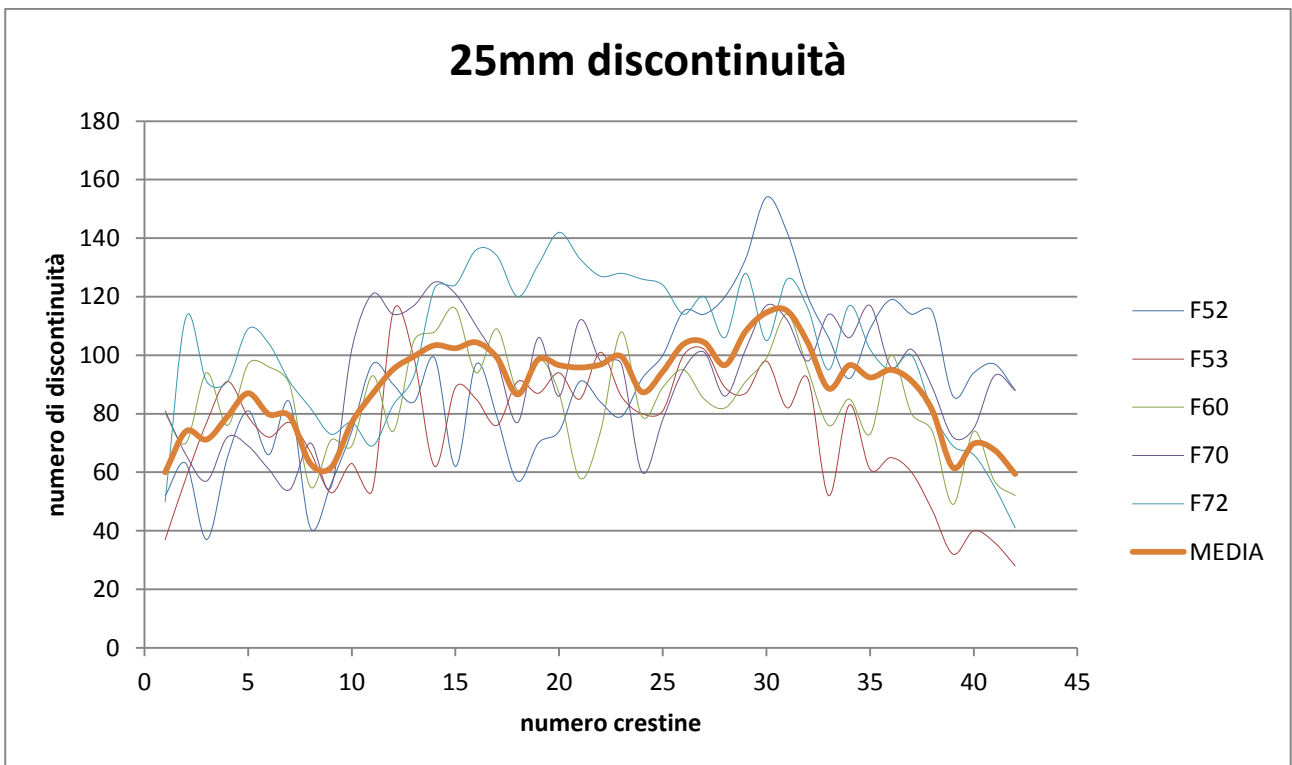


Figura 62 Numero di discontinuità nella classe di taglia 25mm

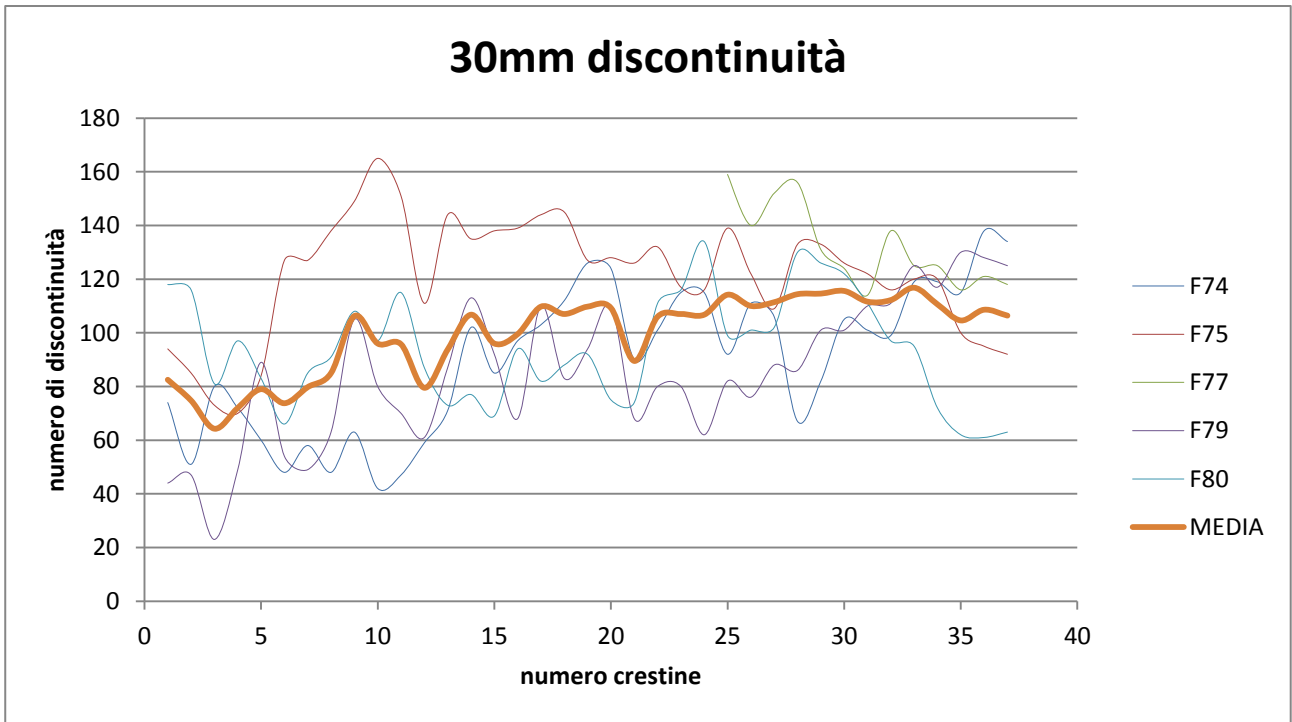


Figura 63 Numero di discontinuità nella classe di taglia 30mm

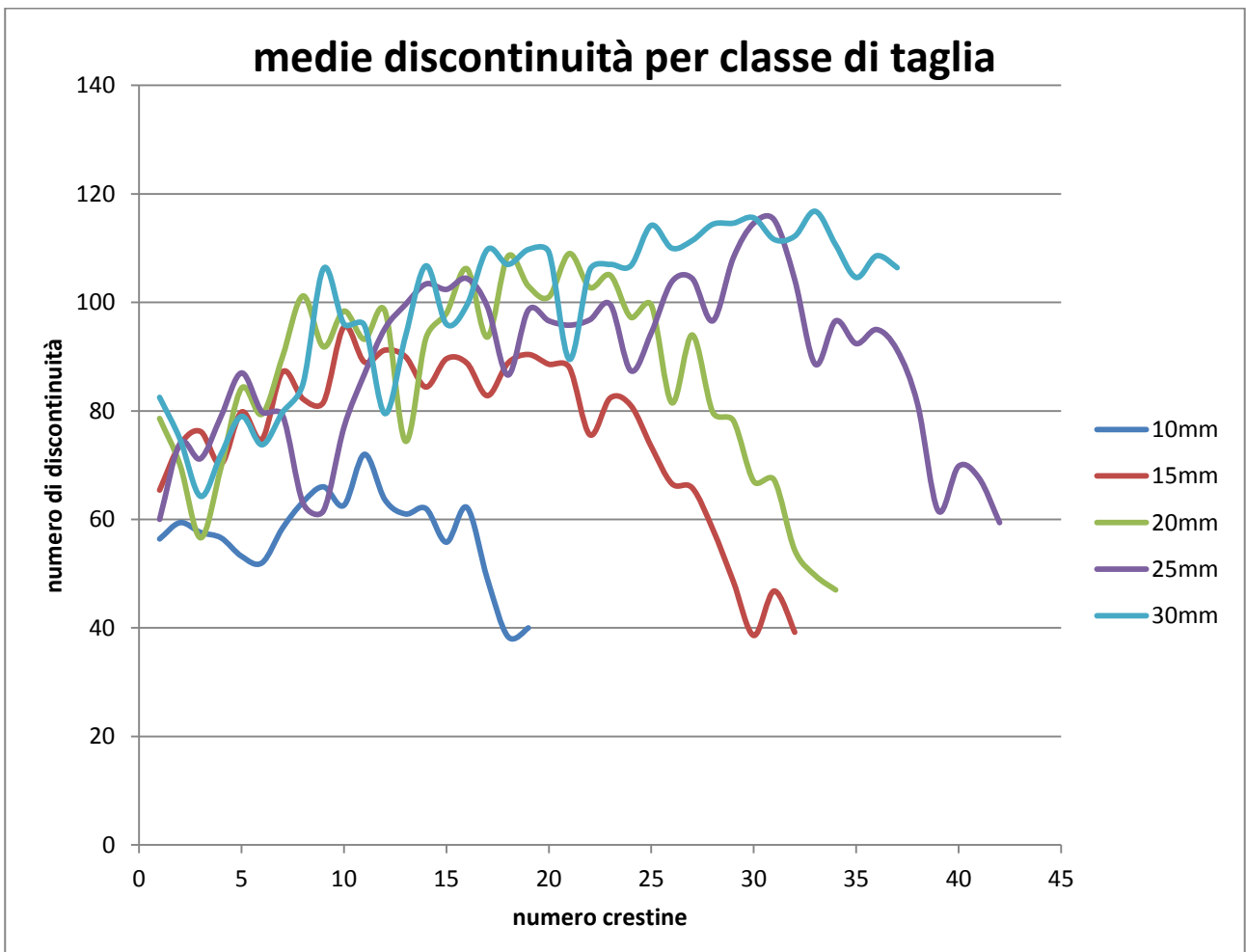


Figura 64 Confronto tra medie del numero di discontinuità tra le varie classi di taglia

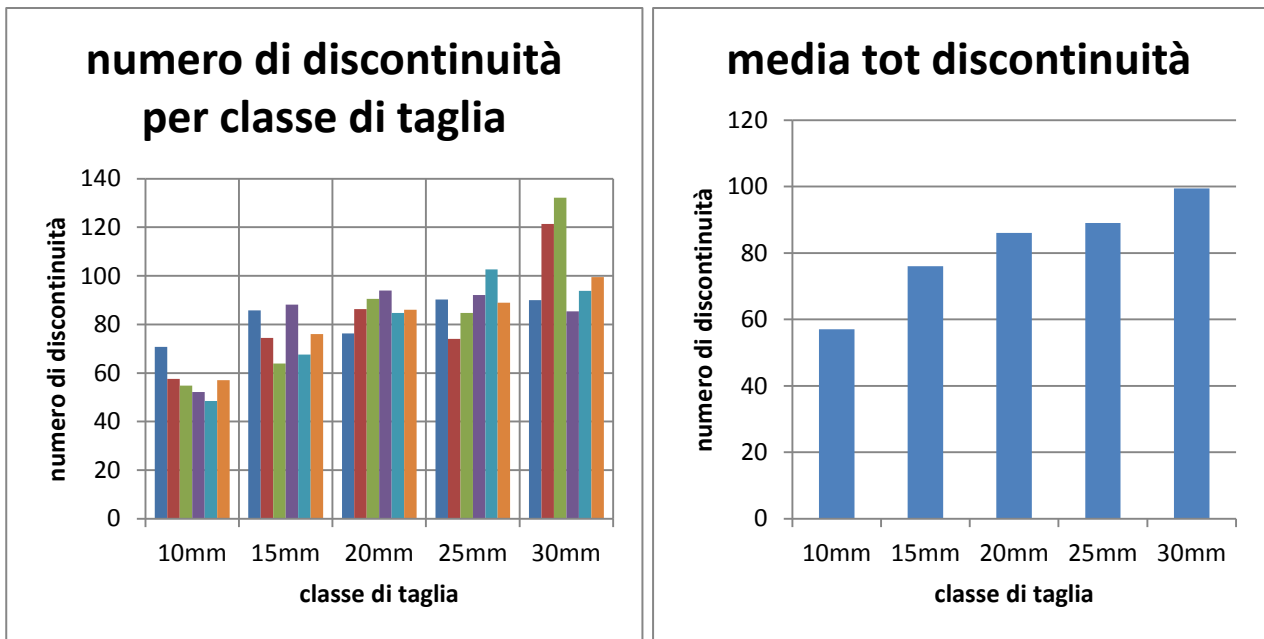


Figura 65 Numero di discontinuità di ogni fettina divise per classi di taglia e relativa media

Per il secondo set di dati sono stati riportati le medie dei valori di lunghezza e altezza per tutte le fettine prese in esame.

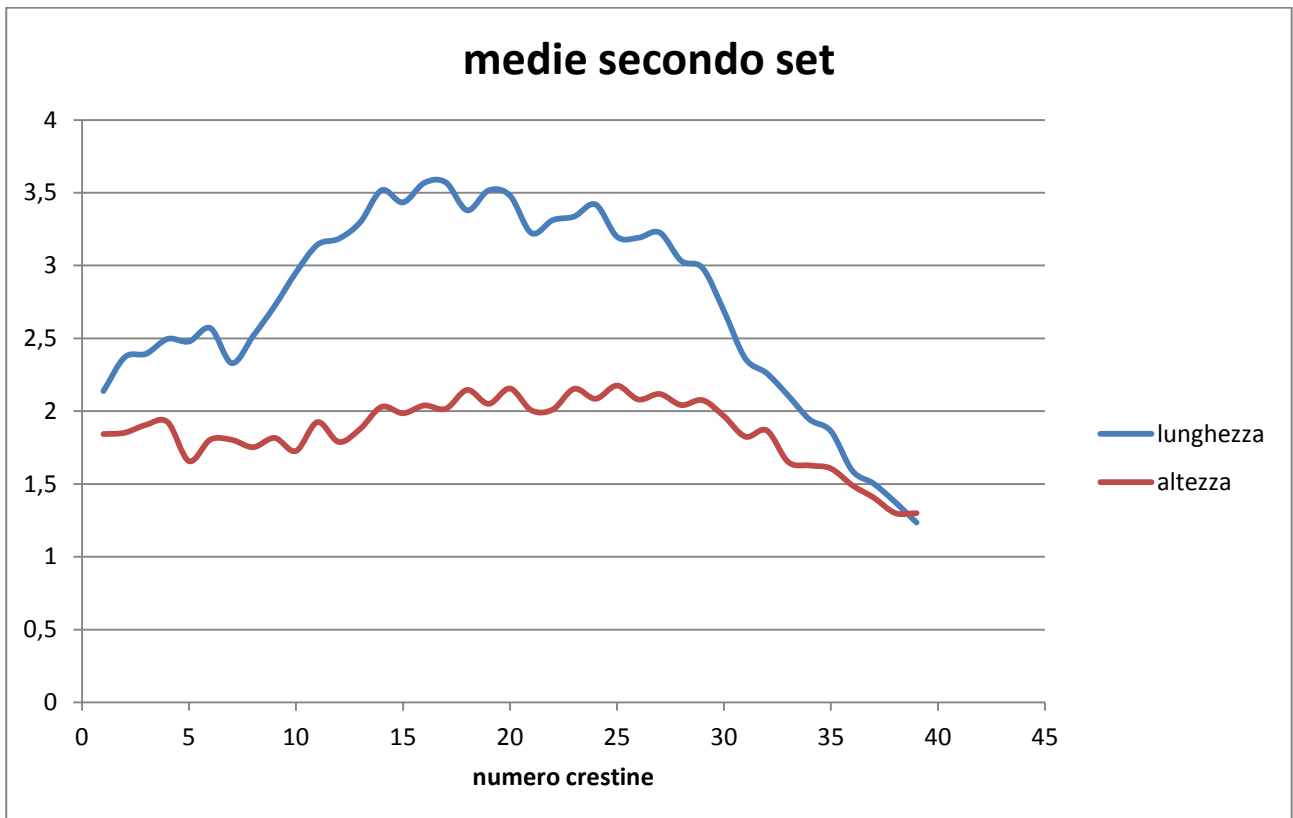


Figura 66 Media di lunghezza e altezza delle fettine del secondo set di campioni

Di seguito sono riportati i valori massimi e minimi per lunghezza, altezza e spessore di ogni classe di taglia del primo set (Tab.15), e i valori medi e deviazione standard per spessore, lunghezza e altezza (Tab.16)

MAX	10mm	15mm	20mm	25mm	30mm
spessore	17,22011	10,27663	15,9831	11,59824	12,95248
lunghezza	727,646	928,3885	981,5955	1067,886	1073,142
altezza	206,7344	183,5114	212,4629	338,483	245,316
MIN	10mm	15mm	20mm	25mm	30mm
spessore	2,6228487	2,911398	2,591762	1,675488	1,827657
lunghezza	106,9117	102,9521	122,5848	123,719	124,303
altezza	10,7387	13,0225	39,8413	24,371	18,128

