



Università degli Studi di Cagliari

DOTTORATO DI RICERCA

Biologia e biochimica dell'uomo e dell'ambiente - Indirizzo biologia animale

Ciclo XXIII

**DINAMICA DI POPOLAZIONE DI *RUDITAPES DECUSSATUS* (L)
E INSEDIAMENTO DI *RUDITAPES PHILIPPINARUM* (ADAMS&REEVE)
IN SARDEGNA (ITALIA)**

Settore scientifico disciplinare di afferenza

BIO/07 ECOLOGIA

Presentata da

Alessandra Cannas

Coordinatore Dottorato

Prof. Emanuele Sanna

Relatore

Prof.ssa Susanna Salvadori

Esame finale anno accademico 2009 - 2010

Università degli studi di Cagliari
Dipartimento di Biologia animale ed Ecologia
Dottorato di Ricerca in Biologia e Biochimica dell'uomo e dell'ambiente
XXIII ciclo

GIUDIZIO DELL'ATTIVITA' SVOLTA
DALLA DOTT.SSA ALESSANDRA CANNAS

Alessandra Cannas ha svolto l'attività di ricerca presso gli uffici e i laboratori dell'agenzia Regionale AGRIS SARDEGNA, nelle sedi di Cagliari e Olmedo (SS).

Durante il dottorato si è occupata di diverse tematiche, tutte riguardanti le lagune costiere della Sardegna e alcuni popolamenti che in esse vivono. Durante il primo anno ha presentato al convegno "Lagunet" svoltosi a Tarquinia un poster sul macrobenthos delle lagune costiere dal titolo: *Macrozoobenthonic Population in three coastal lagoons in Sardinia (Italy)*, (Cannas *et al.*, 2008).

Sempre nel primo anno ha avviato il lavoro della tesi, dal titolo "Dinamica di popolazione di *Ruditapes decussatus* (L.) e insediamento di *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve) in Sardegna (Italia). Il lavoro ha interessato sette lagune costiere sarde, sede dei più importanti banchi naturali della vongola autoctona. Obiettivo della ricerca era quello di studiare la distribuzione, l'abbondanza e i principali aspetti della dinamica di popolazione della specie. La ricerca si è svolta con la collaborazione del Servizio Risorse ittiche di Agris, che ne ha sostenuto i costi e ha messo a disposizione personale tecnico e mezzi per la sua esecuzione. Il lavoro ha coinvolto attivamente le cooperative di pescatori concessionarie degli ambienti studiati. I rilevamenti sono stati stagionali e hanno pertanto occupato il periodo dall'autunno 2008 all'estate 2009, mentre la parte finale dell'anno 2009 è stata dedicata agli esami di laboratorio.

Nel corso del lavoro si è potuto constatare l'insediamento di due specie alloctone, *Ruditapes philippinarum*, nel golfo di Olbia, e *Musculista senhousia*, in sei dei sette siti studiati. La presenza delle due specie in Sardegna non era nota, salvo per *Musculista* nel Golfo d'Olbia; sull'insediamento della vongola filippina, divenuto un nuovo obiettivo della tesi, nel 2010 Alessandra Cannas ha presentato un poster al 41° congresso della SIBM (Società italiana di Biologia marina) dal titolo "insediamento di *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve) nel Golfo di Olbia (Sardegna, Italia) e distribuzione in rapporto a *Ruditapes decussatus* (L.) (Cannas *et al.*, 2010).

Nel secondo anno e terzo anno di dottorato, su sollecitazione dell'Ufficio Pesca della Regione Sardegna, ha collaborato attivamente alla realizzazione del Piano Regionale di

Gestione dell'Anguilla e alla revisione del piano nazionale. Il lavoro ha dato buoni risultati in quanto il piano della Regione Sardegna è stato approvato dall'ICES (International Council for the Exploitation of the Sea) senza modifiche, unico caso tra i nove piani regionali proposti. Nello stesso anno ha collaborato alla stesura della relazione “*eel growth and quality issues from Mediterranean lagoons*” (Capoccioni *et al.*, 2009), presentata nell'ambito del convegno ICES, 2009, Study Group on Anguillid Eels in Saline Waters (SGSAD) –tenutosi il 5 September 2009 a Gotheburg (Sweden).

Nel terzo anno la dottoranda è stata impegnata nel completamento degli esami di laboratorio e nell'elaborazione della notevole mole di dati raccolti. L'elaborazione si è svolta grazie all'utilizzo di numerosi software statistici (Minitab, SAS, SPSS) che la dottoranda è in grado di utilizzare in autonomia assieme al software specifico per la dinamica di popolazioni FISAT 2, per il cui apprendimento ha potuto avere la collaborazione della Dott.ssa Paola Pesci del Dipartimento di Biologia Animale dell'Università di Cagliari. Quando necessario, ha potuto contare sul supporto dei prof. Giuseppe Pulina e Corrado Dimauro del Dipartimento di scienze zootecniche dell'Università degli studi di Sassari, soprattutto per la verifica dei metodi adottati.

I risultati ottenuti hanno consentito di avere un quadro generale della risorsa studiata e di trarre delle indicazioni utili a fini gestionali utili alla sua conservazione.

Sempre nel terzo anno ha collaborato ad una ricerca sulla caratterizzazione della flora batterica dell'intestino dell'orata i cui risultati preliminari sono stati oggetto di un poster al 41° congresso della SIBM dal titolo “*Microbiological characterization of intestinal flora of gilthead sea bream (Sparus aurata L.) from Tortolì lagoon (Eastern Sardinia, Italy)* (Floris *et al.* 2010). Contemporaneamente ha iniziato una collaborazione all'interno del progetto internazionale "Pilot projects to estimate potential and actual escapement of silver eels, " (POSE) finanziato dalla Commissione europea e coordinato dal Dr. Alan Walker, Cefas Lovestoft laboratory, Gran Bretagna (in corso), finalizzato a porre le basi scientifiche necessarie alla gestione dello stock d'anguilla.

I campioni della vongola filippina sono stati utilizzati per una ricerca sulla genetica di questa specie, i cui risultati preliminari saranno proposti per la presentazione al XIX congresso ASPA (Associazione per la Scienza e le Produzioni animali) che si terrà a Cremona nel giugno 2011 con un poster dal titolo” *Analysis of bivalve Ruditapes philippinarum (Adams & Reeve) populations in the Olbia Gulf by means of microsatellite markers*” (Mura *et al.*, in corso di realizzazione).

Durante il triennio di dottorato Alessandra Cannas ha seguito numerose attività formative. Oltre alle lezioni organizzate dal Dottorato in biologia e biochimica dell'uomo e dell'ambiente per i dottorandi del XXIV ciclo, ha seguito numerose lezioni organizzate dalla scuola di dottorato in Scienze e tecnologie zootecniche dell'Università degli studi di Sassari sui temi della modellistica, statistica ed etica della ricerca. Ha inoltre partecipato al corso "pi greco" organizzato dal FORMEZ per conto di Agris Sardegna, destinato ai propri ricercatori e incentrato su metodi di statistica avanzata e sulla comunicazione scientifica.

E' stata inoltre docente a lezioni sulle lagune costiere destinate ai tecnici dell'Agenzia regionale Laore Sardegna.

Durante i tre anni di Dottorato la Dott.ssa Cannas ha dato prova di capacità organizzativa e di lavoro in gruppo, di autonomia in tutte le fasi della ricerca e nella capacità di applicarne i risultati per ricadute di tipo applicativo utili alla Pubblica Amministrazione e al mondo della produzione. La produzione scientifica precedente e attinente al dottorato e la partecipazione a progetti internazionali testimonia inoltre la validità dei contenuti proposti. La valutazione è pertanto molto positiva.

Prof. Susanna Salvadori

Susanna Salvadori

BIOLOGIA ANIMALE ED ECOLOGIA
IL DIRETTORE
Prof. Angelo Cau



Abstract

Population dynamics of *Ruditapes decussatus* (L.) and settlement of *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve) in Sardinia, Italy.

Ruditapes decussatus is a traditional resource of fishing activity in Sardinia Island. This species is not cultured, but fishermen picked them up from the bottom of brackish areas. The distribution and the population structure of *Ruditapes decussatus* were investigated in six coastal lagoons: Tortoli (OT) S. Giovanni Santa Gilla (CA), Marceddì, Corru S'ittiri (OR), Calich (SS) and in the Olbia gulf. In this last site were also studied the growth and the mortality. In the same area, during the study the settlement of the allochthonous species *Ruditapes philippinarum* was found, so the population structure of this bivalve mollusc was also studied.

The samplings were seasonally, started in autumn 2008 and finished in summer 2009. *Ruditapes* were collected using a shellfish rake in different stations for each site (five repetitions for each of 29 sampling stations). In spring was also collected the sediment in all stations.

With regard to *Ruditapes decussatus*, the analysis of density demonstrates a highly heterogeneous situation in the different sites. The maximum of density was measured at San Giovanni (CA), where it has reached $1,315 \text{ m}^{-2}$ specimens. In the same site, the maximum of density (considering the average between the repetition in each station) was reached equal to 507 m^{-2} specimens in summer. This value is close to that observed in the Olbia Gulf and Corru s' Ittiri lagoon in spring. In other sites densities were lower, but the maximum always corresponded to spring or summer, except Marceddì (OR) where the maximum value was detected in the winter sampling. In this case, the excessive rainfall caused very low salinity and the death of almost all *Ruditapes* in the lagoon.

Also the population structure was very heterogeneous in the sites. The length frequency distribution (oro-aboral length) was statistically different for at least two seasons for all comparisons (χ^2 test, $P < 0,01$). The main reason of this difference is the recruitment, very different among the sites. In all lagoons, except Calich (SS) and Marceddì (OR), the recruitment was evident in spring and often has continued even in the summer. San Giovanni (CA) was the only case where specimens of shell length below 15 mm were recorded during all year. Several nursery areas were found in different sites. A station of the Olbia Gulf presented the highest densities of juveniles found during the study ($487 \pm 368 \text{ m}^{-2}$ specimens). The cause of this variability, in addition to the different fishing effort, was the recruitment, which impacted heavily on the distribution and density of juveniles.

The growth of *Ruditapes decussatus* in the Olbia Gulf has been studied for each station because the analysis of the entire sample did not make possible the identification of different age groups. The estimates for the Von Bertalanffy model show that growth rates were marginally different in the stations. The function obtained with the average of parameters in the different station are: $K = 0.68 \pm 0.07$, $L_{\infty} = 47.02 \pm 4.32 \text{ mm}$, $t_0 = -0.17 \pm 0.11$. The shell length- high ($h = 0.6805 * l^{0.9853}$) and length-thickness ($s = 0.3876 * l^{1.1176}$) relationship has shown a growth not perfectly linear.

The mortality function for the *Ruditapes decussatus* in the Olbia gulf is $N^{(t+1)} = 204.27 * e^{(-1.3509 t)}$.

The sediment in all sites was mainly sandy. The granulometry of sites was statistically different for all comparisons (χ^2 test, $P < 0,01$). A univocal correlation between density of

Ruditapes decussatus and granulometry was not found while exist, in the Olbia Gulf, a strong significant negative correlation between the fraction “fine silt” and the growth constant K.

Ruditapes philippinarum was found in S. Gilla lagoon and in the Olbia gulf. In this site it has reached 19% of the total number of two species. In the gulf *Ruditapes philippinarum* is distributed everywhere but not in all seasons; the density and the shell length are statically different in the sampling stations except in winter (Kruskall-Wallis test $P < 0,01$). The maximum of density for station was 106 ± 83 specimens in spring. The juveniles below 15 mm were present mainly in spring and summer, especially in a river mouth.

The research has picked out the good situation of *Ruditapes decussatus* in Sardinia island in respect to other countries were *Ruditapes philippinarum* has almost replaced *Ruditapes decussatus*. The settlement of *Ruditapes philippinarum* in some Sardinian sites need some precaution because the allochthonous species are not diffused to avoid a dangerous competition against the autochthonous species.

**DINAMICA DI POPOLAZIONE DI *RUDITAPES DECUSSATUS* (L)
E INSEDIAMENTO DI *RUDITAPES PHILIPPINARUM* (ADAMS&REEVE)
IN SARDEGNA (ITALIA)**

INDICE

1. PREMESSA	10
1.1 Le specie studiate.....	13
1.1.1 Aspetti generali.....	13
1.2 Biologia dei bivalvi con particolare riferimento a <i>Ruditapes</i> spp.....	15
1.2.1 Anatomia e fisiologia.....	15
1.2.2 Riproduzione e sviluppo.....	17
1.2.3 Altre differenze bio-ecologiche.....	23
1.3 La pesca e l'allevamento.....	25
1.3.1 La normativa sulla pesca.....	25
1.3.2 Gli attrezzi da pesca.....	25
1.3.3 L'allevamento.....	30
2 OBIETTIVI DELLA RICERCA	31
3 MATERIALI E METODI	31
4 RISULTATI	36
4.1 Descrizione dei siti d'indagine.....	36
4.1.1 Golfo di Olbia (OT).....	36
4.1.2 Stagno di Tortoli (OG).....	41
4.1.3 Stagno di San Giovanni (CA).....	46
4.1.4 Stagno di Santa Gilla (CA).....	49
4.1.5 Valle di Marceddì e stagno Corru s'ittiri (OR).....	53
4.1.6 Stagno del Calich (SS).....	60
4.2 Le produzioni di <i>Ruditapes decussatus</i> in Sardegna.....	64
4.3 Distribuzione e densità di <i>Ruditapes decussatus</i> in Sardegna.....	65
4.3.1 Golfo di Olbia (OT).....	65
4.3.2 Stagno di Tortoli (OG).....	67
4.3.3 Stagno San Giovanni (CA).....	68
4.3.4 Stagno di Santa Gilla (CA).....	70
4.3.5 Valle di Marceddì (OR).....	71
4.3.6 Stagno Corru s'ittiri (OR).....	74
4.3.7 Stagno del Calich (SS).....	76
4.3.8 Confronto della densità tra i diversi siti.....	77
4.4 Struttura di popolazione di <i>Ruditapes decussatus</i> in Sardegna.....	79
4.4.1 Golfo di Olbia (OT).....	79
4.4.2 Stagno di Tortoli (OG).....	82
4.4.3 Stagno di San Giovanni (CA).....	85
4.4.4 Stagno di Santa Gilla (CA).....	87
4.4.5 Valle di Marceddì (OR).....	90
4.4.6 Stagno Corru s'ittiri (OR).....	93

4.4.7	Stagno del Calich	96
4.4.8	Confronto della struttura di popolazione tra i diversi siti	99
4.5	Accrescimento e mortalità di <i>R. decussatus</i>	102
4.5.1	Accrescimento	102
4.5.2	Mortalità.....	105
4.6	Influenza del sedimento sulle popolazioni di <i>R. decussatus</i>	106
4.7	Insediamiento di <i>Ruditapes philippinarum</i> in Sardegna e distribuzione in rapporto a <i>Ruditapes decussatus</i>	109
4.7.1	Distribuzione e densità di <i>Ruditapes philippinarum</i> nel golfo di Olbia.....	109
4.7.2	Struttura della popolazione	111
4.7.3	<i>R. decussatus</i> e <i>R. philippinarum</i> nel golfo di Olbia	113
5	DISCUSSIONE	116
5.1	Distribuzione e abbondanza.....	116
5.2	Struttura di Popolazione di <i>Ruditapes decussatus</i>	118
5.3	Accrescimento e mortalità	124
5.4	Influenza del sedimento	127
5.5	Insediamiento di <i>Ruditapes philippinarum</i>	127
6	CONCLUSIONI.....	129
7	BIBLIOGRAFIA	132