Tabella 10 Valori massimi e minimi per spessore, lunghezza ed altezza delle varie classi di taglia

Taglia	media spessore	Deviazione standard spessore	media lunghezza	Deviazione standard lunghezza	media altezza	Deviazione standard altezza
10mm	8,121549163	2,55336884	456,4629632	151,6104844	86,80373684	42,03636048
15mm	6,328941925	1,431835045	484,7055238	185,0998747	98,25491938	37,09965481
20mm	6,955266309	2,05913807	589,3437505	192,5722932	107,057542	32,297738
25mm	6,622187847	1,503526777	586,0334257	190,9198323	118,0789624	40,69256899
30mm	7,005892102	2,108267458	681,3733287	205,2172289	117,1093043	40,16107658

Tabella 11 Medie e deviazioni standard di spessore, lunghezza ed altezza

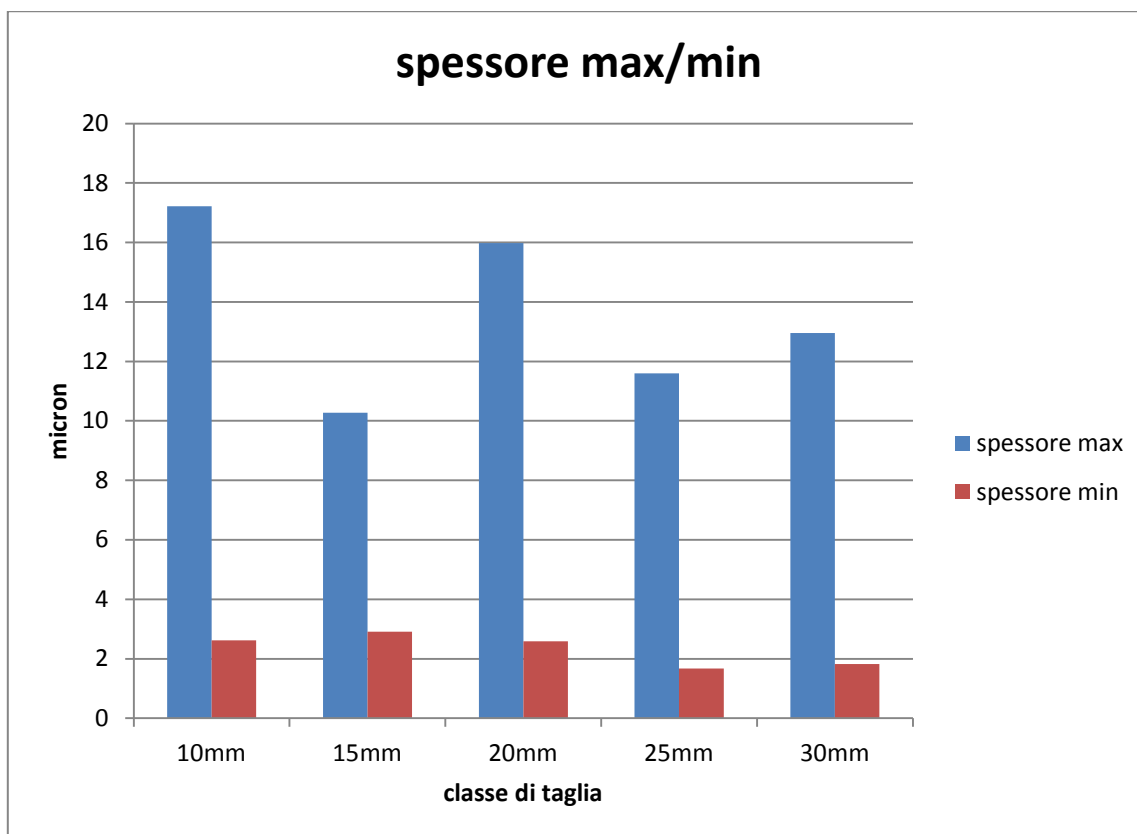


Figura 67 Confronto tra spessore massimo e minimo tra le varie classi di taglia

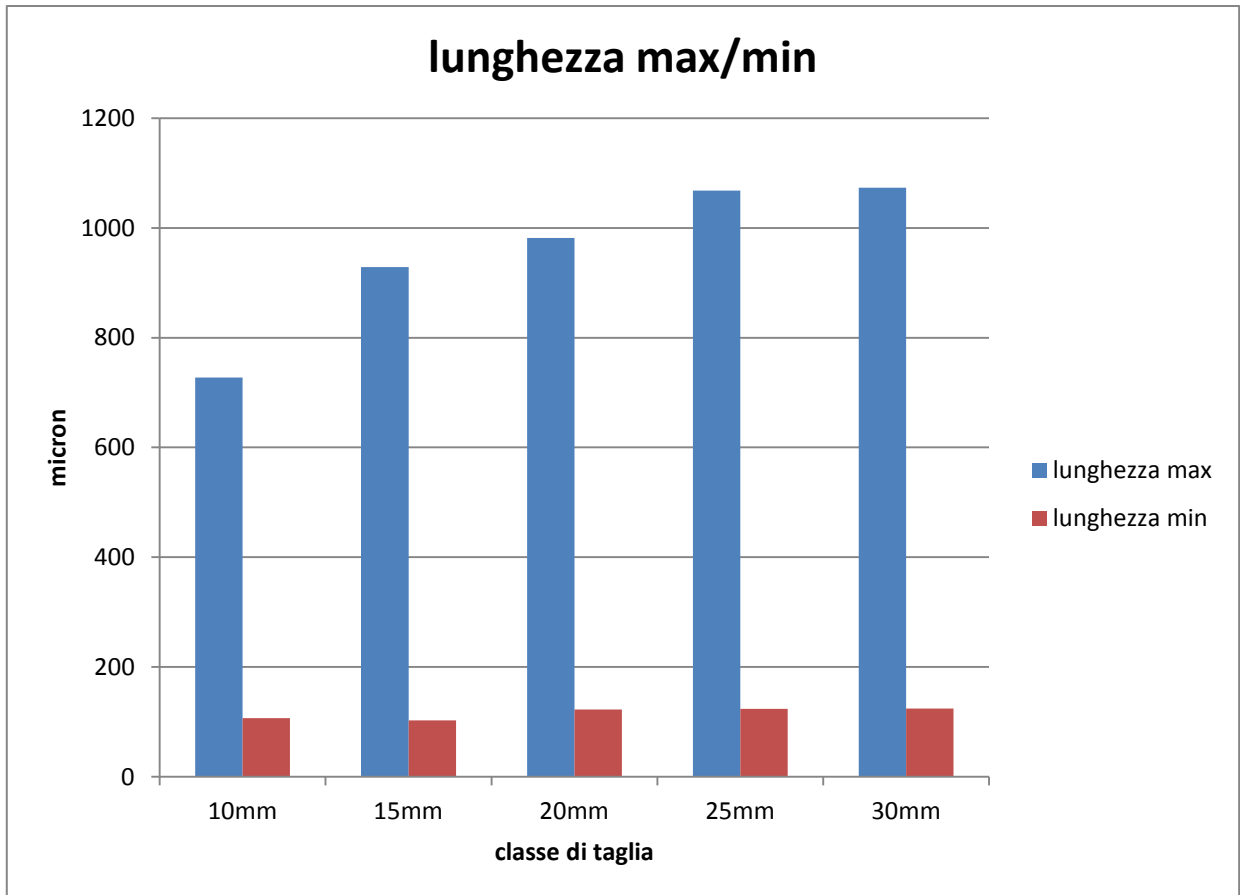


Figura 68 Confronto tra lunghezza massima e minima tra le varie classi di taglia

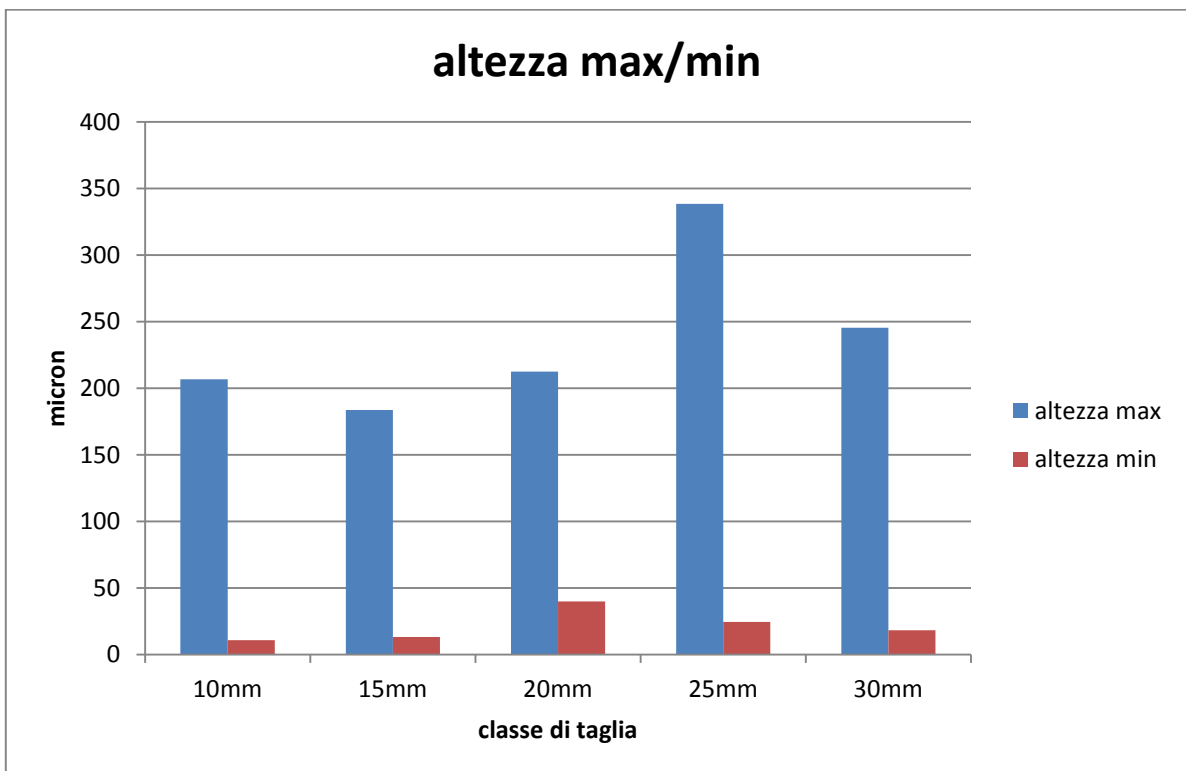


Figura 69 Confronto tra altezza massima e minima tra le varie classi di taglia

5. CRITICITÀ DELLA METODOLOGIA

La metodologia presenta differenti problematiche. Le fettine venivano costantemente misurate attraverso un micrometro e una volta raggiunto lo spessore ottimale venivano osservate, dopo ogni levigatura, allo stereomicroscopio. Questo però non ha impedito che alcune crestine si rompessero o che parti del guscio venissero rovinare dalla eccessiva levigatura. La levigatura di sezioni di conchiglia così sottili può portare ad una rottura del campione o ad una perdita totale o parziale della sezione del guscio da osservare. Molto spesso le crestine nella parte dell'umbone venivano levigate più in fretta e le si doveva fotografare a procedimento non completato per non perdere l'informazione contenuta in quella parte del guscio (Fig.70).

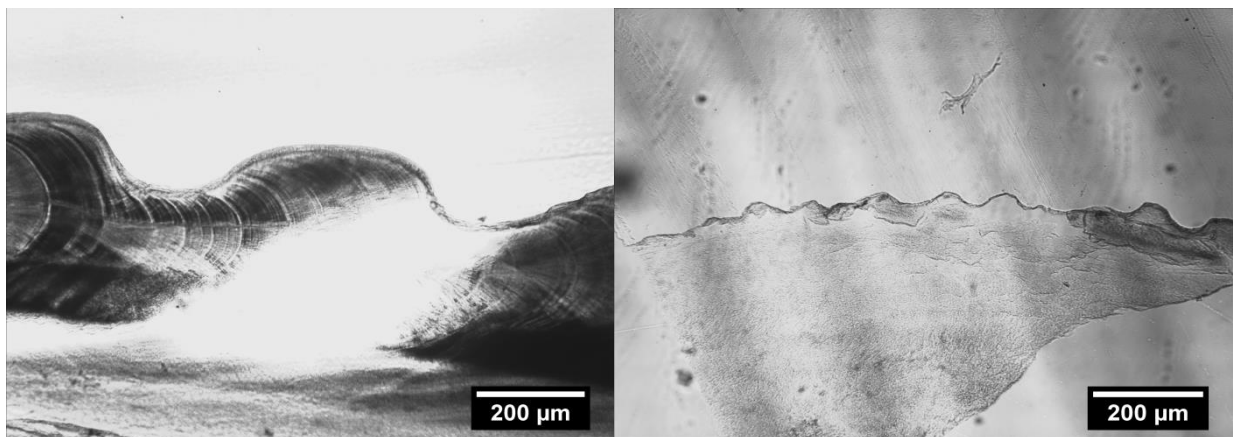


Figura 70 Perdita parziale (sx) o totale (dx) dell'informazione a causa di una levigatura eccessiva

La diversa composizione degli strati del guscio e la differente composizione delle matrici ha comportato inoltre una difficoltà ulteriore nell'ottenere una levigatura uniforme come possiamo osservare in Fig.71 .

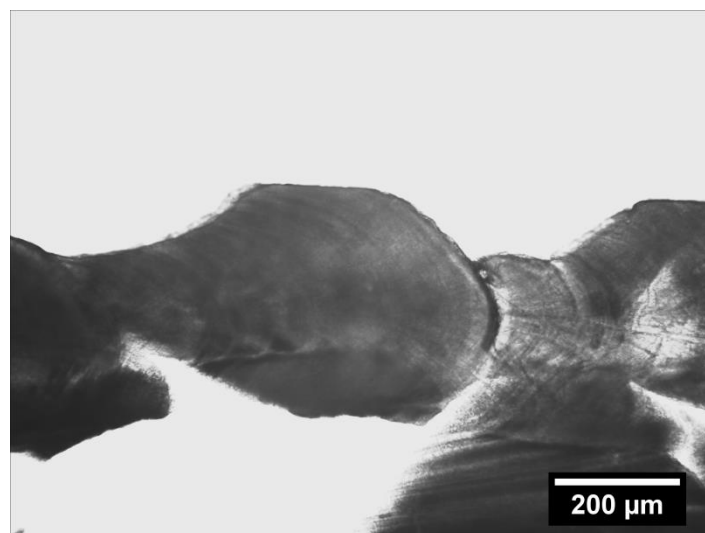


Figura 71 In questa immagine la regione del periostraco (utile per la nostra analisi) si è conservata intatta mentre si è persa la regione più interna dell'endostraco.

Un'ulteriore problematica sono le bolle formatesi dall'indurimento della resina o dall'applicazione dell'olio sulla fettina levigata (Fig.72).

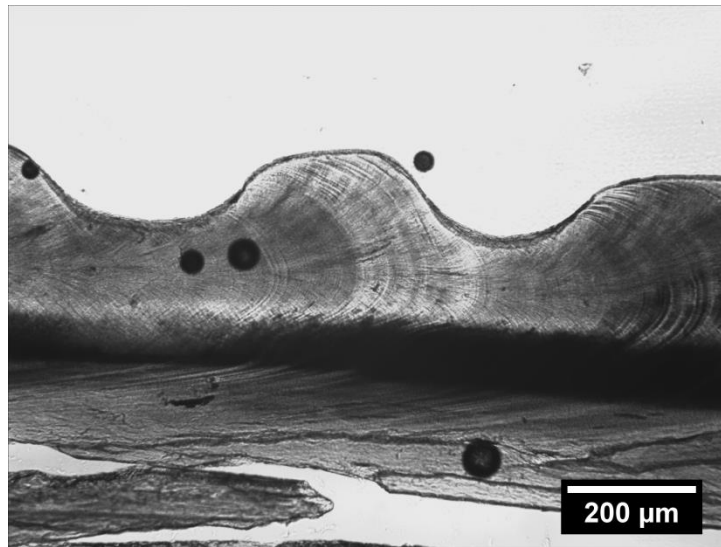


Figura 72 Bolle formatesi a causa dello strato di olio sopra la fettine. Queste bolle non compromettono l'informazione in quanto possono essere facilmente eliminate

Inoltre alcune creste erano inizialmente rovinate e presentavano buchi a causa di parassiti che avevano attaccato l'organismo vivo e si erano insediati nel guscio perforandolo compromettendo una parte del guscio (Fig.73).