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Produzione mondiale d’acquacoltura di <i>Ruditapes philippinarum</i>	11
Figura 2 – Collocazione sistematica di <i>R. decussatus</i> e <i>R. philippinarum</i>	13
Figura 3 – Impronta palleale in <i>Ruditapes decussatus</i> e <i>Ruditapes philippinarum</i>	14
Figura 4 – <i>Ruditapes decussatus</i> (Rd) riconoscibile per i sifoni completamente separati, e <i>Ruditapes philippinarum</i> (Rp)	15
Figura 5 – Anatomia di <i>Ruditapes</i> spp.. da ww.FAO.org, modificato da Cesari & Pellizzato, 1990	16
Figura 6 – Diagramma delle fasi di sviluppo di <i>R. decussatus</i> dallo stadio larvale al giovanile con l’integrazione dei modelli di crescita, mortalità e del successo nell’insediamento (da Chicaro & Chicaro, 2001)	22
Figura 7 - Rasca a motore o “ rusca” (Immagine tratta da Cannas <i>et al.</i> , 2008)	26
Figura 8 – Rastrello per molluschi utilizzato nella stagno di San Giovanni di Muravera (CA)	28
Figura 9 - Rastrello per molluschi e setaccio utilizzati nello stagno di Santa Gilla (CA)	28
Figura 10 - Pesca manuale col coltello utilizzata nella marineria di Marceddi (OR).....	29
Figura 11 – Localizzazione dei siti d’indagine (Immagine tratta da Google Earth, modificata)	32
Figura 12 - Golfo di Olbia (OT): stazioni di rilevamento. Immagine Google Earth, modificata	37
Figura 13 - Valori giornalieri e cumulati delle precipitazioni misurate nel periodo ottobre 2008 – aprile 2009, stazione di Luras (OT). Raffronto con la precedente stagione piovosa e con i percentili dei cumulati calcolati sulla serie storica 1961-1990. (Arpas, 2009)	38
Figura 14 - Golfo di Olbia, Sos tramezzos (OT) - Temperatura media (●) - anni 2003-2006 CEDOC Regione Sardegna)	39
Figura 15 - Golfo di Olbia, Sos tramezzos (OT) - Salinità media (PSU) (●) - anni 2003-2006). CEDOC Regione Sardegna)	39
Figura 16 - Golfo di Olbia, Sos tramezzos (OT) Concentrazioni medie di Clorofilla a (●) ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) - anni 2003-2006 (CEDOC Regione Sardegna).	40
Figura 17 – Tessitura del sedimento nelle stazioni di prelievo. Golfo di Olbia, primavera 2009 (Classificazione U.S.D.A., Soil Survey Division Staff - 1993).....	41
Figura 18 – Stagno di Tortolì, localizzazione delle stazioni di rilevamento.	42
Figura 19 - Valori giornalieri e cumulati delle precipitazioni misurate nel periodo ottobre 2008 – aprile 2009, stazione di Ierzu (OG). Raffronto con la precedente stagione piovosa e con i percentili dei cumulati calcolati sulla serie storica 1961-1990 (Arpas, 2009).	43
Figura 20 – Temperatura nelle stazioni di rilevamento nello Stagno di Tortolì (OT).....	44
Figura 21 - Salinità (psu) nelle stazioni di rilevamento nello stagno di Tortolì (OT)	44
Figura 22 – Concentrazioni di clorofilla a e di feofitina a nello stagno di Tortolì (OG) giugno 2003-marzo 2004. Tratto da Cannas <i>et al.</i> , 2005.....	45
Figura 23 - Tessitura del sedimento nelle stazioni di prelievo. Stagno di Tortolì (OG), primavera 2009 (classificazione U.S.D.A., Soil Survey Division Staff - 1993)	46
Figura 24 - Stagno San Giovanni (Muravera, CA): stazioni di rilevamento.	47
Figura 25 – Concentrazioni medie di clorofilla a (●) ($\mu\text{g}/\text{l}$) nello stagno di San Giovanni di Muravera (CA).....	48

Figura 26 - Tessitura del sedimento nelle stazioni di prelievo. Stagno di San Giovanni (CA) , primavera 2009 (classificazione U.S.D.A., Soil Survey Division Staff - 1993).....	49
Figura 27 - Stagno di Santa Gilla (CA) : stazioni di rilevamento.....	52
Figura 28 - Tessitura del sedimento nelle stazioni di prelievo. Stagno di Santa Gilla (CA), primavera 2009 (classificazione U.S.D.A., Soil Survey Division Staff - 1993)	53
Figura 29 - Valle di Marceddi (OR) Localizzazione delle stazioni di prelievo.....	54
Figura 30 – Stagno di Corru s’ittiri (OR): stazioni di rilevamento.....	55
Figura 31 - Stagno Corru s’ittiri (OR) - Temperatura media mensile (●) (°C) anni 2002-2008 (CEDOC Regione Sardegna).....	57
Figura 32 - Stagno Corru s’ittiri (OR) - Salinità media mensile (●) (psu) anni 2002-2008 (CEDOC Regione Sardegna).....	57
Figura 33 - Stagno Corru s’ittiri (OR) - Concentrazioni medie di clorofilla a (●) (µg/l) anni 2002-2008 (Medie, indicate dai circoli, eseguite sui dati disponibili nel CEDOC regione Sardegna).....	57
Figura 34 - Valori giornalieri e cumulati delle precipitazioni misurate nel periodo ottobre 2008 – aprile 2009, stazione di Milis (OR). Raffronto con la precedente stagione piovosa e con i percentili dei cumulati calcolati sulla serie storica 1961-1990. (Arpas, 2009)	58
Figura 35 - Tessitura del sedimento nelle stazioni di prelievo. Valle di Marceddi(OR), primavera 2009 (classificazione U.S.D.A., Soil Survey Division Staff - 1993)	59
Figura 36 – Stagno del Calich (SS) : stazioni di rilevamento.....	61
Figura 37 - Valori giornalieri e cumulati delle precipitazioni misurate nel periodo ottobre 2008 – aprile 2009, stazione di Olmedo (SS) . Raffronto con la precedente stagione piovosa e con i percentili dei cumulati calcolati sulla serie storica 1961-1990. (Arpas, 2009)	61
Figura 38 – Laguna del Calich: Temperatura sul fondo, Salinità e Clorofilla a, anno 2007	62
Figura 39 - Tessitura del sedimento nelle stazioni di prelievo.Stagno del Calich (SS) , primavera 2009 (classificazione U.S.D.A., Soil Survey Division Staff - 1993)	63
Figura 40 - Produzione di <i>Ruditapes decussatus</i> dal 1979 al 2007.	65
Figura 41 - Densità di <i>Ruditapes decussatus</i> per stagione ($n \cdot m^{-2}$). Golfo di Olbia, autunno 2008 – estate 2009.	66
Figura 42 - Densità di <i>Ruditapes decussatus</i> ($n \cdot m^{-2}$) per stagione e stazione. Stagno di Tortolì, autunno 2008 – estate 2009	68
Figura 43 - Densità di <i>Ruditapes decussatus</i> ($n \cdot m^{-2}$). Stagno San Giovanni (CA) autunno 2008 – estate 2009.	70
Figura 44 – Densità di <i>Ruditapes decussatus</i> per stagione ($n \cdot m^{-2}$). Stagno di Santa Gilla (CA) - autunno 2008 – estate 2009.....	71
Figura 45 – Densità di <i>Ruditapes decussatus</i> ($n \cdot m^{-2}$). Valle di Marceddi, autunno 2008 – estate 2009	73
Figura 46 - Densità di <i>Ruditapes decussatus</i> ($n \cdot m^{-2}$). Stagno di Corru s’ittiri, autunno 2008 – estate 2009 (Il rilevamento nella stazione 4 riguarda esclusivamente la primavera e l’estate).....	75
Figura 47 –Densità di <i>Ruditapes decussatus</i> nelle stazioni di rilevamento per stagione. Laguna del Calich, autunno 2008 – estate 2009	77
Figura 48 – Distribuzione delle frequenze della lunghezza oro-aborale della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> . Golfo di Olbia Autunno 2008, estate 2009.....	79

Figura 49 - Distribuzione in classi di lunghezza oro-aborale della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> per stagione e stazione di rilevamento ($n \cdot m^{-2}$). Golfo di Olbia, autunno 2008 – estate 2009	81
Figura 50 - Distribuzione delle frequenze della lunghezza oro-aborale della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> . Stagno di Tortoli,, autunno 2008 - estate 2009	82
Figura 51 -Distribuzione in classi di lunghezza oro-aborale della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> per stagione. Stagno di Tortoli (OG), autunno 2008 – estate 2009	83
Figura 52 - Distribuzione in classi di lunghezza oro-aborale della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> per stagione e stazione di rilevamento. Stagno di Tortoli (OG), autunno 2008 – estate 2009.	84
Figura 53 - Distribuzione delle frequenze della lunghezza oro-aborale della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> . Stagno di San Giovanni (CA), autunno 2008 - estate 2009.	85
Figura 54 - <i>Ruditapes decussatus</i> –Frequenza delle classi di lunghezza nelle quattro stagioni. Stagno di San Giovanni (CA), autunno 2008-estate 2009	86
Figura 55 - Distribuzione delle classi di lunghezza di <i>Ruditapes decussatus</i> ($n \cdot m^{-2}$) per stazione di rilevamento. Stagno San Giovanni(CA), autunno2008 - estate 2009... ..	87
Figura 56 - Distribuzione delle frequenze della lunghezza oro-aborale della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> . Autunno: pescato commerciale. Altre stagioni: campionamenti casuali. Stagno di Santa Gilla, (CA), autunno 2008 – estate 2009.	88
Figura 57 - Frequenza assoluta delle classi di lunghezza della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> per stagione ($n \cdot m^{-2}$). Stagno di Santa Gilla (CA) autunno 2008 – estate 2009	89
Figura 58 - Distribuzione delle classi di lunghezza di <i>Ruditapes decussatus</i> ($n \cdot m^{-2}$) per stazione di rilevamento. Stagno di Santa Gilla (CA), autunno 2008 – estate 2009.. ..	90
Figura 59 – Media, deviazione standard e intervallo di confidenza della lunghezza oro-aborale. della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> . Valle di Marceddi (OR), autunno 2008-estate 2009.	91
Figura 60 –Frequenza assoluta delle classi di lunghezza della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> per stagione ($n \cdot m^{-2}$). Valle di Marceddi (OR), autunno 2008 – estate 2009	92
Figura 61 - Distribuzione delle classi di lunghezza di <i>Ruditapes decussatus</i> ($n \cdot m^{-2}$) per stazione di rilevamento. Valle di Marceddi (OR), autunno 2008 – estate 2009.	92
Figura 62 - Distribuzione delle frequenze della lunghezza oro-aborale della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> . Stagno Corru s’ittiri (OR), autunno 2008-estate 2009.	93
Figura 63 – Frequenza assoluta delle classi di lunghezza della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> per stagione ($n \cdot m^{-2}$) Stagno Corru S’ittiri (OR), autunno 2008 – estate 2009	94
Figura 64 - Distribuzione delle classi di lunghezza di <i>Ruditapes decussatus</i> ($n \cdot m^{-2}$) per stazione di rilevamento. Stagno di Corru s’ittiri (OR), autunno 2008 – estate 2009.	95
Figura 65 - Distribuzione delle frequenze della lunghezza oro-aborale della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> Stagno di Calich (SS), autunno 2008 – estate 2009.	96
Figura 66 - Frequenza assoluta delle classi di lunghezza della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> per stagione ($n \cdot m^{-2}$) Stagno del Calich (SS), autunno 2008 – estate 2009	97
Figura 67 – Frequenza delle classi di lunghezza della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> per stagione ($n \cdot m^{-2}$). Stagno del Calich (SS), autunno 2008-estate 2009.....	98
Figura 68 - Distribuzione in classi di lunghezza della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> . Primavera2008 - estate 2009.....	101

Figura 69 - Curve di accrescimento ottenute attraverso l'applicazione del modello di Von Bertalanffy nelle diverse stazioni di rilevamento.....	102
Figura 70 – Equazioni di regressione e coefficiente di determinazione R^2 calcolati tra la lunghezza oro-aborale della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> e le altre dimensioni. Golfo di Olbia, autunno 2008 – estate 2009.	104
Figura 71 - Equazione di regressione tra la lunghezza oro-aborale (mm) il Peso vivo (g) della conchiglia di <i>R. decussatus</i> dello stagno di Santa Gilla.....	104
Figura 72 – <i>Ruditapes decussatus</i> : Equazione di mortalità ($N = n \cdot m^{-2}$, $t = \text{anni}$) e coefficiente di determinazione R^2 . Golfo di Olbia (OT) , primavera 2009	105
Figura 73 – Composizione del sedimento nei siti di studio.....	106
Figura 74 - Classificazione U.S.D.A. del sedimento in tutti i siti studiati.....	107
Figura 75 - Densità di <i>Ruditapes philippinarum</i> ($n \cdot m^{-2}$) per stagione (autunno: solo stazioni da 1 a 6). Golfo di Olbia, autunno 2008 – estate 2009.....	110
Figura 76 -: Distribuzione in classi di lunghezza di <i>Ruditapes philippinarum</i> per stagione.	111
Figura 77 – Distribuzione in classi di lunghezza della conchiglia di <i>R. philippinarum</i> . 112	
Figura 78 - Densità percentuale di <i>R. decussatus</i> e <i>R. philippinarum</i> nelle diverse stagioni – Golfo di Olbia, autunno 2008 – estate 2009	113
Figura 79 - Ripartizione in classi di lunghezza degli esemplari di <i>R. decussatus</i> e <i>R. philippinarum</i> catturati nei campionamenti casuali. Golfo di Olbia - autunno 2008 - estate 2009.	114
Figura 80 - Ripartizione percentuale delle diverse classi di lunghezza di <i>Ruditapes decussatus</i> e <i>Ruditapes philippinarum</i> (somma delle due specie).....	114
Figura 81 - Distribuzione percentuale delle diverse classi di lunghezza di <i>R. decussatus</i> (R_d) e <i>R. philippinarum</i> (R_p) nelle diverse stagioni. Golfo di Olbia, autunno 2008 - estate 2009.	115
Figura 82 - Distribuzione in classi di frequenza della lunghezza della conchiglia di <i>R. decussatus</i> nel golfo di Olbia (OT) nei prelievi della primavera ed estate 2009..	120
Figura 83 - Temperature medie mensili (°C) nel golfo di Olbia (dati CEDOC Regione Sardegna, staz 4, media 2003-2006) e temperature rilevate in Ria Formosa (Portogallo) da Chicharo & Chiaro (2001) nel maggio – dicembre 1990 – gennaio – aprile 1991.	122

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Stima del pescato di <i>Tapes decussatus</i> in Sardegna. (Santa Gilla, Olbia e Marceddì: rilevamento del marzo 2006 – febbraio 2007. Altre concessioni: stima sulla media di vari anni dal 1996 al 2006). (Cannas <i>et al.</i> , 2008).	12
Tabella 2 - Riferimenti bibliografici relativi al periodo riproduttivo di <i>R. decussatus</i> ...	20
Tabella 3 - Riferimenti bibliografici relativi al periodo riproduttivo di <i>R. philippinarum</i> .	21
Tabella 4 - Riferimenti bibliografici sulle temperature di deposizione di <i>R. decussatus</i> .	21
Tabella 5 – Riferimenti bibliografici sulle temperature di deposizione di <i>R. philippinarum</i>	22
Tabella 6 - Scala di riferimento, in mm, per la classificazione delle frazioni granulometriche del sedimento. (SISS, 1985).	34
Tabella 7 – Granulometria e scheletro del sedimento nel golfo di Olbia in g*kg ⁻¹ (Scala U.S.D.A., Soil Survey Division Staff - 1993).....	41
Tabella 8 - Granulometria e scheletro del sedimento in g*kg ⁻¹ (Scala U.S.D.A.) dello stagno di Tortoli (OG)	46
Tabella 9 - Granulometria e classificazione del sedimento in g*kg ⁻¹ (Scala U.S.D.A.) dello	49
Tabella 10 - Granulometria e scheletro del sedimento dello stagno di Santa Gilla (CA) in g*kg ⁻¹ (Scala U.S.D.A., Soil Survey Division Staff - 1993)	53
Tabella 11 - Granulometria e scheletro della Valle di Marceddì (OR) in g*kg ⁻¹ (Scala U.S.D.A., Soil Survey Division Staff - 1993).....	59
Tabella 12 - Granulometria e scheletro del sedimento dello stagno Corru s'ittiri (OR) in g*kg ⁻¹ (Scala U.S.D.A., Soil Survey Division Staff - 1993).....	59
Tabella 13 - Granulometria e classificazione del sedimento dello stagno del Calich in g*kg ⁻¹	63
Tabella 14 – Media, deviazione standard e intervallo di confidenza (metodo Bootstrap) della densità di <i>Ruditapes decussatus</i> per replica (n*m ⁻²). Golfo di Olbia, autunno 2008 – estate 2009.	66
Tabella 15 – Test di Kruskal-Wallis sulle densità medie di <i>R. decussatus</i> per stazione. Golfo di Olbia, autunno 2008 – estate 2009.	67
Tabella 16 - Media, deviazione standard e intervallo di confidenza (metodo Bootstrap) della densità di <i>Ruditapes decussatus</i> per replica (n*m ⁻²). Stagno di Tortoli, autunno 2008 – estate 2009	67
Tabella 17 - Media, deviazione standard e intervallo di confidenza (metodo Bootstrap) della densità di <i>Ruditapes decussatus</i> per replica (n*m ⁻²). Stagno san Giovanni di Muravera (CA), autunno 2008– estate 2009.....	69
Tabella 18 - Media, deviazione standard e intervallo di confidenza (metodo Bootstrap) della densità di <i>Ruditapes decussatus</i> per replica (n*m ⁻²). Stagno di Santa Gilla (CA), autunno 2008 – estate 2009	70
Tabella 19 - Media, deviazione standard e intervallo di confidenza (metodo Bootstrap) della densità di <i>Ruditapes decussatus</i> per replica (n*m ⁻²). Valle di Marceddì , autunno 2008 – estate 2009.	72
Tabella 20 - Media, deviazione standard e intervallo di confidenza (metodo Bootstrap) della densità di <i>Ruditapes decussatus</i> per replica (n*m ⁻²). Stagno di Corru s'ittiri, autunno 2008 – estate 2009	75
Tabella 21 - Media, deviazione standard e intervallo di confidenza (metodo Bootstrap) della densità di <i>Ruditapes decussatus</i> per replica (n*m ⁻²). Stagno del Calich, autunno 2008 – estate 2009	76