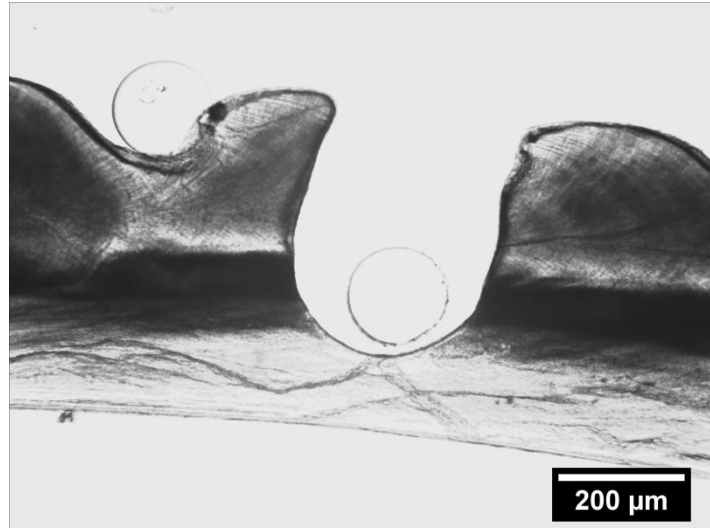


Figura 73 Bucio nel periostraco lasciato da un parassita/predatore

In tabella 17 sono riportati i campioni rotti o parzialmente rovinati, e quelli che sono stati sostituiti. La sostituzione dei campioni però non è stata possibile per tutti i campioni rotti perché bisognava ripartire dall'inizio della procedura e non sempre c'era il tempo necessario.

	# campioni scannerizzati	# campioni rotti	# campioni parzialmente rovinati	#campioni sostituiti
10 mm	1/5/8/4/6/7	1/4		4
15 mm	14/25/28/20/24/27	24/28		28
20 mm	34/44/50/32/33/43	50		
25 mm	53/60/68/72/70/52	68		
30 mm	77/79/80/73/74/75	73	75/77	

Tabella 12 La tabella indica il numero di campioni rotti e sostituiti

6.DISCUSSIONE

La metodologia utilizzata presenta notevoli vantaggi per la qualità delle immagini e per l'informazione contenuta in esse. La metodologia del taglio e del conteggio delle crestine esterne attraverso una scannerizzazione delle fettine è risultata relativamente veloce ma non fornisce informazioni riguardo le micro linee di accrescimento. La levigatura delle stesse, di contro, fornisce molte più informazioni riguardo all'accrescimento e alla composizione della matrice della conchiglia, ma si è rivelato un metodo abbastanza lento ed ha avuto bisogno di alcune correzioni in corso d'opera. Il conteggio degli anelli di accrescimento esterni è risultato quasi impossibile nelle immagini scannerizzate e gli accrescimenti annuali sono stati conteggiati solamente nelle sezioni sottili della vongola. La principale criticità dell'osservazione degli anelli esterni è legata all'esposizione della superficie della conchiglia all'azione di agenti che possono eroderne i margini rendendo indistinguibili o equivocabili le tracce di deposizione. Inoltre è sempre possibile una deposizione irregolare degli anelli di crescita determinata da drastici cambiamenti ambientali, che rendono indecifrabile l'età. Per cui gli anelli presenti sulla conchiglia esterna di *C. gallina* potrebbero essere sovrapposti a linee di disturbo che si formano nei periodi di stress riproduttivo, o ancora a causa di raccolta, dragaggio e tentativi di predazione da parte di altre specie. La metodologia di osservazione degli anelli esterni è comunque stata spesso adottata in *C. gallina* in quanto rappresenta una tecnica di rapida applicazione (Gaspar, Pereira, Vasconcelos, & Monteiro, 2004) ma solitamente la lunghezza/età stimata attraverso l'uso degli anelli di accrescimento esterni è maggiore di quella ottenuta con altre tecniche (Ramòn & Richardson, 1992).

Queste difficoltà vengono parzialmente superate procedendo allo studio in microscopia delle linee di deposizione interne alla conchiglia con il conteggio dei clefts annuali (Barker, 1964). Il vantaggio riscontrato di questa metodologia è rappresentato dalla inaccessibilità delle strutture di deposizione alle perturbazioni ambientali così da poter avere una maggior accuratezza nella determinazione dell'età (Richardson, 1989). Purtroppo i clefts rappresentano l'aumento della densità delle microlinee di crescita, coincidenti fisiologicamente con il passaggio del tempo o con l'eventualità di momenti di stress dell'animale, per cui risulta impossibile annullare i possibili effetti dovuti all'attività di pesca o di altri eventi stressanti.

Il margine del guscio o la regione dell'umbone sono spesso erose, compromettendo una parte dell'informazione, soprattutto per le classi di taglia più grandi. Le crestine più vicine alla regione dell'umbone negli individui di taglia più grande, infatti, sono spesso assenti perché erose. Inoltre gli anelli di accrescimento formati all'inizio della deposizione, vicino all'umbone, possono essere depositati troppo vicini l'uno all'altro per distinguerli. D'altra parte anche la risoluzione del microscopio può risultare inadeguata.

Le caratteristiche deposizionali interne però ci permettono di vedere linee di crescita che potrebbero essere tidali, giornaliere o annuali.

Il conteggio delle discontinuità annuali ha presentato alcune difficoltà in quanto in alcune immagini queste discontinuità risultavano chiare con la formazione di una fessura bene evidente, mentre in altre immagini la discontinuità poteva essere notata solo dal caratteristico pattern di linee di accrescimento. In Tab.9 sono indicati gli annuali trovati in ogni fettina. Si può notare come le vongole di classe di taglia 10 mm presentino una sola discontinuità mentre già quelle di classe di taglia 15 mm abbiano due o più discontinuità. Le discontinuità annuali molto ravvicinate sono state conteggiate come una singola discontinuità annuale e sono stati individuati solamente organismi con uno o due anni di età. Interessante è da notare come anche quelle di classe di taglia maggiore (25-30 mm) abbiano solo due anni, in accordo con lo studio di altri autori sull'accrescimento di *C. gallina* in Adriatico ((Froglià, 1975), (Froglià, 1989), (Froglià, 2000) (Polenta, 1993)) e in altre zone del Mediterraneo ((Ramòn & Richardson, 1992), (Gaspar, Pereira, Vasconcelos, & Monteiro, 2004), (Cano & Hernández, 1987)). Questo dato potrebbe essere indice del fatto che una volta raggiunta la maturità sessuale la crescita cala notevolmente a causa del forte dispendio energetico dato dalla riproduzione. Durante la deposizione infatti gli individui smettono di alimentarsi e il tasso di accrescimento diminuisce sostanzialmente (Kanazawa & Shin'ichi, 2007).

In molte fettine sono state trovate più discontinuità annuali consecutive in un arco di spazio molto ristretto. Queste discontinuità nette molto ravvicinate potrebbero essere causate da diversi fattori per cui risulta difficile associare una discontinuità annuale ad un particolare evento (stress termico, riproduzione o pesca). Un limite di questa metodica è dato dal fatto che si riesce a leggere l'informazione contenuta nel guscio ma, senza una validazione, non è possibile associarla ad un preciso periodo di vita dell'organismo se non facendo campionamenti multipli. Purtroppo però rimane il problema della zona in cui viene prelevata *C. gallina*, ovvero una zona impattata dalla pesca con assenza di banchi vergini con cui poter fare un confronto. Non si capisce se gli annuali conteggiati siano dovuti a stress naturali o stress antropici.

Il conteggio del numero di linee di crescita e misurare la separazione tra le bande e linee all'interno del guscio permette di stimare l'età e il tasso di crescita.

Le sezioni di conchiglia levigate presentano bande di micro accrescimento lungo tutta la conchiglia e si nota un'alternanza di aree chiare (con bande di crescita ampiamente distanziate) e aree scure (con bande di crescita ravvicinate). Le aree chiare denotano una deposizione maggiore di matrice calcarea, che riflette un metabolismo più lento ed una conseguente diminuzione della velocità di crescita. Nelle zone scure prevale la matrice proteica che riflette un metabolismo più attivo ed un più rapido tasso di crescita.

Un dato interessante è dato dalle medie di lunghezza, altezza e spessore delle diverse classi di taglia (Figure 51-52-53-54-55). L'informazione data dalla media delle lunghezze e altezze per ogni classe di taglia segue lo stesso andamento di quella dello spessore. Se così fosse si potrebbe risparmiare la levigatura su un certo numero di campioni velocizzando il metodo ed ottenendo la stessa informazione. I picchi di rallentamento della crescita sincronizzati per le varie medie in ogni classe di taglia potrebbero indicare tassi di accrescimento costanti entro le classi di taglia, ovvero ogni cretina verrebbe depositata con la stessa

velocità nelle vongole della stessa classe di taglia. Si può notare inoltre una certa ciclicità con cui si presentano i picchi di rallentamento della crescita. Essi si presentano circa ogni 10-12 crestine corrispondenti ipoteticamente ad una annualità. Nelle classi di taglia maggiori si notano molti più picchi di rallentamento della crescita. Questi picchi di rallentamento della crescita essendo molto vicini quasi sicuramente indicano altri eventi stressanti come potrebbero esserlo la riproduzione o la pesca.