Tabella 22 – Risultati del test di Mann-Withney sul confronto delle medie delle densità ($n \cdot m^{-2}$) rilevata nelle repliche per stagno ($P < 0,01$; *: $P < 0,05$).	78
Tabella 23 - Media deviazione standard e intervallo di confidenza della lunghezza oroborale della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> . Golfo di Olbia, autunno 2008 – estate 2009	80
Tabella 24 - Lunghezza della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> per stagione: differenza tra le stazioni di prelievo, Risultato del test di Kruskal Wallis. Stagno del Calich, autunno 2008 - estate 2009.	80
Tabella 25 – Media, deviazione standard e intervallo di confidenza della lunghezza oroborale della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> . Stagno di Tortoli, autunno 2008 – estate 2009.	83
Tabella 26 - Lunghezza della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> per stagione: differenza tra le stazioni di prelievo, Risultato del test di Kruskal Wallis. Stagno di Tortoli (OG), autunno 2008 -estate 2009.....	83
Tabella 27 – Media, deviazione standard e intervallo di confidenza della lunghezza oroborale della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> . Stagno di San Giovanni (CA) autunno 2008 – estate 2009	86
Tabella 28 - Lunghezza della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> per stagione: differenza tra le stazioni di prelievo, Risultato del test di Kruskal Wallis. Stagno di San Giovanni (CA), autunno 2008 - estate 2009.	86
Tabella 29 – Media, deviazione standard e intervallo di confidenza della lunghezza oroborale della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> . Stagno di Santa Gilla (CA), autunno 2008 – estate 2009.	89
Tabella 30 - Lunghezza della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> per stagione: differenza tra le stazioni di prelievo, Risultato del test di Kruskal Wallis. Stagno di Santa Gilla (CA), autunno 2008 -estate 2009.....	89
Tabella 31 - Media, deviazione standard e intervallo di confidenza della lunghezza oroborale della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> . Valle di Marceddi (OR) autunno 2008 – estate 2009	91
Tabella 32 - Lunghezza della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> per stagione: differenza tra le stazioni di prelievo, risultato del test di Kruskal Wallis. Valle di Marceddi (OR), autunno 2008 -estate 2009.....	92
Tabella 33 - Media, deviazione standard e intervallo di confidenza della lunghezza oroborale della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> Stagno Corru s’ittiri (OR), autunno 2008 - estate 2009.	94
Tabella 34 - Lunghezza della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> per stagione: differenza tra le stazioni di prelievo, Risultato del test di Kruskal Wallis. Stagno Corru s’ittiri (OR), autunno 2008 -estate 2009.....	94
Tabella 35 – Media, deviazione standard e intervallo di confidenza della lunghezza oroborale della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> . Stagno di Calich (SS), autunno 2008 – estate 2009.	97
Tabella 36 - Lunghezza della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> per stagione: differenza tra le stazioni di prelievo, Risultato del test di Kruskal Wallis. Stagno del Calich (SS), autunno 2008 -estate 2009.....	97
Tabella 37 - Probabilità risultante dal test χ^2 applicato alla distribuzione delle classi di frequenza della lunghezza della conchiglia di <i>Ruditapes decussatus</i> nelle diverse stagioni. In grassetto, gli incroci in cui una o più differenze non sono significative $P < 0,01$	100

Tabella 38 - Parametri dell'equazione di Von Bertalanffy calcolati col metodo Battacharia. Per la stazione 3 non è riportato l'errore standard (ES) in quanto è stato usato il metodo Elefan (Software: FISAT II (Gayanilo <i>et al.</i> , 2005)	102
Tabella 39 - Media e intervallo di confidenza dei parametri dell'equazione di Von Bertalanffy ottenute nelle diverse stazioni di rilevamento.....	103
Tabella 40 – Coefficienti di correlazione tra le diverse frazioni del sedimento e la densità nelle repliche ($n \cdot m^{-2}$) di <i>R. decussatus</i>	107
Tabella 41 – Media, deviazione standard e intervallo di confidenza del numero di esemplari per replica di <i>Ruditapes philippinarum</i> (metodo bootstrap). Golfo di Olbia, autunno 2008 – estate 2009.....	110
Tabella 42 - Densità di <i>Ruditapes philippinarum</i> per stazione - Test di Kruskal –Wallis. Golfo di Olbia, autunno 2008 – estate 2009	111
Tabella 43 – Densità massime di <i>Ruditapes decussatus</i> ($n \cdot m^{-2}$) rilevate tra le stazioni nei diversi siti durante l'anno di campionamento (Primavera – estate 2009).....	116

INDICE DEGLI ALLEGATI

Allegato 1 - Date dei rilevamenti.....	141
Allegato 2 -Coordinate geografiche delle stazioni di prelievo	142
Elenco delle pubblicazioni di Alessandra Cannas.....	143
Ringraziamenti.....	145

1. PREMESSA

Tra i molluschi di interesse commerciale presenti nelle acque mediterranee, il genere *Ruditapes* occupa un posto di notevole importanza. Esso è noto col nome di “vongola verace” o localmente “arsella” vista la difficoltà nel riconoscere le specie che vi appartengono per un consumatore privo di competenze specialistiche.

Oggi in Italia il genere *Ruditapes* è rappresentato prevalentemente da due specie fossorie, rinvenibili nei fondali della zona intertidale e subtidale. *Ruditapes decussatus* è la specie autoctona, diffusa nel Mediterraneo, nel Mar Rosso e lungo le coste euro-africane, dalle Isole Britanniche al Senegal. E' presente inoltre lungo le coste atlantiche orientali, dall'estremità settentrionale delle isole Lofoten fino alla Mauritania e nelle coste britanniche.

Ruditapes philippinarum, endemica in Giappone, Corea e Filippine, è stato introdotto accidentalmente nel 1930 in Nord America; in seguito sono avvenute numerose immissioni volontarie, in particolare in Francia nel 1972, poi in UK e Irlanda nel 1980 e 82 rispettivamente. Agli inizi degli anni 80 la specie è stata introdotta anche in Italia nella Laguna di Venezia, quindi nel 1986 si sono avute le prime semine nella Sacca di Goro e nella Laguna di Marano (Orel G. *et al*, 1995) per verificarne le capacità di adattamento a scopo di allevamento. Nelle acque italiane oggi la specie si è del tutto acclimatata, poiché, dopo circa otto anni dalla sua introduzione, ha iniziato a riprodursi naturalmente, dapprima in aree della laguna veneziana diverse da quelli in cui era stata introdotta, in seguito nel Delta del Po grazie allo spostamento delle larve per effetto delle correnti marine. Un simile insediamento naturale, così veloce e consistente in quasi tutte le lagune deltizie dell'alto Adriatico, non si è verificato in nessun'altra parte d' Europa.

La specie è stata introdotta anche negli stagni costieri della Sardegna, Toscana e Lazio. Le semine non hanno dato ovunque gli stessi risultati: infatti, ad esempio, i tentativi effettuati in Sardegna non hanno avuto effetti rimarcabili e, fino al 2006, *Ruditapes decussatus* era pressoché l'unica specie pescata nell'isola (Cannas *et al.*, 2008).

Il genere *Ruditapes* è uno dei più allevati al mondo ed è il quinto, in termini di quantità allevate, tra tutti i prodotti dell'acquacoltura mondiale (FAO, 2009). La maggior parte delle produzioni provengono dalla Cina e *R. philippinarum* contribuisce al 91% della produzione totale delle due specie (Gosling, 2003).

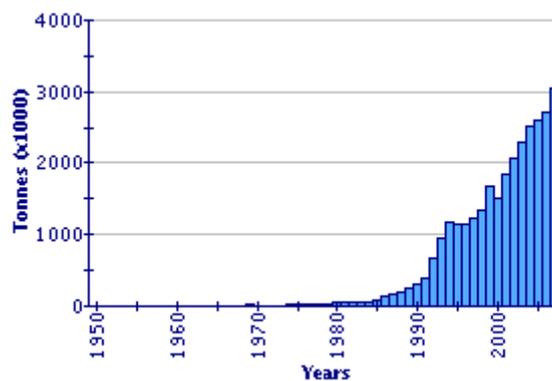


Figura 1 – Produzione mondiale d’acquacoltura di *Ruditapes philippinarum* (FAO Fishery Statistics)

La produzione di vongola filippina mostra una crescita esponenziale (Figura 1); nel 2007 ne sono state prodotte oltre 3.000.000 di tonnellate per un valore complessivo di quasi 3 miliardi di dollari (FAO Fishery Statistics, 2010).

Per quanto riguarda l’Europa, la vongola verace è allevata soprattutto in Francia, in Spagna ed in Italia, ove nel 2008 ne sono state pescate 50.000 tonnellate per un valore complessivo di 185 milioni di euro (Castiglione *et al.*, 2009).

Ruditapes decussatus è ora soggetto ad una serie di minacce legate sia all’inquinamento, sia alla sottrazione d’aree dovute alla destinazione ad altri usi, prevalentemente portuali, sia all’introduzione nel suo habitat naturale di specie alloctone, in particolare della vongola filippina. Alcuni autori sostengono, infatti, che, dove è stata introdotta, la specie alloctona abbia sostituito la specie nostrana (Casale M. *et al.*, 2001; Giovanardi *et al.*, 2002 e altri autori). Altri ritengono invece che la diffusione della filippina sia avvenuta nelle aree lasciate libere dall’autoctona, in seguito a morie dovute a eventi patologici (Pellizzato, comunicazione personale) e, in effetti, esperimenti di laboratorio non hanno permesso di rilevare alcuna inibizione della crescita e della sopravvivenza della specie alloctona sulla nostrana (Rossi 1996).

In Sardegna, fino al 2008 era stato segnalato soltanto il *Ruditapes decussatus*, che costituisce un tradizionale prodotto della pesca degli stagni costieri, in particolare delle grandi lagune salmastre dell’area cagliaritano, oristanese e del golfo di Olbia. Più che una vera e propria attività di venericoltura, nell’isola esiste la raccolta di vongola verace dai banchi naturali; solo in pochi di essi hanno luogo saltuarie operazioni gestionali, quali ad esempio l’aratura del fondo, che possono far avvicinare questa attività a una forma sia pur rudimentale di allevamento. Il reclutamento è naturale e le poche semine

effettuate sono state sporadiche in quanto avevano fundamentalmente carattere sperimentale.

Riguardo alle quantità raccolte nell'isola, le conoscenze sulle produzioni di *R. decussatus* sono molto scarse ed esse derivano per lo più dalle statistiche del pescato commerciale. Il censimento Unimar (Prioli, 2001) stima la produzione annua dell'anno 1999 in 125 tonnellate riferite alle quantità ufficialmente vendute, mentre Cannas *et al.*, (2008) tramite un rilevamento sul pescato, hanno stimato per il 2006 una produzione di 192 tonnellate, pari a rese di 232 kg*ha⁻¹. Questi differenti valori sono legati al fatto che una elevata quota di prodotto passa attraverso canali commerciali non convenzionali.

Tabella 1 - Stima del pescato di *Tapes decussatus* in Sardegna. (Santa Gilla, Olbia e Marceddi: rilevamento del marzo 2006 – febbraio 2007. Altre concessioni: stima sulla media di vari anni dal 1996 al 2006). (Cannas *et al.*, 2008).

Area	t	kg/ha
Santa Gilla	86,7	666,92
Olbia	80,3	365,00
Marceddi	18,4	248,65
Altre concessioni	6,7	16,54
TOTALE	192,1	231,72

Nonostante il pregio elevato, gli studi scientifici sugli stock isolani sono ancora limitati. Questa ricerca ha pertanto l'obiettivo di migliorare le conoscenze sulle popolazioni di *Ruditapes decussatus* in Sardegna, al fine di trarre delle indicazioni gestionali per attuare una pesca sostenibile di questa importante risorsa.

In corso d'opera, dal momento che si è rilevato l'insediamento di *R. philippinarum* nel Golfo di Olbia (Cannas *et al.*, 2010), si è ritenuto opportuno includere nella ricerca anche questa ultima specie.

1.1 Le specie studiate

1.1.1 Aspetti generali

Ruditapes decussatus e *Ruditapes philippinarum* sono molluschi filtratori. Si tratta di bivalvi appartenenti alla famiglia dei Veneridi che, con oltre 400 specie diffuse in tutto il mondo, sono noti come molluschi eduli. Le vongole più importanti sotto il profilo commerciale presenti nei mari italiani appartengono alle seguenti sottofamiglie: Venerinae, Chioninae, Dosiniinae, Pitarinae, Tapetinae (Cesari & Pellizzato, 1990). In quest'ultimo raggruppamento si collocano le specie più abbondanti del genere *Ruditapes* presenti nelle acque mediterranee, *R. decussatus* e *R. philippinarum*. La Tabella 1 ne riporta la posizione sistematica.

Le due specie, molto simili e indistinguibili per il consumatore medio, si differenziano per alcuni aspetti morfologici e anatomici. Da un primo esame della conchiglia si nota, nella filippina, la presenza di un guscio più tondeggiante e robusto, con sculture più evidenti rispetto alla conchiglia della specie nostrana. Entrambe mostrano un elevato polimorfismo cromatico, più accentuato in *R. philippinarum*.

La lunghezza massima per ambedue le specie è pari a circa 75 mm (Gosling, 2003). Sotto il profilo biometrico, a parità di lunghezza le veraci nostrane hanno uno spessore inferiore rispetto alle filippine, ma va tenuto presente che le condizioni ambientali possono condizionare la forma e l'aspetto della conchiglia.

Figura 2 – Collocazione sistematica di *R. decussatus* e *R. philippinarum*

Classe	BIVALVIA	LINNEO, 1758
Sottoclasse	HETERODONTA	NEUMAYR, 1884
Ordine	VENEROIDA	H. & ADAMS, 1815
Superfamiglia	VENEROIDEA	RAFINESQUE, 1815
Famiglia	VENERIDAE	RAFINESQUE, 1815
Sottofamiglia	TAPETINAE	GRAY, 1815
Genere	RUDITAPES	VON MUEHLFELD, 1811
Specie	DECUSSATUS	(LINNEO, 1758)
Specie	PHILIPPINARUM	(ADAMS & REEVE, 1850)

La conchiglia della specie filippina è più resistente e quindi meno soggetta a danneggiamenti durante la raccolta, il confezionamento e il trasporto, si rileva invece una maggiore resa in carne della specie nostrana (Geri *et al.*, 1998).

Un carattere distintivo più evidente consiste nella forma del seno palleale, visibile nella parte interna della valva (Figura 3); nella specie autoctona esso ha una forma asimmetrica, è più profondo e si avvicina alla linea mediana dorso/ventrale a volte superandola, mentre nella filippina esso è simmetrico, più corto e non supera mai la linea mediana della conchiglia.

La differenza più evidente tra le due specie riguarda però le parti molli, e in particolare la forma e la disposizione dei sifoni: nella specie autoctona essi sono ben separati, mentre nella filippina sono fusi alla base e divisi solo all'estremità (Figura 4).

Ruditapes decussatus



Ruditapes philippinarum



Figura 3 – Impronta palleale in *Ruditapes decussatus* e *Ruditapes philippinarum*.



Figura 4 – *Ruditapes decussatus* (Rd) riconoscibile per i sifoni completamente separati, e *Ruditapes philippinarum* (Rp)

1.2 Biologia dei bivalvi con particolare riferimento a *Ruditapes* spp.

1.2.1 Anatomia e fisiologia

I bivalvi sono invertebrati il cui corpo è protetto da una conchiglia composta di due valve unite da una cerniera. Le valve si aprono e si chiudono grazie all'azione di robusti muscoli, detti adduttori, normalmente in numero di due. Il corpo è compresso lateralmente e la locomozione avviene attraverso un organo, chiamato piede, che si dilata per effetto della pressione sanguigna e attraverso contrazioni ritmiche permette l'infossamento nel terreno. La cavità palleale è delimitata dal mantello, il cui margine rappresenta la sede del contatto con l'ambiente esterno e il cui lobo intermedio contiene gli organi di senso. Nelle forme fossorie e quindi nel genere *Ruditapes*, un'espansione del margine del mantello da origine a due sifoni, uno inalante e uno esalante, la cui lunghezza dipende dalla capacità fossorie della specie. I sifoni aderiscono, grazie a speciali muscoli, all'interno della conchiglia ove la linea d'attacco al margine del mantello forma il cosiddetto seno palleale.

L'alimentazione avviene mediante un processo di filtrazione. L'acqua, immessa all'interno della conchiglia attraverso il sifone inalante, è filtrata dalle branchie nella cavità del mantello. Le branchie sono formate da due serie di filamenti a forma di W e

sono divise in una camera inalante inferiore e una esalante superiore. Le ciglia, disposte sui filamenti branchiali e sull'epitelio palleale, creano una corrente d'acqua che convoglia le particelle alimentari verso la bocca. Il movimento ciliare provvede anche a convogliare i prodotti di rifiuto alla camera esalante e quindi all'esterno. Questi ultimi, agglutinati dal muco, costituiscono le pseudofeci espulse dal sifone esalante.

Il meccanismo di filtrazione dei bivalvi è molto efficace, essi possono infatti filtrare da trenta a sessanta volte il volume del loro corpo in un'ora e trattenere anche componenti dell'ultra plancton. 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 cellule di quest'ultimo organo 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.

Una caratteristica peculiare dell'apparato digerente dei bivalvi è la presenza dello stilo cristallino contenuto all'interno di un diverticolo ciliato. La funzione dello stilo è quella di liberare enzimi necessari alla digestione dei glucidi.

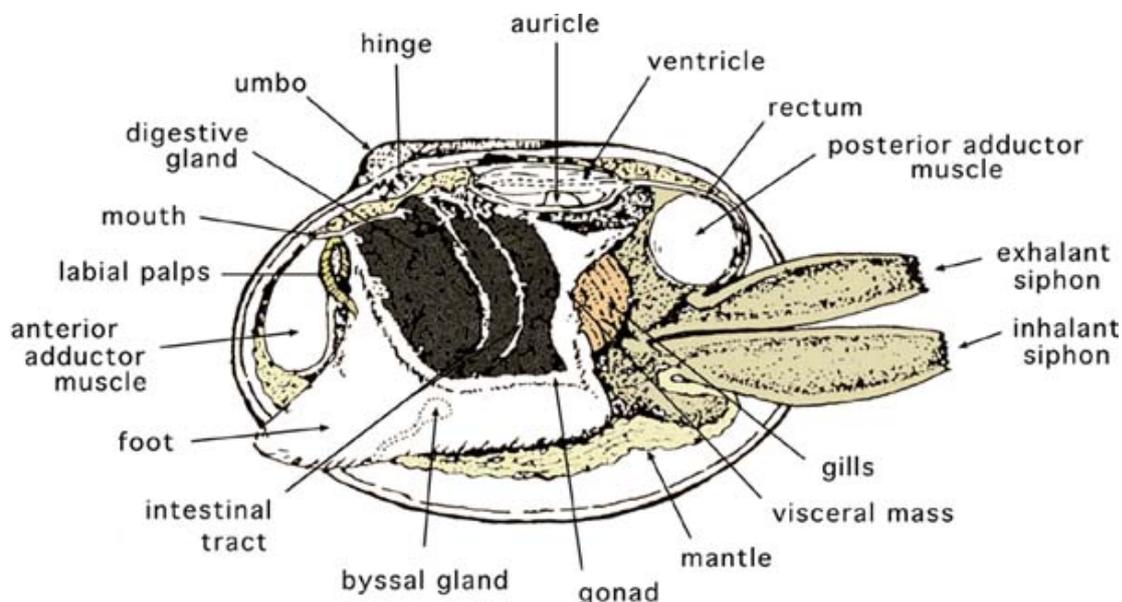


Figura 5 – Anatomia di *Ruditapes spp.* da ww.FAO.org, modificato da Cesari & Pellizzato, 1990

La circolazione è aperta. Il cuore è contenuto nel pericardio ed è formato da due

atri e un ventricolo. L'aorta, originatesi dal ventricolo, si allarga nel bulbo arterioso e si divide in due rami principali, l'arteria palleale e l'arteria viscerale, la prima che va ad irrorare il mantello, la seconda provvede alla circolazione epatica e gastrointestinale. Sono presenti numerose ramificazioni che raggiungono tutti gli organi e sfociano nei seni venosi. Prima di tornare al cuore il sangue è filtrato dal rene e solo una parte di esso entra nella circolazione branchiale.

Il mantello, permeabile ai gas disciolti in acqua, è l'organo respiratorio più importante.

Il sangue dei bivalvi in genere non contiene pigmenti respiratori e la concentrazione dell'ossigeno è uguale a quella dell'acqua circostante. Il sangue contiene delle cellule ameboidi di forma stellata in grado di uscire dalle lacune ematiche; esse svolgono un ruolo d'escrezione fagocitando particelle di rifiuto che trasportano al pericardio e al rene, e di digestione, a livello dello stomaco ingerendo particelle di cibo che digeriscono al loro interno.

Per quanto riguarda il sistema nervoso, i bivalvi non possiedono un capo differenziato. Nella parte anteriore dell'animale sono presenti due gangli cerebriformi che costituiscono un anello periesofageo. Da questo partono i cordoni nervosi che innervano il piede e i visceri.

Non esiste dimorfismo sessuale, quindi maschio e femmina sono indistinguibili esternamente; il sesso può essere determinato solo attraverso l'esame delle gonadi.

Esse sono costituite da un tessuto diffuso, di derivazione mesodermica, che circonda gli organi dell'apparato digerente. L'apparato riproduttore è costituito da un sistema di canalicoli o acini molto ramificati; i canali si uniscono in doti via via più grossi che infine confluiscono in un unico dotto escretore collegato all'uretra.

1.2.2 Riproduzione e sviluppo

Le vongole, come la maggior parte dei bivalvi, sono animali a sessi separati, salvo qualche caso d'ermafroditismo documentato in letteratura (Delgado & Pérez Camacho, 2002). La *sex ratio* non si discosta dal 50% e, solo in alcuni casi la percentuale di un sesso supera in modo significativo quella dell'altro. Questo fenomeno è stato segnalato nelle coste nord – irlandesi, (Drummond *et al.*, 2006) e in Turchia, (Gozler & Tarkan, 2000).

Secondo Fava e Meggiato (1995) le due specie presentano strutture genetiche diverse con una maggiore variabilità nella specie alloctona; ciò aveva fatto escludere la possibilità di ibridazione. Recentemente Silva *et al.*, (2006) e Hurtado *et al.*, (2011) hanno però trovato in Galizia (Spagna) ibridi delle due specie.

La fecondazione è esterna e i gameti maturi giungono nell'acqua attraverso la corrente esalante. L'emissione e l'incontro dei gameti sono controllati da una serie di fattori endogeni (neurosecrezione, genotipo) ed esogeni (temperatura dell'acqua, disponibilità di cibo, presenza di gameti nell'acqua circostante e altri) che mirano ad aumentare le probabilità di successo riproduttivo (Mistri (2007), Gallois (1977)).

Lo sviluppo di *Ruditapes spp* presenta due stadi larvali pelagici, la trocofora e il veliger. La trocofora secerne la prima conchiglia, chiamata prodissoconca I, che ha la forma della lettera D. Lo stadio successivo, il veliger, secerne la seconda conchiglia (prodossoconca II) che presenta i primi anelli di crescita.

Durante la fase planctonica, i movimenti migratori delle larve sono verticali, in funzione di diversi stimoli (luce, temperatura, disponibilità di cibo, mentre la loro dispersione orizzontale dipende essenzialmente dalle correnti.

La metamorfosi si compie quando si raggiunge la lunghezza di 0,7-0,8 mm nella vongola nostrana e più precocemente, a 0,2-0,3 mm, in quella asiatica (Vilela, 1950).

La durata della fase larvale è di 15-40 giorni in funzione delle condizioni ambientali.

In condizioni di schiuditoio, a 24-25°C, la durata dello sviluppo larvale presso lo stagno di Thau (Francia) varia tra 8 e 10 giorni (Borsa & Diter, citato da Borsa e Millet, 1992); questi ultimi autori ritengono che questa durata sia assimilabile a quella esistente in natura nelle stesse condizioni di temperatura.

1.2.2.1 Ciclo riproduttivo

Nel corso dell'anno le gonadi delle vongole subiscono una serie di trasformazioni, denominate, nel loro complesso, "ciclo riproduttivo". Le trasformazioni a cui la gonade va incontro possono essere separate in due fasi: la fase riproduttiva vera e propria, che ha inizio con la gametogenesi e si esaurisce con il raggiungimento della completa maturità della gonade; l'emissione dei gameti e la fase di riposo o vegetativa in cui le gonadi regrediscono e rimangono inattive fino all'inizio del ciclo successivo

(Mistri, 2007). Durante quest'ultima fase i follicoli sono piccoli ed il tessuto connettivo interfollicolare è invece sviluppato mentre, quando si avvia la fase riproduttiva, i follicoli si ramificano e accrescono le loro dimensioni, e la parte connettivale si riduce. (Devauchelle, 1990).

La maturazione sessuale avviene per le due specie di *Ruditapes* già in individui di piccola taglia e d'età inferiore ad un anno di vita; nel *R. decussatus* avviene fra i 10 -21 mm di lunghezza della conchiglia (Lucas, 1968); altri autori individuano una lunghezza precisa, infatti, secondo Toba *et al.*, (1992) la lunghezza minima di maturazione è di 15 mm. Nella laguna di Marceddi (Sardegna, Italia) anche Mistri (2007) ha riscontrato che la lunghezza di prima riproduzione è pari a 15 mm. Nel *R. philippinarum* la maturazione sessuale avviene più precocemente, già a 5 mm di lunghezza (Holland & Chew, 1974) e la specie libera i gameti una seconda volta due – tre mesi dopo la prima emissione Devauchelle (1990).

La deposizione avviene in momenti diversi secondo il sito e le condizioni ambientali. Secondo Hamida (2004) i genitori emettono i gameti in ogni occasione in cui le condizioni ambientali sono favorevoli. Diversi autori attribuiscono notevole importanza alla temperatura come fattore scatenante per la deposizione (Borsa & Millet (1992), Mann (1979), Bourne, (1982), citati da Drummond *et al.*, 2006), ma i valori soglia riportati in letteratura sono differenti e variano in generale tra 14 e 20°C.

Le tabelle 2 e 3 riportano alcuni riferimenti bibliografici sul periodo di deposizione delle due specie, mentre le tabelle 4 e 5 riguardano le temperature minime a cui avviene la deposizione in condizioni sia naturali che controllate.

In generale la durata del periodo riproduttivo aumenta con l'avvicinarsi all'equatore, ma esiste una forte variabilità tra sito e sito e anche all'interno dello stesso sito; a titolo d'esempio Serdar *et al.*, (2010) riportano il caso delle lagune turche nelle quali i *Ruditapes* presentano periodi di emissione di durata molto diversa e si assiste spesso a più picchi riproduttivi (in genere due o tre).

Per quanto riguarda le acque sarde, Mistri (2007) ha studiato il ciclo gonadico di *R. decussatus* nello stagno di Corru s'ittiri (OR): sia i maschi che le femmine risultavano maturi già prima dell'inizio dell'estate ed erano in attiva fase di emissione principalmente tra giugno ed agosto (sporadicamente in settembre). Questi risultati sono in linea, seppur non esattamente sovrapponibili, con i dati riportati per la stessa specie in altre aree europee.

Per quanto riguarda *R. philippinarum*, Ponurovsky *et al.*, (1992) riassumono i dati bibliografici relativi al periodo riproduttivo della specie in numerosi paesi extraeuropei. La lunghezza del periodo riproduttivo varia da 1 a 12 mesi e la minima temperatura di riproduzione segnalata è di 13°C (Devauchelle, 1990).

Riguardo alla temperatura, come detto ritenuta fondamentale per la riproduzione di queste specie, si può notare che 14°C sembra essere il valore minimo per consentire l'emissione dei gameti di *R. decussatus*, ma in molti siti la deposizione avviene solo con temperature ben superiori. Questa variabilità dimostra che non solo la temperatura quindi, ma una serie di fattori con essa correlati fungono da starter per l'emissione dei gameti. Tra questi, i diversi autori attribuiscono particolare importanza soprattutto alla salinità e alla concentrazione di clorofilla *a* (Gozler *et al.*, 2000). Inoltre, il fotoperiodo associato a questi fattori e alla temperatura sembra rivestire una notevole importanza (Devauchelle, 1990). Anche Serdar *et al.*, (2010) ritengono che il fattore che scatena la deposizione sia la temperatura, ma sottolineano anche l'importanza di altri parametri ambientali con essa correlati.

Tabella 2 - Riferimenti bibliografici relativi al periodo riproduttivo di *R. decussatus*

Sito	Periodo riproduttivo	Autore
Irlanda costa sud	settembre	Xie & Burnell, 1994 (citato da Gosling, 2003)
Francia, Baia di Brest	luglio - ottobre	Laruelle <i>et al.</i> , 1994 (citato da Gosling, 2003)
Spagna, Galizia	aprile - settembre	Rodriguez-MoscOSO & Arnaiz, 1998
Spagna, Galizia	giugno - agosto	Ojea <i>et al.</i> , 2004
Italia, Venezia	luglio -settembre	Breber, 1980
Italia, Sardegna	giugno - settembre	Mistri, 2007
Portogallo, Rio Formosa	aprile - ottobre	Chicaro & Chiaro, 2001
Turchia, stretto Dardanelli	luglio - ottobre	Gozler <i>et al.</i> , 2000
Turchia, Cardak lagoon	luglio - ottobre	Gozler & Tartan ,2000
Turchia, Cakalburnu lagoon	gennaio -dicembre	Serdar <i>et al.</i> , 2010
Turchia, Sufa lagoon	luglio - ottobre	Serdar & Lok, 2009
Marocco, costa atlantica	maggio ottobre	Shafee & Daoudi (1991)
Tunisia meridionale	aprile - novembre	Hamida <i>et al.</i> , 2004

Tra le due specie esistono differenze anche nella modalità di emissione dei gameti. *R. philippinarum* matura le gonadi in modo asincrono, ma la specie ha la capacità di trattenere i gameti fino al momento adatto per la riproduzione; *R. decussatus*

invece emette i gameti in modo continuativo, ma gli individui di questa specie tendono ad avere una maggiore sincronia nella maturazione (Laruelle *et al.*, 1994; Delgrado & Camacho, 2007).

Tabella 3 - Riferimenti bibliografici relativi al periodo riproduttivo di *R. philipinarum*

Sito	Periodo riproduttivo	Autore
Irlanda, costa nord	maggio - settembre	Drummond <i>et al.</i> , 2006
Irlanda costa sud	agosto	Xie & Burnell, 1994 (citato da Gosling, 2003)
Francia, Baia di Brest	maggio - settembre	Larouelle <i>et al.</i> , 1994 (citato da Gosling, 2003)
Francia, Archachon	settembre - ottobre	Robert <i>et al.</i> , 1993
Francia, costa sud	giugno - agosto	Borsa & Millet, 1992
Spagna, Vigo	aprile - novembre	Rodriguez-Moscoso & Arnaiz, 1992
Italia, Venezia	maggio settembre	Meneghetti <i>et al.</i> , 2004

I numerosi autori che hanno studiato il ciclo biologico di *Ruditapes* concordano sul fatto che la vongola filippina è caratterizzata da un più esteso periodo riproduttivo e da un maggior numero di deposizioni rispetto a quella nostrana.

Tabella 4 - Riferimenti bibliografici sulle temperature di deposizione di *R. decussatus*

Sito	Temperatura deposizione	Autore
Irlanda, costa sud	>14°C	Xie and Burnell, 1994 (citato da Gozler <i>et al.</i> , 2010)
Condizioni controllate	≥20°C	Loosanoff&Davis, 1963 (citato da Gozler & Tarkan (2000)
Francia, Thau	≥20°C	Borsa & Millet (1992)
Italia, Venezia	≥25°C	Breber, 1980
Portogallo, Rio Formosa	≥16°C	Da Chicharo & Chicharo, 2001
Condizioni controllate	≥14°C	Delgrado & Perez-Camacho, 2007
Turchia, baia Izmir	≥14°C	Serdar <i>et al.</i> , 2010
Turchia, Dardanelli	≥24°C	Gozler & Tarkan , 2000

Il reclutamento di *R. decussatus* è stato studiato da vari autori. Chicaro & Chicaro (2001) hanno compiuto uno studio sull'abbondanza di larve e giovanili nel Rio Formosa (Portogallo, Figura 6), ove hanno osservato la comparsa degli stadi larvali fin dal mese di aprile con le maggiori abbondanze tra maggio e settembre in accordo con gli studi effettuati sull'analisi istologica delle gonadi e sul periodo di deposizione in quell'area.

Tabella 5 – Riferimenti bibliografici sulle temperature di deposizione di *R. philippinarum*

Sito	Temperatura deposizione	Autore
Condizioni controllate	≥ 15°C	Mann, 1979
Condizioni controllate	≥ 14°C	Delgrado & Perez-Camacho, 2007
Condizioni controllate	≥ 12°C	Davauchelle, 1990
Turchia, baia Izmir	≥ 14°C	Serdar <i>et al.</i> , 2010
Irlanda, costa sud	≥ 14°C	Xie and Burnell, 1994 (citato da Gozler <i>et al.</i> , 2010)
Mar del Giappone	≥ 15°C	Ponurovsky <i>et al.</i> , 1992

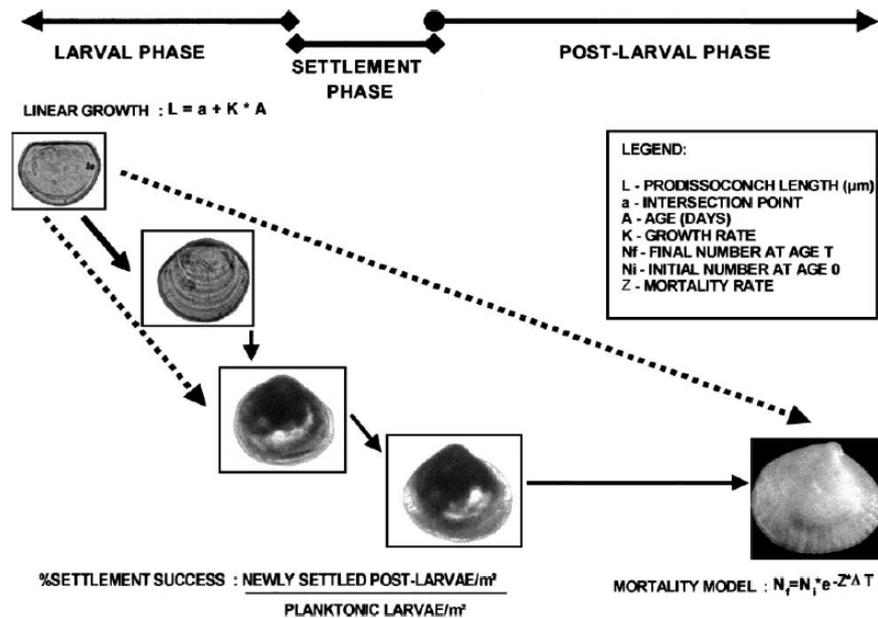


Figura 6 – Diagramma delle fasi di sviluppo di *R. decussatus* dallo stadio larvale al giovanile con l'integrazione dei modelli di crescita, mortalità e del successo nell'insediamento (da Chicaro & Chicaro, 2001)

Come visto in precedenza, situazioni notevolmente diverse sono state riscontrate in altre aree, tra cui la laguna di Thau, Francia ove Borsa & Millet, (1992) hanno individuato due soli eventi riproduttivi, e in laguna di Venezia dove Breber (1980) ne ha rilevato soltanto uno.