Lo spessore è un dato che potrebbe già dare alcune indicazioni sull'accrescimento in quanto nei periodi di crescita più lenta le discontinuità sono più ravvicinate tra loro e di conseguenza di spessore minore. Rimane comunque una certa variabilità legata alla qualità dell'immagine. L'indice di spessore grezzo non può però dare una stima precisa sul tasso di accrescimento in quanto bisogna tenere conto di due concetti differenti:

-la velocità di deposizione

-la quantità di materiale depositato.

La quantità di materiale depositato è strettamente legata alla taglia dell'individuo; individui più piccoli depongono meno materiale in quanto la superficie di scambio tra mantello e conchiglia è ridotta. Ne risulta che le micro linee di accrescimento delle crestine depositate nelle prime fasi di crescita potrebbero avere uno spessore minore e questo non rifletterebbe una crescita più lenta ma solamente una minor quantità di materiale depositato. Lo spessore può essere utilizzato come metodo di stima dell'accrescimento a parità di zona, taglia e tempo ma se uno di questi fattori dovesse cambiare la validità dell'informazione non sarebbe più accurata in quanto, per esempio, è impensabile che la fisiologia di una vongola di 15 mm sia uguale a quella di una di 30 mm. Con lo spessore normalizzato però riusciamo ad osservare la storia della vongola definendo i periodi in cui ha risentito di una minore o maggiore crescita. Riusciamo a definire il periodo più critico e quello più favorevole definendo un andamento della crescita dell'animale.

In Figura.58 si nota come le due classi di taglia maggiori seguono uno spesso pattern, il che potrebbe significare che rispondono ai parametri ambientali e alle loro variazioni, nello stesso modo ma sempre presupponendo che la relazione crestina/tempo sia lineare, e non avendo una validazione non si può sapere per certo. Inoltre, il pattern diverso nelle classi di taglia più piccole potrebbe essere dovuto ad un rumore di fondo dovuto alla metodica in sé, in quanto le micro linee di crescita potrebbero essere talmente vicine tra loro che si potrebbe sottostimare o sovrastimare l'informazione precludendo il riconoscimento di un pattern comune. In Tab.15 notiamo che lo spessore massimo dell'incremento è di 17,22 μm nella classe di taglia di 10 mm e questo potrebbe essere indice di una sottostima del numero di incrementi per cui abbiamo un valore più grande anche rispetto a quello delle classi di taglia maggiori. Eventualmente per eliminare questo problema potrebbe essere necessario fare un confronto o utilizzare una metodica differente come le repliche in fogli di acetato, la colorazione di Mutvei o indagini elettroniche (SEM) bypassando il limite della risoluzione. Nelle repliche in acetato, infatti, non vengono contate tutte le micro linee di crescita ma solamente quelle più evidenti perché l'etching tende ad eliminare le micro linee più piccole di matrice uguale. Quindi potrebbe sottostimare il reale numero di micro linee ma questo potrebbe

rivelarsi un vantaggio in quanto eliminerebbe il rumore di fondo anche a discapito di una perdita dell'informazione.

La gestione di questa risorsa richiede una conoscenza approfondita della crescita e dell'età dei singoli organismi per definire anche una adeguata taglia minima di cattura. Molto spesso infatti, per definire la taglia minima di cattura, viene presa in considerazione solo il parametro biologico della taglia di prima riproduzione fissando la taglia minima ad un valore superiore per avere la garanzia che tutti gli esemplari catturati abbiano avuto l'opportunità di riprodursi. Bisognerebbe però tenere in conto altre variabili come la velocità di accrescimento e la stagionalità della riproduzione. Le vongole infatti potrebbero raggiungere la taglia per essere pescate fuori dal periodo riproduttivo e non contribuirebbero alla biomassa riproduttiva. Inoltre va tenuto in conto che in questi organismi la potenzialità riproduttiva aumenta all'aumentare della taglia, e il potenziale riproduttivo dipende dal contributo alla riproduzione che il numero di vongole di ogni taglia comporta. Inoltre, esistendo vongole di entrambi i sessi, si necessita di una certa densità di popolazione e una sincronia nella maturazione ed emissione dei gameti. Tutto il ciclo biologico è importante in quanto le larve di vongole sono planctoniche nelle prime fasi di sviluppo e sono trasportate dalle correnti ed esse possono trovarsi, al momento nella discesa al fondo, su zone e fondali non idonei alla loro sopravvivenza. In un'ottica di una gestione ottimale di questa risorsa sarebbe importante compiere ulteriori approfondimenti anche sulla riproduzione in Adriatico cercando di capire come la riproduzione influenzi il tasso di crescita di questo organismo.

6.1 Validazione

Per validare i risultati possono essere utilizzati diversi metodi:

1) Abrasione meccanica del guscio

Gli esemplari catturati vengono marcati con una smerigliatrice elettrica. Vengono segnate due linee distanziate alcuni mm nel margine ventrale della conchiglia sia nella valva destra che in quella sinistra. Gli esemplari vengono rimessi in mare in una gabbia, ricatturati dopo un determinato periodo di tempo e sacrificati per essere inclusi nella resina (Sejr, Thomas Jensen, & Rysgaard, 2002)

2) Analisi modale

Tramite campionamenti successivi lungo transetti i campioni vengono pescati e poi fotografati per essere misurati. Per ogni transetto viene calcolata la moda, ovvero la classe di modalità (in questo caso di taglia) caratterizzata dalla massima frequenza. Successivi campionamenti permettono di confrontare le diverse mode nel corso del tempo

3) Misurazioni isotopiche

Le valve vengono perforate per raccogliere la polvere di carbonato di calcio per la determinazione isotopica di carbonio e ossigeno. La polvere viene analizzata mediante uno spettrofotometro accoppiato ad un dispositivo di preparazione del carbonato. (Cardoso, Nieuwland, Witbaard, Van der Veer, & Machado, 2013)

Il carbonato viene fatto reagire con acido fosforico 100% a 70°C per sei minuti. La reazione produce $\text{CaCO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{CaHPO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ (Willenz, Andre, Blust, Deharis, & Dubois, 2006).

I valori vengono misurati in base alla CO_2 prodotta.

La valutazione dell'equilibrio/disequilibrio delle condizioni isotopiche di carbonato biogenico con acqua di mare e temperatura richiede la conoscenza della composizione isotopica di O_2 e della temperatura dell'acqua di mare nella zona di raccolta delle conchiglie. (Keller, Del Piero, & Longinelli, 2002).

Queste informazioni, insieme a diverse altre misurazioni effettuate su acque profonde e superficiali nella zona di raccolta, possono essere utilizzate per calcolare le temperature di precipitazione del carbonato di calcio nei gusci di *C. gallina* secondo l'equazione proposta da (Grossman & Ku, 1986) per l'aragonite. Infatti secondo (Alemany J. , 1986) i gusci di *C. gallina* consistono di aragonite, fatto confermato dai modelli di diffrazione dei raggi X eseguiti sui compartimenti studiati.

4) Colorazione tramite coloranti fluorescenti

Gli individui vengono immersi in una soluzione di acqua di mare e colorante per alcune ore. Esistono diversi coloranti come: Manganese (MnCl_2), ALC (Alizarin complexone), CAS (calceina), OTC. Il colorante è incorporato nella struttura cristallina della conchiglia ed emana fluorescenza quando viene esposta a luce fosforescente (Riascos, Guzman, Laudien, Heilmayer, & Oliva, 2007).

La crescita del mollusco è, in alcuni casi, fermata dalla colorazione (Masu, Watanabe, Aoki, Katayama, Fukuda, & Hino, 2008). La colorazione non ha causato conseguenze e il mollusco ha ripreso la sua crescita sulla superficie marcata dopo che il mollusco è stato collocato nelle gabbie in mare. La concentrazione di colorante e il tempo di immersione devono essere comunque regolati in modo tale da diminuire il tasso di mortalità dovuto alla procedura (Mahè, Bellamy, Lartaud, & Rafèlis, 2010). Dopo l'esperimento i bivalvi vengono rimessi in mare, per essere successivamente ricatturati e sacrificati.

5) Marcatura attraverso ruggine

I campioni vengono immersi in un setaccio arrugginito preparato immergendo una rete di ferro in acqua di mare per alcuni giorni. Il trattamento delle vongole avviene in gabbia a T, O_2 e salinità controllata.

6) Catodoluminescenza

Il fenomeno di catodoluminescenza risulta dalle interazioni tra un emettitore di luce centrale (impurità o elemento chimico) e l'ambiente atomico all'interno del reticolo cristallino durante l'eccitazione da un emettitore di elettroni. La catodoluminescenza è dovuta principalmente dalla presenza di Mn^{2+} intrappolato nel reticolo durante la crescita minerale.