Chicaro & Chicaro (2001) hanno anche verificato che nel Rio Formosa che la deposizione è significativamente correlata con la velocità del vento e l'ampiezza della marea. In particolare le date di deposizione delle diverse coorti coincidono con le maree

di quadratura mentre, durante le maree di plenilunio, quando il ricambio delle acque della laguna è molto intenso, si è registrata una notevole riduzione della densità delle larve. Ciò potrebbe essere legato o al sincronismo nella deposizione, come studiato per altri organismi come pesci e crostacei (Morgan 1995) oppure alla diluizione causata dal maggiore ricambio marino caratteristico delle maree sigiziali.

1.2.3 Altre differenze bio-ecologiche

Le differenze tra *Ruditapes decussatus* e *Ruditapes philippinarum* non si limitano alla morfologia e ad alcuni aspetti delle modalità riproduttive. In sintesi le caratteristiche che distinguono la specie alloctona dalla nostrana consistono, oltre che nel più lungo periodo riproduttivo, in una crescita più rapida, nella più elevata resistenza alle variazioni di temperatura e salinità e nella migliore capacità di adattamento a diversi tipi di substrato. Questa diversità tra le due specie influenza in modo importante le rese in allevamento, molto superiori per *R. philippinarum*.

Per quanto riguarda l'accrescimento, in letteratura esistono numerosi studi che descrivono la crescita di *R. decussatus* e *R. philippinarum* in rapporto alle più importanti variabili ambientali.

Maitre – Allain (1982) ha eseguito prove comparative d'allevamento nella laguna di Thau (Francia) ove ha ottenuto maggiori sopravvivenze e crescite in *R. philippinarum*.

In laguna di Venezia, Breber (1980) ha studiato l'accrescimento in natura di seme di *R. philippinarum* acquistato in una schiuditoio inglese, partendo da una lunghezza di semina di 3 mm. La semina è avvenuta nel mese di marzo e la lunghezza commerciale (25 mm secondo la legislazione nazionale, vedi paragrafo 1.3.1) è stata raggiunta nel successivo mese di settembre, mentre la lunghezza di 40 mm è stata raggiunta nell'agosto successivo. Lo stesso autore (Breber, 1985) ha seminato nella medesima laguna seme selvatico di *R. decussatus* di lunghezza media pari a 21 mm. Questo ha raggiunto la lunghezza di 32 mm nel primo anno di allevamento e di 40 mm nel secondo. L'autore conclude che la filippina raggiunge la lunghezza di 40 mm almeno 4 mesi prima della specie autoctona.

Secondo Arnaud & Raimbault (1963) in *R. decussatus* esistono differenze nella crescita legate al sesso. Gli autori hanno studiato il fenomeno nello stagno di Thau (Francia) verificando che nelle distribuzioni di frequenza della lunghezza la moda dei

due sessi era differente; per gli esemplari di lunghezza intorno a 4 cm, le femmine avevano una moda maggiore di circa 1,5 mm rispetto ai maschi mentre nella precedente classe di lunghezza, la differenza era pari a circa 1 mm. Il lavoro non riporta, però elaborazioni che consentono di verificare se queste differenze sono statisticamente significative o meno.

La maggiore crescita della specie alloctona è stata confermata anche in esperimenti condotti in condizioni controllate (Rossi (1996). Bodoy *et al.*, (1980) hanno confrontato la crescita delle due specie in un ecosistema artificiale e, dopo 3 mesi, hanno verificato un incremento in peso del 300% per *R. philippinarum* e del 200% per *R. decussatus*.

Uno dei motivi della maggiore crescita della specie alloctona può essere legato al maggiore tasso di filtrazione (Fonda Umani *et al.*, 1995) che distingue *R. philippinarum* da *R. decussatus*.

IL *R. philippinarum* ha inoltre una maggiore resistenza della specie autoctona a condizioni ambientali critiche. Rossi e Paesanti (1992) hanno confrontato le due specie in condizioni di anossia, riscontrando nella specie alloctona una resistenza più elevata; questa caratteristica ha consentito al *R. philippinarum* di insediarsi ove le crisi anossiche sono piuttosto frequenti nei mesi caldi.

Un'altra differenza riportata in letteratura riguarda la distribuzione degli animali nello spazio disponibile e la loro capacità di modificare la posizione. Ambedue le specie presentano una notevole mobilità, più spiccata (in condizioni di laboratorio) in *R. philippinarum* rispetto a *R. decussatus* (Rossi, 1996); il movimento è percepibile attraverso la presenza di solchi che gli animali tracciano sul substrato. Al diminuire della granulometria cala la mobilità degli animali.

Anche la distribuzione nello spazio disponibile è differente: esperimenti di laboratorio hanno dimostrato che in ambiente artificiale sia *R. decussatus* che *R. philippinarum* non si dispongono in modo omogeneo, ma tendono a collocarsi a ridosso di corpi rigidi. Questo comportamento, testato utilizzando diverse categorie di substrato (sabbia, 50% sabbia-50% fango – 100% fango) è più marcato nel *R. decussatus* rispetto al *philippinarum* soprattutto con substrato esclusivamente fangoso (diametro dei granuli <0,06 mm, Dal Cin & Pambianchi, 1991 citato da Rossi 1996).

1.3 La pesca e l'allevamento

1.3.1 La normativa sulla pesca

Il genere *Ruditapes* è sottoposto a vincoli comunitari, nazionali e regionali sulla taglia minima di cattura mentre non esistono norme sul periodo di pesca. Secondo la legislazione comunitaria, la taglia minima di cattura è di 25 mm (R. (CE) 1967/2006) e l'Italia ha da tempo adottato questa misura (D.P.R. 1639 del 2.10.1968 e successive modificazioni).

La Regione Sardegna ha adottato una regolamentazione più restrittiva e la taglia minima è di 35 mm (D.A.D.A.R.S. nr. 412 del 10.05.1995).

La vendita delle vongole è regolata dalle norme per la commercializzazione dei molluschi bivalvi, in particolare dal D.L. 30 dicembre 1992 N° 530, che recepisce la Direttiva CEE 91/492. Si tratta di una normativa comune a tutti i Paesi dell'Unione Europea che la Commissione ha recentemente modificato con Decisione del 15 marzo 2002 N° 2002/225/CE limitatamente al tenore massimo di biotossine algali. In particolare le norme prevedono che possono essere commercializzati soltanto bivalvi allevati e raccolti nelle zone classificate a questo scopo. Se provenienti da una zona classificata A essi possono essere destinati al consumo umano diretto senza dovere subire nessun processo di risanamento; se provenienti da una zona classificata B devono subire prima della commercializzazione un processo di depurazione; se provenienti da una zona classificata C devono essere stabulati per non meno di due mesi in acque classificate A.

1.3.2 Gli attrezzi da pesca

La disponibilità e l'abbondanza delle vongole anche allo stato selvatico, hanno indotto nelle marinerie italiane, ma in modo particolare nell'Alto Adriatico, l'invenzione di una serie di strumenti da pesca, alcuni ottenuti adattando modelli già in uso per altre specie (ad esempio la vibrante), altri studiati allo scopo come la rasca (o rusca) a motore e altri (Orel *et al.*, 2001).

Alcuni attrezzi sono manuali (rastrello, rasca), altri meccanici (draga idraulica, draga vibrante, rusca). L'azione di penetrazione nel sedimento e l'efficacia nella cattura sono ovviamente diverse per ogni attrezzo, soprattutto se si confronta la raccolta

manuale con quella meccanica; anche l'impatto sul fondale differisce da un attrezzo all'altro (Casale *et al.*, 1999).

Di seguito si descrivono i più importanti attrezzi utilizzati, non sempre previsti dalla normativa, la cui descrizione è tratta principalmente dal lavoro di Cannas *et al.*, (2008).

Le draghe idrauliche, utilizzate soprattutto per la pesca delle vongola *Chamelea gallina*, ma vietate in acque lagunari, sono state tuttavia ampiamente usate in modo abusivo per la pesca della vongola filippina. Si tratta, come previsto dal D.M. 21/7/1998, di un attrezzo a forma di parallelepipedo di metallo che si appoggia nel fondo montato su imbarcazioni che devono avere una lunghezza massima fra le perpendicolari di 10 metri e la stazza inferiore 10 tonnellate. Una serie di ugelli posti nella parte superiore dell'attrezzo spingono acqua in pressione che penetra nel substrato e raccoglie i molluschi infossati nel fondo.

Sono state condotte numerose indagini su questo strumento in laguna e si è visto che i fondali delle zone di pesca più sfruttate presentavano perdite notevoli di materiali fini (Icram, 1994) e a danno dei popolamenti bentonici (Pranovi *et al.*, 1995).



Figura 7 - Rasca a motore o “rusca” (Immagine tratta da Cannas *et al.*, 2008)

La vibrante è un particolare tipo di rastrello che si basa su un sistema di pesca simile a quelle della draga idraulica; se ne differenzia in quanto la separazione dei

molluschi dal sedimento è ottenuta grazie ad una massa eccentrica posizionata sulla draga che, ruotando, la fa vibrare.

La rasca a motore o rusca è un attrezzo che si è evoluto grazie una serie di migliorie legate all'esperienza e all'ingegno dei pescatori.

La rusca è montata su un'imbarcazione che lateralmente, presenta una particolare rete e un motore fuoribordo. E' formata da un'intelaiatura di metallo con due aperture: una bocca di forma pentagonale provvista alla base di una lama a forma di V, e, all'estremità opposta, una seconda apertura rettangolare che si collega alla rete. Tra le due aperture, sul fondo e sui fianchi dell'attrezzo, si colloca una griglia metallica. La rusca opera vicino al motore fuoribordo ausiliario posto su un lato dell'imbarcazione, la cui funzione è quella di rimuovere il sedimento del fondo e spingere il pescato all'interno del telaio. Tale metodo permette di lavorare quasi in continuo. Mentre la barca, con il suo lento avanzamento, permette alla lama della rusca di penetrare nel sedimento per raccogliere i bivalvi infossati, due pattini posti alla base del telaio evitano che la struttura sprofondi.

Il Ferro" maranese è un piccolo rapido adottato nella Laguna di Marano dal 1992. Si tratta di un attrezzo costituito da una bocca di circa 90 cm che affonda per circa 10 cm nel sedimento (Orel *et al*, 2001).

Negli ultimi anni si è diffuso l'utilizzo di rasche turbosoffianti, munite di una pompa, che rappresentano l'evoluzione dei rastrelli manuali. La possibilità di pompare acqua in pressione all'interno di queste piccole draghe è assicurata da un sistema complesso di tubi e di una pompa a captazione alimentata a benzina che spinge acqua di mare all'interno degli attrezzi.

La cassa o draga a traino è costituita da una struttura di rete di ferro installata su due slitte e trainata da una barca a motore. Posteriormente alla cassa è presente un sacco di rete per la raccolta del prodotto. Nella bocca vi è una lama a forma di V che consente l'affondamento nel terreno e per la raccolta è sfruttata la turbolenza prodotta dall'elica del motore fuoribordo, posta a livello del fondo. Per utilizzare quest'attrezzo, piuttosto pericoloso, sono necessari due operatori: il primo a bordo che controlla il fuoribordo la cui elica smuove il fondale, il secondo in piedi sulla cassa che col proprio peso la tiene affondata nel sedimento.

Il rastrello manuale o rasca è l'attrezzo più utilizzato in Sardegna, regione nella quale i mezzi meccanici non sono consentiti.

Esso assume forme e dimensioni diverse secondo l'area ma in generale è costituito da una cassa di rete munita di denti metallici conici lunghi circa 15 cm e da un lungo manico. E' utilizzato principalmente a piedi da operatori muniti di scafandri e, quando necessario, di corti trampoli.



Figura 8 – Rastrello per molluschi utilizzato nella stagno di San Giovanni di Muravera (CA)



Figura 9 - Rastrello per molluschi e setaccio utilizzati nello stagno di Santa Gilla (CA)



Figura 10 - Pesca manuale col coltello utilizzata nella marineria di Marceddi (OR)

La pesca a mano è praticata con guanti e stivali alla coscia per la raccolta di diverse specie marine e lagunari fossorie. Gli animali sono individuati grazie ai fori formati dai sifoni utilizzando un rudimentale specchio, una cassa il cui fondo è munita di un vetro. L'animale è estratto infilando un coltello nel sedimento perpendicolarmente al fondo. Questo tipo di pesca dal 1992 ha assunto rilievo particolare nella laguna di Marano proprio con la diffusione di *Tapes philippinarum*. In Sardegna è utilizzato prevalentemente nella zona di Marceddi e dagli operatori subacquei nelle marinerie di Olbia e Santa Gilla. Infine, quando il fondo è molto compatto e la densità dei molluschi notevole, si utilizza la pesca con pala e setaccio.

1.3.2.1 L'effetto dell'attività di pesca

L'effetto dell'attività di pesca, manuale o con rastrello così com'è effettuata in Sardegna dipende da diverse azioni; la rimozione di grandi quantità di sedimento, operata dai rastrelli o dalle pale, che danneggiano i delicati stadi giovanili, sotterrandoli a profondità eccessiva oppure portandoli in superficie, rendendoli così più vulnerabili alla predazione e causando elevate mortalità (Pérez -Iglesias & Navarro, 1995 citato da Bald *et al.*, 2003; 1995; Borja & Bald, 2000). Anche l'aumento di torbidità provocato dalla sospensione dei sedimenti ha un effetto negativo sui popolamenti di molluschi; Dau e Gouletquer (1988) hanno verificato che esemplari di *R. philippinarum* sottoposti a

condizioni di forte torbidità mostravano un accrescimento e una riproduzione minore e un aumento della mortalità rispetto ad un gruppo di controllo.

La coincidenza del periodo riproduttivo di *R. decussatus* e *R. philippinarum* con il periodo primaverile – estivo, quello della massima intensità di pesca, aggrava naturalmente la situazione.

Bald *et al.*, (2003) hanno ottenuto risultati diversi simulando in campi sperimentali la situazione derivante dall'uso della zappa (il cui effetto può essere in qualche modo paragonato a quello del rastrello di molluschi o della pala utilizzati in Sardegna) e del coltello (in Sardegna utilizzato nei soli stagni di Marceddì e Corru s'ittiri), nonché del calpestio associato a queste attività. I *Ruditapes* sono stati seminati a una lunghezza di 5-7 mm e sono stati seguiti per 17 mesi. L'esperimento non ha consentito di ottenere risposte definitive sull'accrescimento e sulla sopravvivenza, mentre si è verificata una differenza statisticamente significativa nel rapporto lunghezza-peso. In particolare l'accrescimento in lunghezza è proporzionalmente maggiore a quello in peso tra gli organismi sottoposti alle azioni legate alla pesca e lo stock di controllo. Dal momento che il materiale da semina utilizzato aveva una lunghezza minima di 5 mm, nulla si sa però sull'effetto della pesca sui giovani *Ruditapes* dal momento dell'insediamento fino a quello di raggiungimento della lunghezza di 5 mm.

1.3.3 L'allevamento

Questa pratica riguarda essenzialmente il *R. philippinarum*, che è preferito alla specie indigena. I migliori siti d'allevamento sono generalmente localizzati al riparo dal moto ondoso e dai venti dominanti; è importante però la presenza di una corrente leggera e costante (Paesanti & Pellizzato, 1994).

Grazie all'esistenza di importanti banchi naturali, si è passati da un allevamento in senso stretto, alla gestione dei banchi con pratiche di semina e di trasferimento degli individui da zone meno idonee a zone più idonee alla crescita (Orel. *et al.*, 2001). Anche se il reclutamento naturale, secondo recenti studi, si mantiene su livelli stabili, gli allevatori sono più frequentemente orientati verso una gestione dei propri parchi che prevede, oltre alla risemina di prodotti naturali anche quella di individui ottenuti in schiuditoio. (Paesanti e Pellizzato, 1994).

2 OBIETTIVI DELLA RICERCA

Approfondire la conoscenza sullo stato delle popolazioni di *Ruditapes decussatus* costituisce l'obiettivo generale di questa ricerca. Infatti la rilevanza economica, i cali nella produzione intervenuti in molti siti lagunari, la minaccia a cui è sottoposto per la concorrenza di specie alloctone hanno consigliato di approfondire le conoscenze sulla specie anche al fine di trarre indicazioni gestionali per la sua conservazione.

Gli obiettivi specifici sono i seguenti:

- Verificare la densità e la struttura di popolazione della specie in rapporto alle caratteristiche del sito, con particolare riferimento alla granulometria del sedimento;
- Studiare l'accrescimento e la mortalità di una popolazione in un rilevante sito regionale;
- Verificare la presenza e la consistenza della specie alloctona *Ruditapes philippinarum*.

3 MATERIALI E METODI

La prima fase della ricerca ha riguardato l'individuazione dei principali siti di raccolta di *Ruditapes decussatus* in Sardegna, utilizzando le fonti bibliografiche e le statistiche di pesca fornite dalle cooperative di pescatori e dall'Assessorato all'Agricoltura della Amministrazione Regionale.

La ricerca bibliografica ha riguardato inizialmente la raccolta di dati sulla biologia delle specie e l'analisi delle serie storiche disponibili sul pescato commerciale. In particolare sono state raccolte ed elaborate le statistiche del pescato tratte da una raccolta personale effettuata a partire dagli anni 70.

In seguito è stata avviata una raccolta di materiale topografico e digitale per ottenere una rappresentazione grafica delle aree di pesca, Sulla base di questa prima ricognizione si sono individuate le zone su cui incentrare i rilevamenti, elencate di seguito nella sequenza in cui si trovano percorrendo la costa sarda da Nord in senso orario (ordine che verrà mantenuto in tutta la relazione):

- Golfo di Olbia, (OT);
- Stagno di Tortoli (OG)
- Stagno di San Giovanni (CA);
- Laguna di Santa Gilla (CA);
- Valle di Marceddi (OR)
- Stagno di Corru s'ittiri (OR)
- Laguna del Calich (SS)

Sono state quindi intervistati alcuni testimoni privilegiati nei diversi siti per verificare la congruità delle scelte effettuate.

Da notare che in Sardegna il termine “ stagno” è utilizzato anche per aree umide con costante collegamento col mare, come accade per tutte quelle in elenco. In questo studio verrà mantenuta la denominazione corrente.

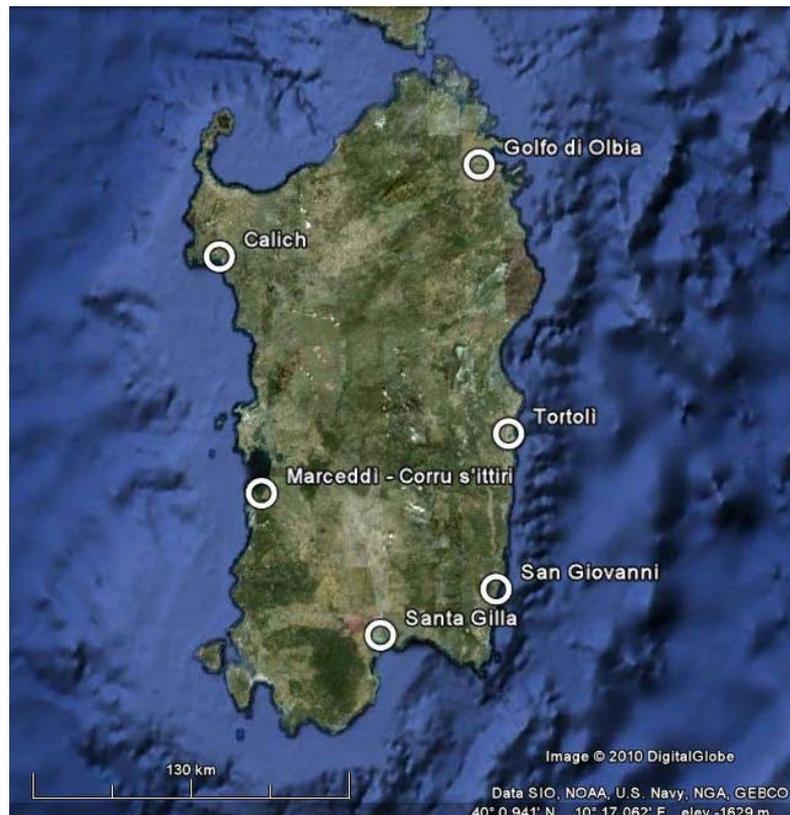


Figura 11 – Localizzazione dei siti d’indagine (Immagine tratta da Google Earth, modificata).

La fase successiva ha riguardato la scelta delle metodologie da adottare. Si è scelto di utilizzare un rastrello professionale per molluschi costruito appositamente, in

acciaio inox, con maglia di 1 cm e dotato al suo interno di una rete interna di 3 mm. L'attrezzo era in grado di prelevare 14 l di sedimento su una superficie di 11 dm². Il prelievo era effettuato affondando profondamente i denti del rastrello nel fondo e facendo leva in senso rotatorio col manico.

Se la consistenza del fondo non consentiva l'uso del rastrello (alcune stazioni a Marceddi), il sedimento era raccolto con una pala per una superficie e volume corrispondente. Una volta individuato il metodo di lavoro, si è quindi proceduto alla ricerca delle imbarcazioni e del personale per rilevamenti sul campo, alla pianificazione dell'attività di rilevamento, alla predisposizione di schede di rilevamento, al recupero dei dati fisico – chimici relativi alle aree in oggetto ed alla richiesta delle necessarie autorizzazioni per il prelievo (Regione Sardegna- Capitanerie di Porto).

Le stazioni di rilevamento prescelte nello studio sono state quelle in cui la presenza del *R. decussatus* è risultata costante negli anni. In ogni sito infatti ci sono aree in cui la specie è presente solo in alcuni periodi, o ove è stata segnalata solo una volta nell'arco di molti anni; queste zone non sono state incluse nei campionamenti ma quando possibile vi è stato comunque raccolto un campione di pescato commerciale.

Nei siti e nelle stazioni individuate, georeferenziate attraverso coordinate geografiche con l'uso di un GPS Garmin, sono stati compiuti prelievi stagionali dal mese di novembre 2008 al settembre 2009.

In ogni stazione di prelievo, con cadenza stagionale, sono state eseguite almeno 5 repliche, per un totale di oltre 20 repliche annuali. Inoltre si è raccolto un campione di non meno di 50 individui di taglia commerciale, nell'eventualità che il materiale proveniente dalle repliche non fosse sufficiente. In alcuni siti sono stati eseguiti successivi prelievi di pescato in relazione a particolari necessità.

Il sedimento raccolto è stato trasportato in laboratorio e filtrato con setacci a maglia decrescente (10, 5, 3 mm) e i *Ruditapes* raccolti sono stati congelati. Sono stati considerati tutti gli esemplari viventi e, nel caso della laguna del Calich e di Marceddi, ove si sono verificate vaste morie, anche quelli palesemente appena morti, identificabili per la presenza della carne all'interno della conchiglia.

Successivamente i *Ruditapes* sono stati classificati (Fisher *et al.*, 1987) e, per ogni esemplare sono state rilevate le seguenti dimensioni:

- la lunghezza oro-aborale, la maggiore dimensione nel senso antero - posteriore;

- la larghezza, la dimensione maggiore perpendicolare alla lunghezza;
- lo spessore, misurato nella convessità massima delle valve.

Tutte le misurazioni hanno avuto un'approssimazione di 0,1 mm, e sono state compiute utilizzando un calibro digitale. Quando possibile, è stata rilevata anche l'età grazie agli anelli d'accrescimento presenti nella conchiglia.

Nel solo stagno di Santa Gilla, da marzo a dicembre 2010, è stato compiuto un rilievo mensile per la determinazione della relazione allometrica lunghezza – peso vivo. I *Ruditapes* sono stati tenuti in acqua e pesati solo nel momento in cui i sifoni erano evidenti, mantenendo l'animale immerso fino alla loro completa ritrazione, in modo da evitare l'errore dovuto alla perdita d'acqua intervalvare che avviene se gli animali rimangono a lungo all'asciutto.

Durante il prelievo primaverile, è stata prelevata una carota di sedimento per l'analisi della granulometria. La carota si otteneva conficcando nel fondo per 30 cm un tubo in plexiglas di diametro 8 cm immediatamente vicino ad ogni campione prelevato col rastrello. Una volta conficcato il tubo, la sua estremità superiore veniva occlusa con un coperchio a tenuta stagna in modo che, sollevandolo, la depressione consentisse il prelievo del fango. La buona riuscita dell'operazione poteva essere controllata grazie al fatto che il Plexiglas è trasparente. Il sedimento è stato posto in buste plastiche, lasciato all'aria ad asciugare per alcuni mesi e, quando necessario, posto in stufa. L'analisi della tessitura e dello scheletro è stata eseguita nel laboratorio Certificato esistente al DIRVE dell'Agenzia regionale Agris della Regione Sardegna e i dati sono stati espressi secondo la scala USDA (Department of agriculture, Soil survey staff, 1975). Le diverse frazioni sono state classificate secondo la scala in Tabella 6 (SISS 1985).

Tabella 6 - Scala di riferimento, in mm, per la classificazione delle frazioni granulometriche del sedimento. (SISS, 1985).

Sabbia	Sabbia fine	Limo grosso	Limo fine	Argilla
2-0,2	0,2-0,05	0,05-0,02	0,02-0,002	<0,002

Tutti i dati sono stati archiviati in una prima fase su Microsoft Excel e in seguito elaborati utilizzando vari software: Microsoft Excel, Minitab, SAS, Statistical Program for Social Science, (SPSS). Per la verifica della normalità delle distribuzioni è stato utilizzato il test di Kolmogorov-Smirnov. Per il calcolo della media, se le distribuzioni non erano normali, si è utilizzato il metodo bootstrap (10.000 permutazioni). Quando

esisteva omogeneità di varianze, verificata col test di Bartlett (Snedecor & Cochran, 1989) e distribuzioni normali si è utilizzata l'ANOVA a una o due vie. Nel caso di differenze significative tra le medie si è applicato il test di Tukey e Fisher. Se le distribuzioni non erano normali o le varianze erano diverse, si è utilizzato il test non parametrico di Kruskal-Wallis. In questo caso, se si riscontravano differenze statisticamente significative, si è utilizzato per coppie di medie il test U di Mann-Witney.

Per lo studio dell'accrescimento si è applicata la classica equazione di Von Bertalanffy, comunemente utilizzata per i molluschi (Dang *et al.*, (2010) e altri autori):

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-K(t-t_0)}]$$

utilizzando il software FISAT II (Gayanilo *et al.*, 2005) e in particolare il metodo Battacharia ed Elefan per la determinazione dei parametri dell'equazione, integrandoli con dati provenienti da rilevamenti diretti sugli anelli di crescita individuabili nelle conchiglie. Per ogni campione sono state ottenute diverse curve di crescita e, tra queste, è stata considerata quella più vicina ai risultati sperimentali.

Per la stima della mortalità e del reclutamento si è calcolata una regressione non lineare utilizzando il modello esponenziale.

$$N(t+1) = N(t) \exp^{(-Zt)}$$

L'individuazione del numero d'individui appartenenti alle diverse classi d'età si è ricavato applicando i parametri ottenuti dallo studio delle curve di crescita agli esemplari rinvenuti nei campionamenti casuali.

4 RISULTATI

4.1 Descrizione dei siti d'indagine

Di seguito sono descritte le principali caratteristiche dei siti indagati.

4.1.1 Golfo di Olbia (OT)

Il golfo di Olbia, situato nella costa nord-orientale sarda, è formato da una profonda insenatura estesa circa 6 km² e con profondità media intorno ai 5 - 6 m. La zona più interna è lunga circa 5 km con una larghezza massima di 2 km e minima di 300 m all'altezza dell'imboccatura.

La parte interna del golfo è quindi considerata una laguna che si è originata dalla formazione della bocca della "ria" da parte delle alluvioni del delta del Fiume Padrongianus. Essa è delimitata, a nord, da rilievi granitici, ad ovest dalla piana alluvionale sulla quale sorge la città di Olbia, a sud da una piana alluvionale e a sud-est dall'ampio complesso deltizio del Rio Padrongianus.

I principali immissari della laguna sono, oltre al Rio Padrongianus, il Rio Padredduri, il Rio Cocciani, il Rio Cabu Abbas, il Rio S'Abba Fritta, il Rio S. Nicola, il Rio di Seligheddu. Le coste della "ria", su entrambi i lati a morfologia complessa, presentano bassi fondali e numerosi scogli affioranti (Consiglio Regionale della Sardegna, 1981).

Nel golfo, caratterizzato da un'intensa attività portuale e turistica, sono praticate la mitilicoltura e la venericoltura su banchi naturali. Tra quelle classificate in base alla normativa vigente, alcune aree sono date in concessione dalla Regione Sardegna a pescatori singoli o associati, in altre i pescatori professionisti possono esercitare liberamente l'attività. Nella parte più interna del golfo si trovano alcune peschiere. Uno sbarramento in calcestruzzo delimita "Sos tramezzos", di proprietà demaniale, utilizzata (non è in concessione per la mancanza del parere favorevole del Comune di Olbia) per la sola pesca di pesci e crostacei, dalla Cooperativa Olbiense tra pescatori. Le propaggini orientali del Rio Padrongianus formano invece lo stagno di Gravile, di proprietà privata.

Le società che sfruttano i banchi naturali di *Ruditapes* localizzati in aree classificate sono la Coop. Ittica Mitilicoltori Terranova, la Coop. Sardegna nord e il Sig. Pietro Lissia di Olbia.



Figura 12 - Golfo di Olbia (OT): stazioni di rilevamento. Immagine Google Earth, modificata

Essi gestiscono, con diverse modalità, le aree all'interno o di fronte al delta del Rio Padrongianus. Nella costa nord, una sola area è utilizzata per la raccolta di *Ruditapes*. Operano inoltre lungo tutto il perimetro della laguna, nelle aree classificate e non, numerosi pescatori liberi ed abusivi.

Sono state individuate le seguenti stazioni di rilevamento:

- 1) Cala Cocciani, zona Su pistoccu
- 2) Sos tramezzos
- 3) Fronte Stagno gravile
- 4) Fronte bocca Est Rio Padrongianus
- 5) La Pagliaia
- 6) Isola di Mezzo (riva est)
- 7) Fronte bocca Ovest Rio Padrongianus
- 8) Isola di mezzo (riva ovest).

Solo le stazioni n 1,3, 4, 7 rientrano in aree classificate per la mitilicoltura; si è ritenuto opportuno studiare anche le altre dal momento che sono intensamente sfruttate per la raccolta dei molluschi.

4.1.1.1 Caratteristiche delle acque

La Figura 13 mostra l'andamento delle precipitazioni nel golfo di Olbia. La piovosità, durante il periodo della ricerca, è stata mediamente più elevata di quella registrata negli anni precedenti, ma soprattutto rispetto alla mediana del periodo 1961 - 1990. Si è, in effetti, trattato di un'annata di piogge eccezionali che, come si verrà in seguito, ha influenzato in misura diversa tutti i siti studiati.

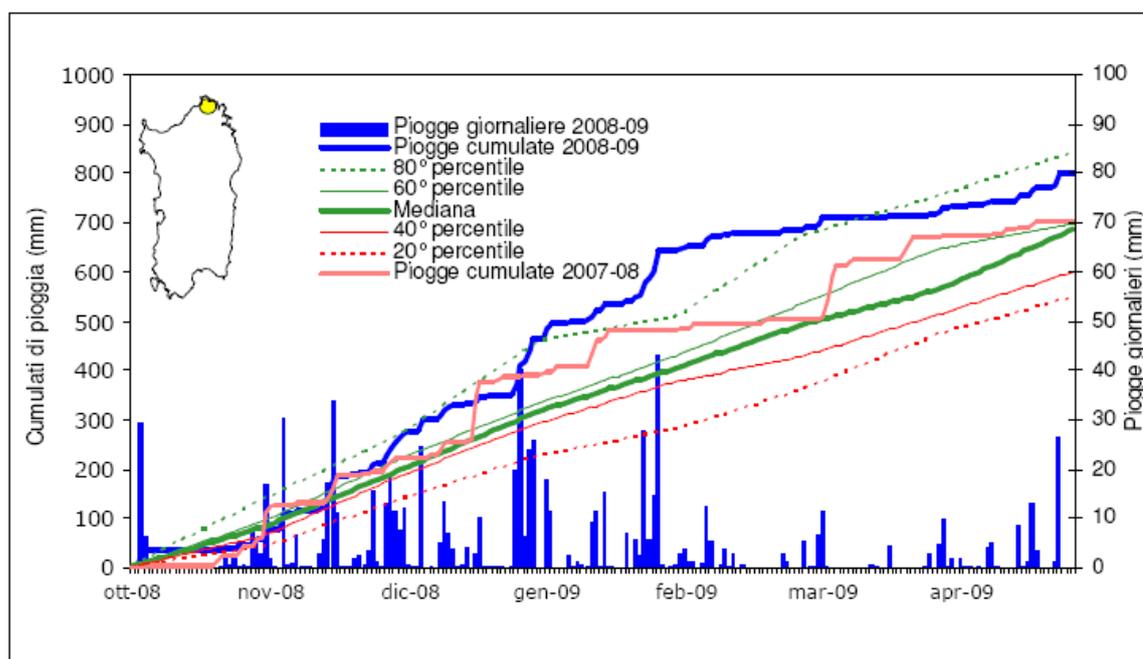


Figura 13 - Valori giornalieri e cumulati delle precipitazioni misurate nel periodo ottobre 2008 – aprile 2009, stazione di Luras (OT). Raffronto con la precedente stagione piovosa e con i percentili dei cumulati calcolati sulla serie storica 1961-1990. (Arpas, 2009)

Le Figura 14, la Figura 15, e la Figura 16 mostrano l'andamento della temperatura, della salinità e della clorofilla a nella stazione n. 2, situata all'interno della peschiera di Sos tramezzos, l'unica zona monitorata dalla Regione Sardegna (Dati CEDOC) tra quelle studiate nell'ambito di questa ricerca. Il grafico riporta le medie degli anni 2003-2006, gli ultimi disponibili. Per quanto riguarda la temperatura, la minima riscontrata nel periodo è stata di 6°C, nel gennaio 2003, la massima di 29°C nell'agosto 2006; Le fluttuazioni esistenti tra i diversi anni sono limitate com'è visibile dall'analisi del boxplot .