7) Rapporto Sr/Ca

Si usano i cambiamenti nel rapporto tra Stronzio (Sr) e Calcio (Ca) in aree differenti della conchiglia per identificare se le linee esterne sono state depositate ogni anno. Il rapporto Sr/Ca nel carbonato varia a seconda della temperatura dell'acqua al momento della deposizione, così variazioni sistematiche tra linee

di crescita presunte, riflettono i cambiamenti stagionali della temperatura dell'acqua, suggerendo che le linee sono state depositate ogni anno.

In questo studio purtroppo, a causa delle tempistiche limitate, non è stato possibile condurre esperimenti di crescita in campo per validare la periodicità delle micro linee di accrescimento ma sarebbe auspicabile in futuro riuscire a svolgere almeno una delle diverse metodiche di validazione. Siccome validazioni attraverso colorazioni tramite coloranti fluorescenti, o altre metodiche che prevedono uno studio *in situ* di questi organismi, sarebbero difficoltose in questa zona dell'Adriatico a causa dell'ambiente ad alta energia che rende difficoltoso l'utilizzo di mesocosmi controllati, si dovrebbe preferire validazioni attraverso analisi modale o catodoluminescenza da effettuare in aree a basso o nullo impatto antropico.

7. BIBLIOGRAFIA

- Alemany, J. (1986). Comparaison morphologique de la structure de la coquille et de l'enroulement en spirale chez *Chamelea gallina* (Morch, 1953) et chez *Venus verrucosa*, L., 1758, (Mollusca: Bivalvia). *Arch Anat Microsc Morphol* , 61–74.
- Alemany, J. (1986-1987). Comparaison morphologique de la structure de la conchille et de l'enroulement en spirale chez *Chamelea gallina* et chez *Venus verrucosa*. *Arch.Anat.micro.Morphol.expèr* , 61-74.
- Artegiani, A., Bregant, D., E., P., Pinardi, N., Raicich, F., & Russo, A. (1997b). The Adriatic sea general circulation. Part II: Baroclinic circulation structure. *J.Phys.Oceanogr* , 1515-1532.
- Artegiani, A., Bregant, D., Paschini, E., Raicich, F., Pinardi, N., & Russo, A. (1997a). The Adriatic sea general circulation. Part I: airsea interactions and water mass structure. *J.Phys.Oceanogr* , 1515-1532.
- Barker, R. (1964). Microtextural variations in pelecypod shells. *Malacologia* , 69-86.
- Bayne , B., & Hawkins , A. (1992). Ecological and physiological aspects of herbivory in benthic suspension-feeding molluscs. *Plant-animal interactions in the marine benthos. Systematics Association Special* , 265-288.
- Bevelander, G., & Nakahara, H. (1967). An electron microscope study of the formation of the periostracum of *Macrocallista maculata*. *Calcified tissue research* , 55-67.
- Bombace , G., & Lucchetti , A. (2011). *Elementi di biologia della pesca*. Edizioni Edagricole.
- Bressan, M., Chinellato, A., Munari, M., Mattozzo, V., Mancini, A., Marceta, T., et al. (2014). Does seawater acidification affect survival, growth and shell integrity in bivalve juveniles. *Marine environmental research* , 136-148.
- Buljan, M., & Zore-Armanda. (1976). Oceanographical properties of the Adriatic sea. *Oceanogr.Mar.Biol.Ann.Rev* .
- Cano, F., & Hernández, J. (1987). Biometría y reproducción de *Chamelea gallina* L. en la Bahía de Mazarrón (SE de la Península Ibérica) y algunas consideraciones sobre su pesca. *FAO Fisheries Report* , 107-111.
- Cardoso, J. F., Nieuwland, G., Witbaard, R., Van der Veer, H. W., & Machado, J. P. (2013). Growth increment periodicity in the shell of the razor clam *Ensis directus* using stable isotopes as a method to validate age. *Biogeosciences* , 4741–4750.
- Cerrato, R. (2000). What fish biologist should know about bivalve shells. *Fisheries Research* .
- Curzi, P., & Giordani, P. (1989). Geomorfologia e sedimentologia del Mar Adriatico. *Atti del convegno nazionale " Per la difesa dell'Adriatico"* , 32 – 41.
- Da Ros, L., Nesto, N., Nasci, C., Moschino, V., Pampanin, D., & Marin, M. (2003). Biochemical and behavioural effects of hydraulic dredging on the target species *Chamelea gallina* . *Fisheries research* , 71-78.

- Dalgic, G., Okumus, I., & Karayucel, S. (2010). The effect of fishing on growth of the clam *Chamelea gallina* (Bivalvia: Venrediae) from the Turkish Black Sea coast. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* , 90 (2), 261-265.
- Delgado, M., Silva, L., & Juarèz, A. (2013). Aspects of reproduction of striped venus *Chamelea gallina* from the turkish Black Sea cost. *Journal of the marine biological association of the united kingdom* , 261-265.
- Fisher, W., Bauchoy, M. L., & Schneider, M. (1987). *Fiches FAO d'identification des espèces puor les besoins de la pêche* (Vol. 1). Rome: FAO.
- Fisheries and aquaculture software. (2015). FishStatJ – software for fishery statistical time series. Rome.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2016). *Fisheries and Aquaculture Department*. Tratto da <http://www.fao.org/fishery/species/2697/en>
- Froglià, C. (1975). Aspetti biologici, tecnologici e statistici della pesca delle vongole (*Venus gallina*). *Incontri tecn.lab.tecnol.Pesca* , 7-22.
- Froglià, C. (1987). Clam fisheries with hydraulic dredges in the Adriatic Sea. *G.F.C.M Stud. Rev.* , 62, 32-70.
- Froglià, C. (1989). *Clam fishery with hydraulic dredges in the Adriatic Sea*. Marine Invertebrate Fisheries: their assessment and management.
- Froglià, C. (2000). Contribute of scientific investigations to the management of clam fishery with hydraulic dredges. *Biologia Marina Mediterranea* , 7, 71-82.
- Gaspar, B., Santos, M., & Vasconcelos, P. (2001). Weight-length relationships of 25 bivalve species (Mollusca:Bivalvia) from the Algarve coast (Southern Portugal). *Journal Marine Biology Association U.K.* , 807-807.
- Gaspar, M. B., Pereira, A. M., Vasconcelos, P., & Monteiro, C. C. (2004). Age and growth of *Chamelea gallina* from the Algarve coast (southern Portugal) : influence of seawater temperature and gametogenic cycle on growth rate. *Journal of Molluscan Studies* , 70, 371-377.
- Giovanardi, O., Pranovi, F., Savelli, F., & Ferretti, M. (1992). *Indagine preliminare sull'utilizzo della draga idraulica (turbosoffiante) per la pesca dei bivalvi in ambiente lagunare*. Quaderni ICRAM 7.
- Grossman, E., & Ku, T. (1986). Oxygen and carbon isotope fractionation in biogenic aragonite: temperature effects. *Chem Geol* , 59–74.
- IREPA. (2011). *Osservatorio economico delle strutture produttive della pesca marittima in Italia*.
- Jardas, I., N., P., Vrgoc, S., Jukicpeladic, S., & Dadic, V. (2008). Red book of sea fishes of Croatia. *Ministarstvo kulture RH* , 396.
- Kanazawa, T., & Shin'ichi, S. (2007). Environmental and physiological controls on shell microgrowth pattern of *Ruditapes philippinarum* (Bivalvia:Veneridae) from japan. *Journal of molluscan studies* , 89-95.
- Keller, N., Del Piero, D., & Longinelli, A. (2002). Isotopic composition, growth rates and biological behaviour of *Chamelea gallina* and *Callista chione* from the Gulf of Trieste (Italy). *Marine Biology* , 140, 9-15.