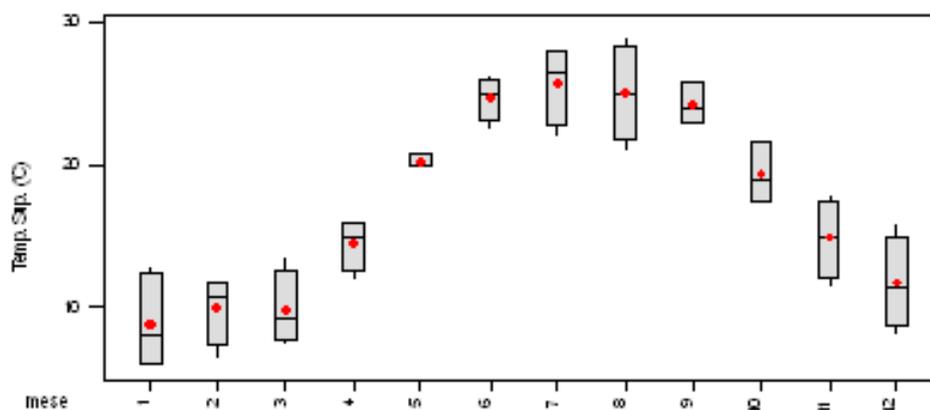


Figura 14 - Golfo di Olbia, Sos tramezzos (OT) - Temperatura media (•) - anni 2003-2006 CEDOC Regione Sardegna)

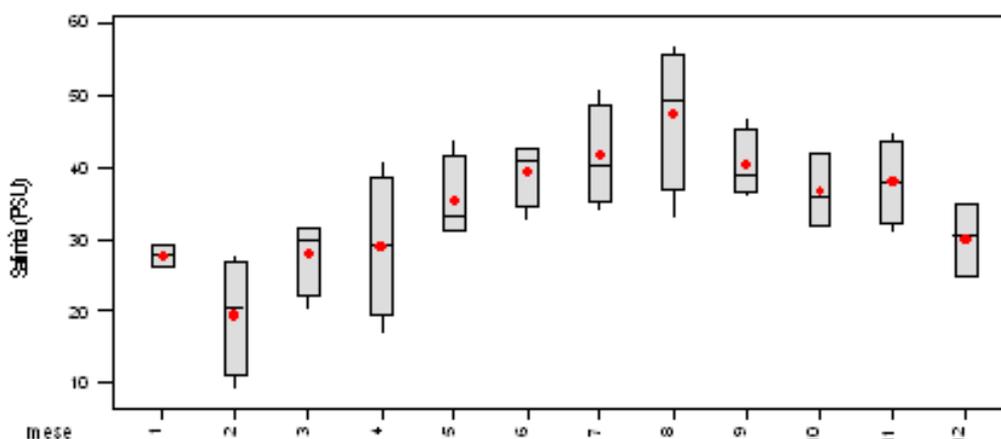


Figura 15 - Golfo di Olbia, Sos tramezzos (OT) - Salinità media (PSU) (•) - anni 2003-2006. CEDOC Regione Sardegna)

La salinità presenta oscillazioni maggiori e, nel periodo considerato, ha variato da un minimo di 9 PSU (febbraio 2005) a un massimo pari a 57 PSU (agosto 2006). Questi elevati valori di salinità possono dipendere dal fatto che la stazione di rilevamento era situata nella parte interna del golfo di Olbia e quindi il ricambio limitato esistente in quell'area è accentuato dallo sbarramento che delimita la peschiera.

L'andamento della concentrazione di clorofilla a presenta valori modesti, escluse delle punte nei mesi autunno – invernali.

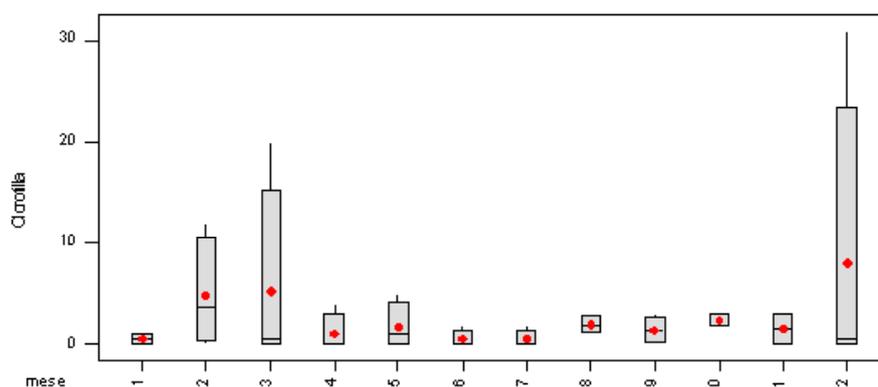


Figura 16 - Golfo di Olbia, Sos tramezzos (OT) Concentrazioni medie di Clorofilla a (●) ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) - anni 2003-2006 (CEDOC Regione Sardegna).

4.1.1.2 Granulometria

Come detto nel paragrafo 3, nel corso del rilevamento primaverile si è e prelevata una carota di sedimento in corrispondenza di ogni campione destinato alla ricerca dei *Ruditapes*.

La Tabella 7 riporta i risultati delle analisi granulometriche eseguite sui campioni relativi a tutte le aree di pesca del golfo. Il sedimento è risultato prevalentemente sabbioso (Figura 17) secondo la classificazione USDA (1993) e la frazione prevalente è la sabbia grossolana.

L'ANOVA applicata alle repliche delle diverse stazioni per la frazione "sabbia grossolana" evidenzia che esiste una differenza significativa nella abbondanza di questa frazione ($P < 0,01$). In particolare, in base ai risultati del test di Fisher, è possibile individuare tre gruppi di stazioni omogenee per questa frazione: il primo è composto dalle stazioni 3, 4 e 7 (Figura 12) situate alla foce del fiume Padrongianus e di fronte allo stagno Gravile, dove è particolarmente abbondante; esse differiscono significativamente dal secondo gruppo di stazioni, la 5, la 6 e la 8, tutte situate all'interno del golfo, la prima a ridosso del porticciolo turistico, la seconda e la terza al centro, sulle sponde est e ovest dell'Isola di mezzo; il terzo gruppo, rappresentata dalle stazioni 1 e 2 presenta la minore abbondanza di questa frazione e riguarda due situazioni particolari; la prima è l'unica situata nella costa nord del golfo mentre la seconda è all'interno della peschiera Sos tramezzos.

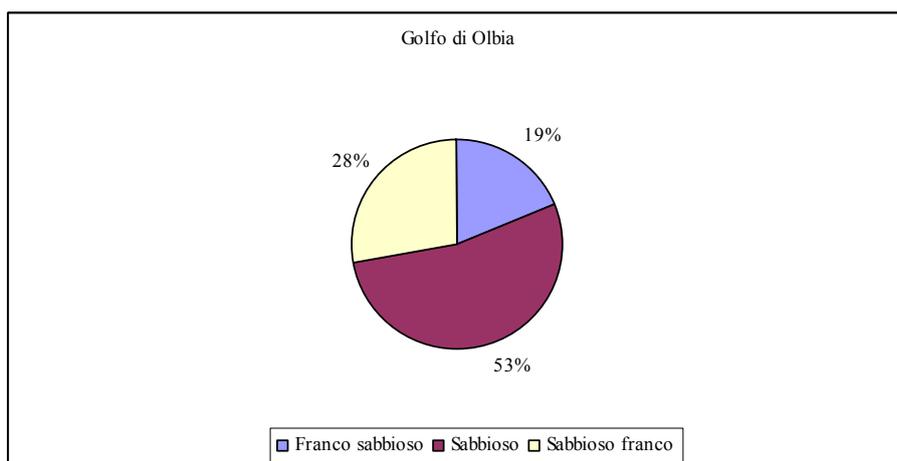


Figura 17 – Tessitura del sedimento nelle stazioni di prelievo. Golfo di Olbia, primavera 2009 (Classificazione U.S.D.A., Soil Survey Division Staff - 1993)

Tabella 7 – Granulometria e scheletro del sedimento nel golfo di Olbia in g*kg⁻¹ (Scala U.S.D.A., Soil Survey Division Staff - 1993)

	Minimo	Massimo	Media	Dev st.
Sabbia grossa	478.00	983.00	746.25	157.34
Sabbia Fine	0.00	304.00	113.97	82.02
Limo Grosso	1.00	97.00	24.69	19.65
Limo Fine	6.00	235.00	63.52	57.07
Argilla	0.00	146.00	68.17	42.69
Scheletro%	16.72	52.44	30.89	8.65

4.1.2 Stagno di Tortolì (OG)

È situato nel versante orientale della costa sarda tra la foce del Rio Girasole ed il porto di Arbatax. È un bacino di forma pressoché circolare (Figura 18) da cui si dipartono il canale Baccasara a Sud ed il rio Mannu a Nord. Lo stagno, di proprietà demaniale, è in concessione dal 1944 alla Cooperativa pescatori Tortolì. La superficie totale è di 250 ha, di cui 238 del bacino vero e proprio, 8 del canale Baccasara e 4 del Rio Mannu. La profondità è variabile: il canale Baccasara è stato scavato a - 4 m, mentre nel bacino propriamente detto, originariamente profondo meno di un metro, sono stati realizzati canali circondariali e centrali ed è stata approfondita una vasta area, situata tra la bocca a mare settentrionale ed il Rio Mannu, nella quale esiste un allevamento flottante di molluschi, mitili e ostriche.



Figura 18 – Stagno di Tortoli, localizzazione delle stazioni di rilevamento.

Il fondo, nelle zone dragate, è sabbioso-fangoso mentre nelle aree di pascolo è coperto da vegetazione, in particolare *Ruppia* sp.. Esistono due bocche a mare, la più settentrionale è situata alla confluenza tra il Baccasara, il rio Mannu e lo stagno; la seconda, a sud, al termine del canale Baccasara. Ambedue sono dotate di impianti fissi di cattura in cemento armato e griglie plastiche.

Le acque dolci provengono dal Rio Mannu, che si origina alla foce del Rio Girasole, costeggia l'arenile e si divide in due rami: il primo si immette nello stagno in posizione NW, il secondo corre parallelamente alla spiaggia e si collega con lo stagno in prossimità dei lavorieri settentrionali. Lungo il perimetro del bacino principale si immettono inoltre sei piccoli canali da cui periodicamente provengono acque reflue agricole.

Lo stagno di Tortoli è dotato di una serie di funzionali strutture aziendali. Una serie di capannoni è destinata alla stabulazione dei molluschi e di pesci e crostacei vivi, allo stoccaggio, conservazione e lavorazione del pescato, nelle vicinanze si trova la sede

sociale, gli uffici e i locali per la guardiania. Tra il Rio Mannu e lo stagno sono state costruite tre vasche pensili in terra e le relative strutture di servizio, in origine utilizzate per allevamento di pesci e crostacei ma ora in disuso. Nella stessa zona è stato realizzato un ittioturismo che consente la degustazione dei prodotti della laguna.

La pesca si svolge soprattutto ai lavorieri, ma sono pure utilizzati i bertovelli, le reti da posta e le nasse.

4.1.2.1 Caratteristiche delle acque

La Figura 19 riporta l'andamento delle precipitazioni registrate dalla stazione meteorologica più vicina allo stagno di Tortolì. Le piogge, durante il periodo di studio, sono state particolarmente abbondanti in confronto sia al biennio precedente, sia al periodo 1961-1990.

Non si hanno informazioni sulle caratteristiche delle acque durante il periodo di rilevamento, esse avrebbero comunque testimoniato una situazione anomala a causa delle piogge eccezionali; i dati rilevati dalla Regione Autonoma della Sardegna e riportati nel CEDOC riguardano il periodo dal 2002 al 2009 ma sono relativi a pochi mesi di ogni anno e si è preferito quindi non utilizzarli.

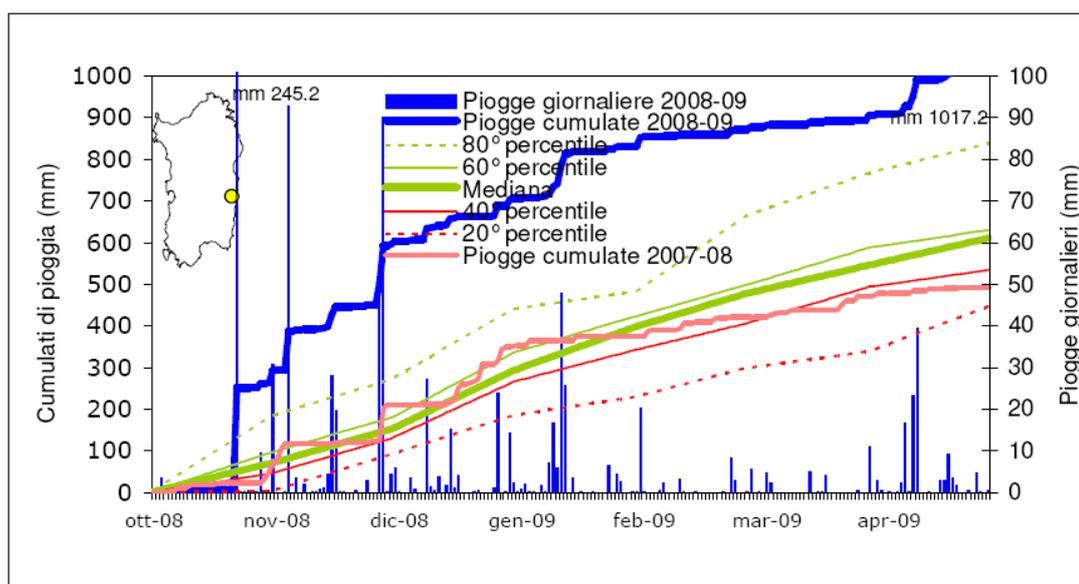


Figura 19 - Valori giornalieri e cumulati delle precipitazioni misurate nel periodo ottobre 2008 – aprile 2009, stazione di Ierzu (OG). Raffronto con la precedente stagione piovosa e con i percentili dei cumulati calcolati sulla serie storica 1961-1990 (Arpas, 2009).



Figura 20 – Temperatura nelle stazioni di rilevamento nello Stagno di Tortoli (OT)

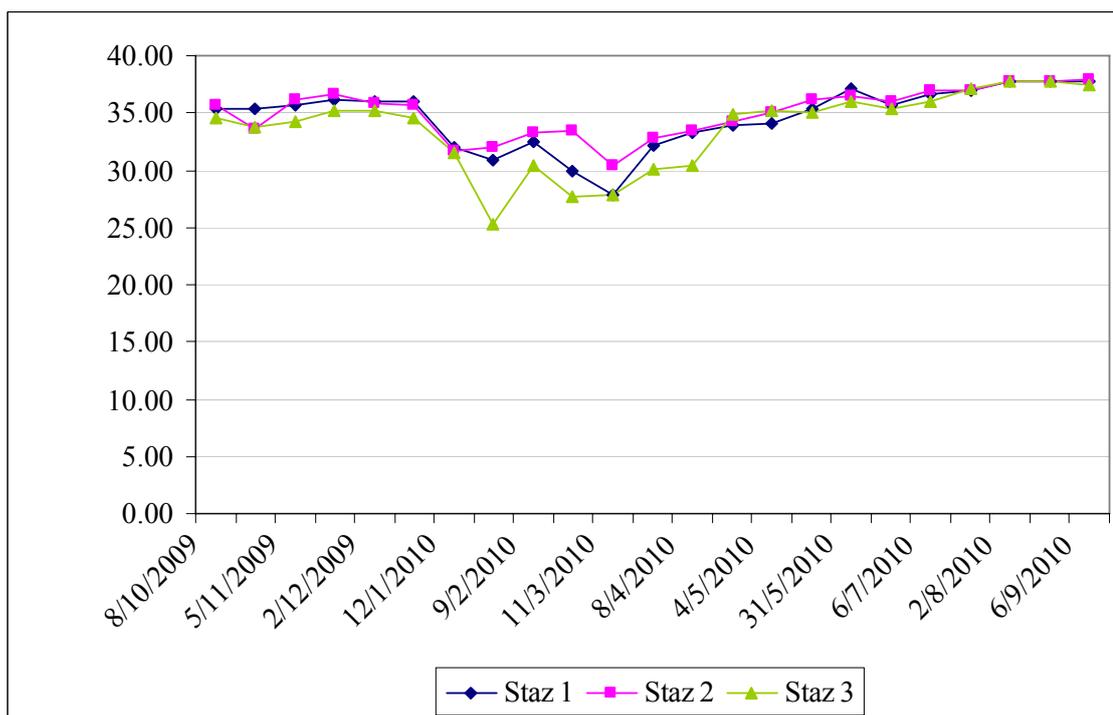


Figura 21 - Salinità (psu) nelle stazioni di rilevamento nello stagno di Tortoli (OT)

La Figura 20 e la Figura 21 riportano invece i risultati delle analisi fisico – chimiche effettuate dall’Agenzia Regionale Agris Sardegna (dati non pubblicati) tra l’agosto 2009 e l’agosto 2010 nelle stazioni considerate in questa ricerca. L’andamento è molto simile nelle tre stazioni: per quanto riguarda la temperatura, essa raggiunge valori elevati (30°C, mentre la salinità ha un andamento meno regolare; sempre molto vicina

alla marina nelle stazioni 1 e 2, d'inverno presenta valori più bassi nella stazione 3, posta vicino a una canale d'acqua dolce.