- Leontarakis, P. K., & Richardson, C. A. (2005). Growth of the smoot clam, *Callista chione* (Linnaeus, 1758) (Bivalvia, Veneridae) from the Tracian Sea, northeastern Mediterranean. *Journal of Molluscan Studies* , 71, 189-198.
- Lutz, R., & Rhoads, D. (1980). Growth patterns within in the molluscan shell. *In skeletal growth of aquatic organisms: biological records of environmental changes* , 203-254.
- Mahè, K., Bellamy, E., Lartaud, F., & Rafèlis, M. (2010). Calcein and manganese experiments for marking the shell of the common cockle (*Cerastoderma edule*): tidal rhythm validation of increments formation . *Aquat. Living Resour* , 239-245.
- Marin, M., Moschino, V., Pampanin, D., Nesto, N., Ballarin, L., Casellato, S., et al. (2003). Effects of hydraulic dredging on target species *Chamelea gallina* from the northern Adriatic sea: physiological responses and shell damage. *Journal of the marine biological association of the united kingdom* , 1281-1285.
- Masu, T., Watanabe, S., Aoki, S., Katayama, S., Fukuda, M., & Hino, A. (2008). Establishment of shell growth analysis technique of juvenile Manila clam *Ruditapes philippinarum*: semidiurnal shell increment formation. *Fisheries science* , 41–47.
- Matozzo, A., Monari, M., Foschi, B., Papi, T., Cattani, O., & Marin, M. (2005). Exposure to anoxia of the clam *Chamelea gallina* I. Effects on immune responses. *J.exp.mar.biol.ecol* , 163-174.
- Morello, E., Froglià, C., & Atkinson, R. (2006a). Medium-term impacts of hydraulic dredging on a macrobenthic community of the Adriatic Sea (Italy): a study related to the fleet. *Marine Biology* , 149: 401 – 413.
- Morello E.B., F. C. (2006b). The effects of hydraulic dredging on the reburial of several molluscan species. *Biologia Marina Mediterranea* , 13 (1): 610 – 613.
- Morello, E., Froglià, C., & Atkinson, R. (2005b). Hydraulic dredge discards of the *Chamelea gallina* fishery in the western Adriatic Sea, Italy. *Fisheries Research* , 76 (3): 430 – 444.
- Morello, E., Froglià, C., & Atkinson, R. (2005a). Impacts of hydraulic dredging on a macro-benthic community of the Adriatic Sea, Italy. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic* , 62: 2076 – 2087.
- Moschino, V., Chicharo, L., & Marin, M. (2008). Effects of hydraulic dredges on the physiological responses of the target species *Chamelea gallina* (Mollusca:Bivalvia): laboratory experiments and field surveys. *Scientia marina* , 493-501.
- Pampanin, D., Ballarin, L., Carotenuto, L., & Marin, M. (s.d.). Air exposure and functionality of *Chamelea gallina* haemocytes: effects on haematocrit, adhesion, phagocytosis and enzyme contents. *Comparative biochemistry and physiology a-molecular and integrative physiology* , 199-199.
- Perés, J. M., & Pikard, J. (1964). Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume* , 5-137.
- Picard, J. (1965). Recherches qualitatives sur les biocénoses marines des substrats meubles dragables de la région Marseillaise. *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume* , 52, 1-160.

- Piccinetti, C., & Piccinetti Manfrin, G. (1994). Considerazioni sullo stato di sfruttamento delle risorse demersali (alto e medio Adriatico). *Biologia Marina Mediterranea* , 77-87.
- Poggiani, L., Piccinetti, C., & Piccinetti Manfrin, G. (1973). Osservazioni sulla biologia dei molluschi bivalvi *Venus gallina* L. e *Tapes aureus* Gmelin nell'alto Adriatico. *Note del laboratorio di Biologia Marina e Pesca di Fano* , 189-212.
- Polenta, R. (1993). Osservazioni sull'accrescimento della vongola *Chamelea gallina* L. nel Medio adriatico. *Tesi di Laurea in Scienze Biologiche* , 1993. Università degli studi di Bologna.
- Poppe, G. T., & Goto, Y. (1993). *European seashells* . Germany: Verlag Christa Hemmen.
- Ramòn, M., & Richardson, C. (1992). Age determination and shell growth of *Chamelea gallina* (Bivalvia: Veneridae) in the western Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series* , 89, 15-23.
- Rasban, W.S.;Bethesda. (1997-2015). ImageJ. U. S. National Institutes of Health, Maryland, USA.
- Relini, G., Bertrand, J., & Zamboni, A. (1999). Sintesi delle conoscenze sulle risorse da pescate dei fondi del Mediterraneo Centrale (Italia e Corsica). *Biologia Marina Mediterranea* , 6, 642-648.
- Riascos, J., Guzman, N., Laudien, J., Heilmayer, O., & Oliva, M. (2007). Suitability of three stains to mark shells of *Concholepas* (Gastropoda) and *Mesodesma donacium* (Bivalvia). *J Shellfish* , 43-49.
- Richardson, C. (1989). An analysis of the microgrowth bands in the shells of the common mussel *Mytilus edulis*. *Journal of the Marine biological association of the United Kingdom* , 477-491.
- Rochet, M. (1998). Short-term effects of fishing on life history trait of fishes. 371-391.
- Romanelli, M., Cordisco, C., & Giovanardi, O. (2009). *The long-term Decline of the Chamelea gallina L. (Bivalvia: Veneridae) Clam Fishery in the Adriatic Sea: Is a Synthesis Possible?* (Vol. 50). Acta Adriatica.
- Ropes, J. W. (1984). Procedures for preparing Acetate peels and evidence validating the annual periodicity of growth lines formed in shells of ocean quahogs, *Arctica islandica*. 27-35.
- Schone, B., & Dunca, E. (2005). Mutvei's solution: an ideal agent for resolving micro growth structures of biogenic carbonates. *PALAEOGEOGRAPHY PALAEOCLIMATOLOGY PALAEOECOLOGY* , 149-166.
- Sejr, K., Thomas Jensen, K., & Rysgaard, S. (2002). Annual growth bands in the bivalve *Hiatella arctica* validated by a mark-recapture study in NE Greenland. *Polar. Bio.l* , 794-796 .
- Simunovic, A., Piccinetti, C., & Zore-Armanda, M. (1999). Kill of benthic organisms as a response to an anoxic state in the northern Adriatic (a critical review). *Acta Adriatica* , 37-64.
- Tesic, M. (1968). Vojnopomorska geografija DSNO (Naval Geography). *Mornaricka uprava* , 391.
- Vaccarella, R., Pastorelli, A., & Marano, G. (1990). Studio sull'efficienza e degli effetti delle draghe idrauliche sulle comunità bentoniche. *Relazione finale* .
- Veale, L., Hill, A., & Brand, A. (2000). An in situ study of predator aggregations on scallop (*Pecten maximus* (L.) dredge discard using a static time-lapse camera system. *Journal of experimental marine biology and ecology* , 1, 111-129.

Willenz, P., Andre, L., Blust, R., Deharis, F., & Dubois, P. (2006). VALIDATION OF ALTERNATIVE MARINE CALCAREOUS SKELETONS AS RECORDERS OF GLOBAL CLIMATE CHANGES. *SCIENTIFIC SUPPORT PLAN FOR A SUSTAINABLE DEVELOPMENT POLICY* .

XSane . (2016). *Graphical scanning frontend*. Tratto da <http://www.xsane.org/>

Zavatarelli, M., Raicich, F., Bregant, D., & Russo, A. (1998). Climatological biogeochemical characteristics of the Adriatic Sea. *Journal of Marine Systems* , 227–263.

8. RINGRAZIAMENTI

Il primo ringraziamento va a Marco il quale ha messo a mia disposizione le sue infinite conoscenze e ha sopportato con estrema pazienza le mie sbadataggini e i miei disastri. Un altro ringraziamento particolare va a mia mamma e a mio papà che mi hanno permesso di arrivare fino a qua e che sopportano da anni le mie sbadataggini, e a mia sorella che per venire alla mia laurea vuole rinunciare ad una imperdibilissima gita con gli amici.

Ai miei coinquilini storici, Garu e Jacopo, per l'amicizia che tante piccole cose ha rafforzato, e a tutti i coinquilini della famosa trattoria Casa Degrado. Alla mia "nuova" coinquilina, Loredana, un ringraziamento particolare per tutti i piatti che ha lavato mentre io scrivevo la tesi. Grazie Andre di avermi dato dello stupido quando ho fatto lo stupido e non volevo ammetterlo, ma i consigli più utili sono quelli che si apprezzano con il tempo.

Grazie a Luca, Irene e Sab che mi ricordano che ci sarà sempre qualcuno con cui uscire una volta tornati a casa. Grazie agli amici di Ravenna, di Bologna, di Sasso Marconi, a quelli di Fano, ad Arianna che mi ha obbligato a curare l'estetica di questa tesi, a quelli che mi hanno insegnato qualcosa, a quelli che mi hanno sopportato e a quelli che sono qui oggi, ma anche a quelli che non ci sono.

L'ultimo ringraziamento, che come sempre non è ultimo in ordine di importanza, va a Vivi che negli ultimi due anni è stata quella che mi ha sopportato più di tutti, che sa calmarmi quando nessun altro ci riesce e che con la sua infinita pazienza ha sicuramente contribuito a limare quel brutto carattere che mi ritrovo. Grazie per avermi supportato tanto da vicino quanto da lontano.

Grazie a quelli che vorranno festeggiare con me oggi, domani e anche il giorno dopo domani perché, come mi ricorda sempre una persona, ogni scusa è buona per festeggiare!!!