La Figura 22 mostra le concentrazioni di clorofilla a e di feofitina a nello stagno di Tortolì rilevati tra il 2004 e il 2005 (dati tratti dalla relazione di Cannas *et al.*, (2005)). Le oscillazioni dei due pigmenti sono ampie e, mentre la clorofilla presenta più picchi nel corso del periodo studiato, la feofitina mostra un andamento più continuo, con valori massimi nei mesi autunnali in corrispondenza di basse concentrazioni di clorofilla.

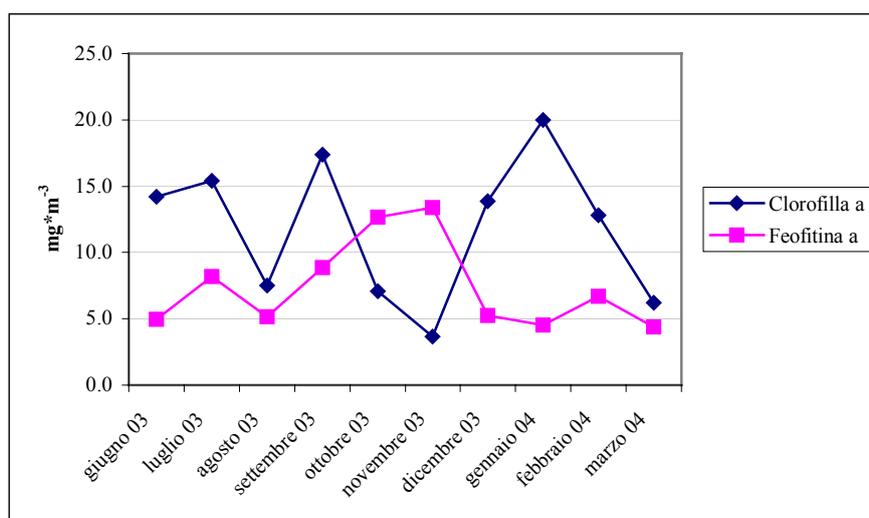


Figura 22 – Concentrazioni di clorofilla a e di feofitina a nello stagno di Tortolì (OG) giugno 2003-marzo 2004. Tratto da Cannas *et al.*, 2005

4.1.2.2 Granulometria

Il sedimento raccolto nelle zone colonizzate dal *Ruditapes* dello stagno di Tortolì è risultato sabbioso in quasi il 70% dei campioni (Figura 17, classificazione USDA, 1993). Anche in questo caso la frazione più abbondante è la sabbia grossolana (Tabella 8).

Il confronto tra le medie delle repliche nelle diverse stazioni attraverso L'ANOVA a una via ha permesso di verificare che non esistono differenze significative escluso tra la stazione 1 e la 2; pur essendo molto vicine esse divergono per la frazione “ limo fine”, molto più abbondante nella prima (25,3 contro 3,25 g*kg⁻¹). La stazione 1 sembra essere influenzata dal sedimento trasportato dalla vicina foce del Rio Mannu, mentre la 2 è protetta dal trasporto perché a ridosso di un piccolo promontorio.

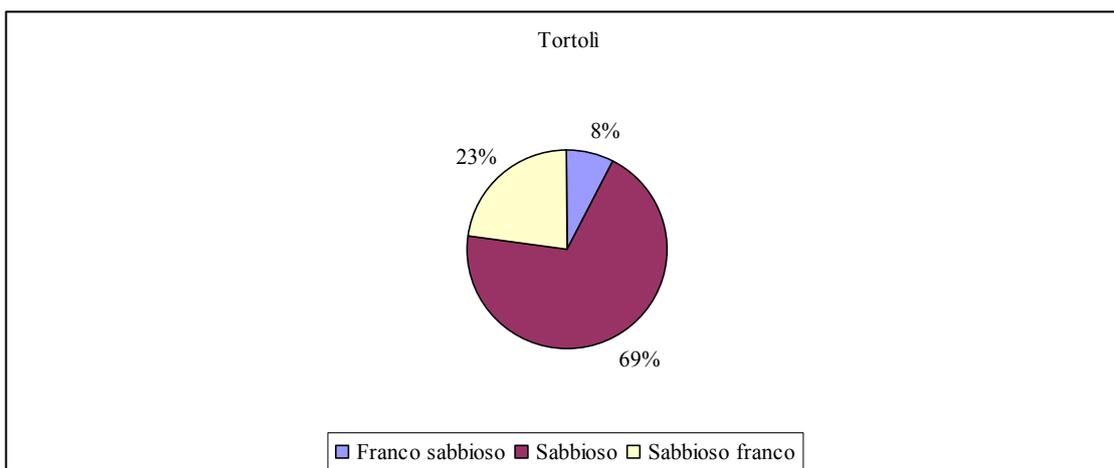


Figura 23 - Tessitura del sedimento nelle stazioni di prelievo. Stagno di Tortoli (OG), primavera 2009 (classificazione U.S.D.A., Soil Survey Division Staff - 1993)

Tabella 8 - Granulometria e scheletro del sedimento in g*kg⁻¹ (Scala U.S.D.A.) dello stagno di Tortoli (OG)

	Minimo	Massimo	Media	Dev. st
Sabbia_grossolana	622.00	933.00	833.46	96.97
Sabbia_fine	42.00	245.00	96.15	54.74
Limo_grossolano	0.00	203.00	26.38	54.52
Limo_fine	0.00	36.00	11.75	13.89
Argilla	20.00	111.00	48.54	26.76
Scheletro%	17.21	52.92	36.61	12.81

4.1.3 Stagno di San Giovanni (CA)

La Stagno di S. Giovanni è formato da alcuni canali che in origine costituivano parte della foce a delta del Flumendosa, uno dei fiumi più importanti della Sardegna. E' di proprietà demaniale e, assieme al vicino stagno di Colostrai, è in concessione alla Cooperativa Pescatori S. Giovanni in comune di Muravera. La peschiera sorge vicino al centro abitato (ne dista solo 4 Km) in una zona intensamente coltivata e in cui va sviluppandosi il turismo.

La superficie totale è di circa 86 ha, la profondità media è di 3 m con punte di 6 m, il fondo fangoso. Nella bocca a mare, munita di scogliera di protezione, si trovano i lavorieri in cemento armato e griglie plastiche, recentemente ristrutturati. Nella peschiera esistono alcuni fabbricati di servizio: la casa del custode e un centro di raccolta del pescato con celle frigo. Le acque dolci, oltre che dal Flumendosa, provengono da alcuni immissari minori periodicamente soggetti a piene rovinose.

S. Giovanni riceve le acque reflue depurate degli abitati di Muravera e S. Vito e i reflui agricoli delle risaie circostanti. La salinità è inferiore ai livelli marini durante tutto l'anno; il turnover è compreso tra 7 e 21 giorni (Cannas *et al.*, 1998).

La pesca, oltre che agli impianti fissi, si svolge con bertovelli, tremagli e nasse. Il *Ruditapes decussatus* è catturato con un rastrello manuale di foggia particolare, diverso da quelli utilizzati nelle altre aree di raccolta (Figura 8).

Nel canale parallelo alla costa, in prossimità della bocca a mare, la cooperativa ha realizzato un piccolo vivaio di mitili e ostriche.

La Figura 24 indica la posizione delle due stazioni di rilevamento, la prima situata alla confluenza del Rio Bau Obilu, la seconda lungo il canale principale.

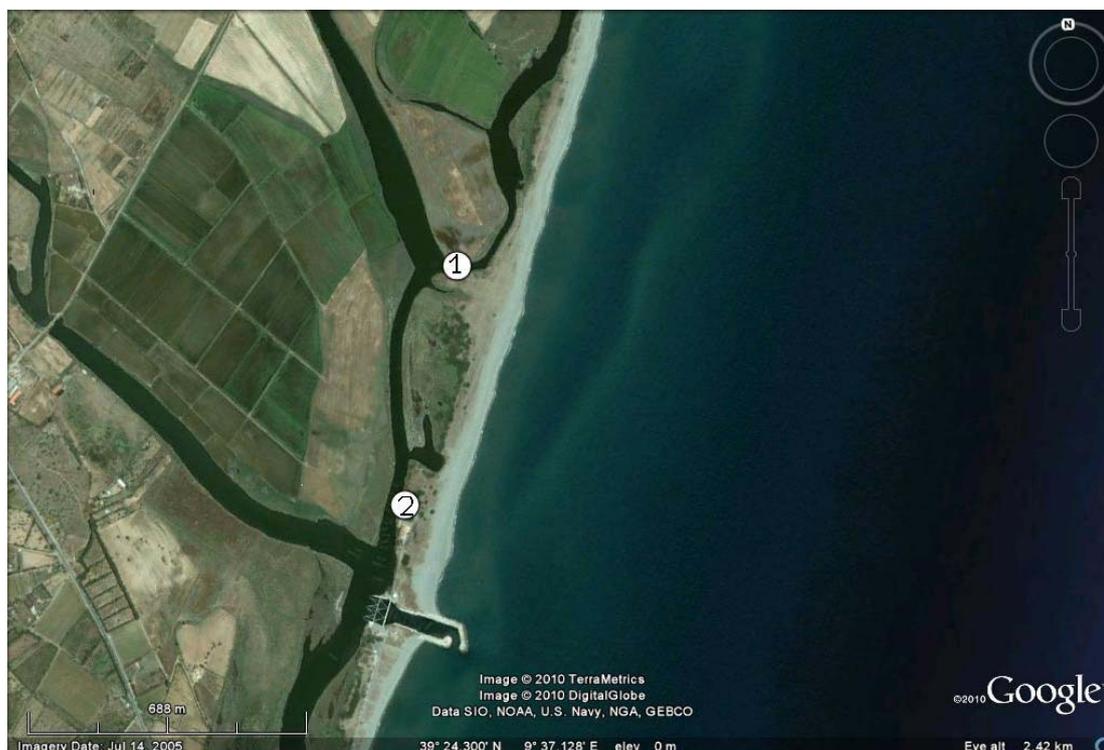


Figura 24 - Stagno San Giovanni (Muravera, CA): stazioni di rilevamento.

4.1.3.1 Caratteristiche delle acque

I dati disponibili in bibliografia sulle caratteristiche delle acque dello stagno di San Giovanni sono rari e frammentari. Il CEDOC della Regione Sardegna riporta i risultati di alcuni rilevamenti compiuti nel mese di marzo dal 2002 al 2009 (solo nel 2007 il prelievo risale al mese di maggio) in nove stazioni nelle vicinanze dell'impianto di

mitilicoltura, in corrispondenza della stazione 2 studiata in questa ricerca. La temperatura e la salinità rilevate a marzo sono abbastanza costanti nelle diverse stazioni, la prima tra $12,1 \pm 0,38$ e $15,88 \pm 0,27$ °C e la seconda tra $29,9 \pm 1,7$ e $36,6 \pm 1,5$ psu (media dei prelievi per stazione). Come si può vedere dal boxplot nella Figura 25 la variazione della concentrazione di clorofilla tra le diverse stazioni e tra i diversi anni di rilevamento è più evidente rispetto a quanto accade per temperatura e salinità.

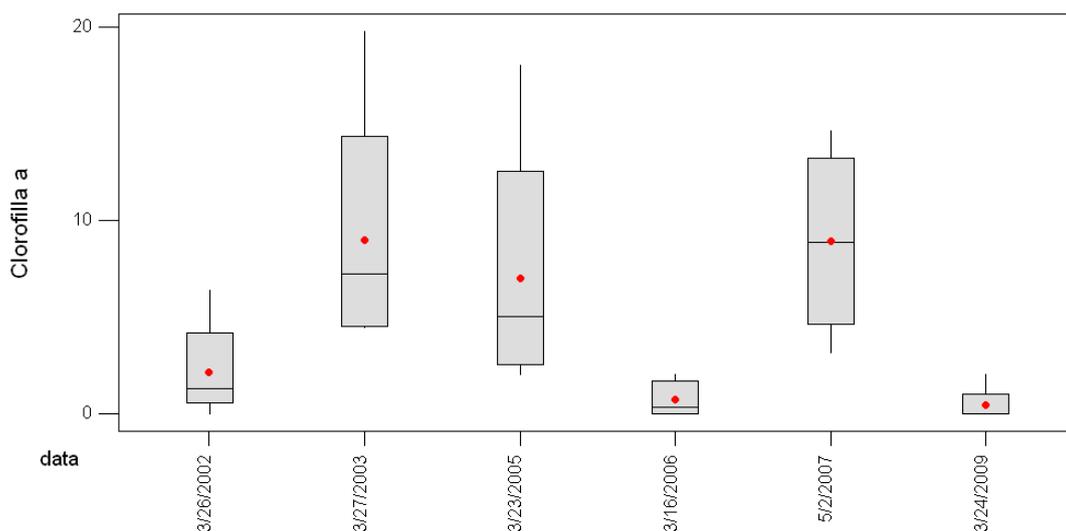


Figura 25 – Concentrazioni medie di clorofilla a (●) (µg/l) nello stagno di San Giovanni di Muravera (CA).

4.1.3.2 Granulometria

La Figura 26 riporta la tessitura del sedimento secondo l' USDA(1993). Si può notare che sono presenti soltanto due tipologie, la più rappresentata è quella sabbiosa rilevato nel 77% dei campioni.

La Tabella 9 riporta invece la percentuale delle diverse frazioni di sedimento e dello scheletro, calcolata su tutti i campioni. Il sedimento è composto quasi esclusivamente da sabbia grossolana, con uno scheletro ridotto.

Il confronto tra le medie dei campioni di ogni stazione attraverso l'ANOVA a una via ha permesso di verificare che esiste una differenza significativa tra le due stazioni per tutte le frazioni del sedimento ($P < 0,05$), esclusa la sabbia fine, l'argilla e lo scheletro.

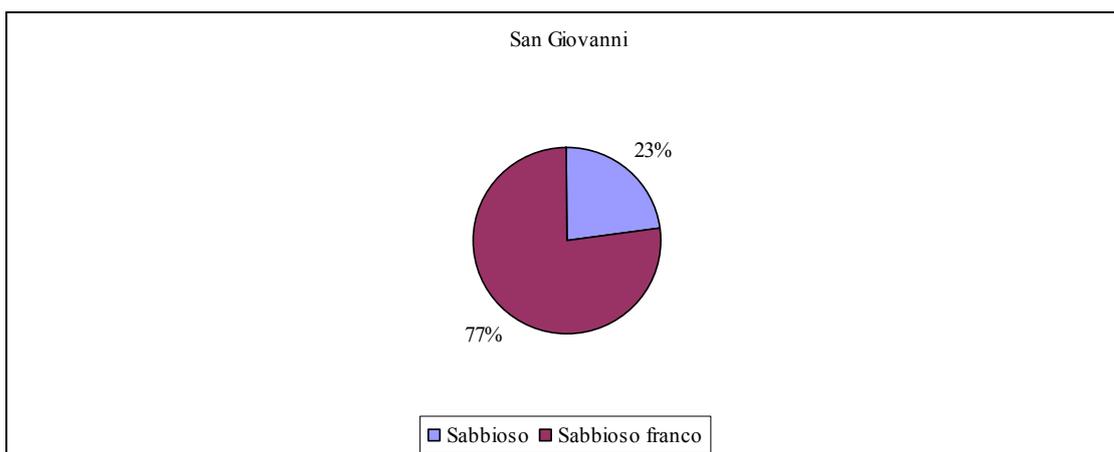


Figura 26 - Tessitura del sedimento nelle stazioni di prelievo. Stagno di San Giovanni (CA), primavera 2009 (classificazione U.S.D.A., Soil Survey Division Staff - 1993)

Tabella 9 - Granulometria e classificazione del sedimento in g*kg⁻¹ (Scala U.S.D.A.) dello stagno di San Giovanni (CA).

	Minimo	Massimo	Media	Dev. St
Sabbia grossa	808.00	974.00	921.20	50.07
Sabbia Fine	0.00	41.00	19.10	15.14
Limo Grosso	0.00	12.00	3.90	4.20
Limo Fine	0.00	55.00	16.00	17.42
Argilla	11.00	71.00	37.80	19.58
Scheletro%	1.80	16.95	5.83	4.54

4.1.4 Stagno di Santa Gilla (CA)

Lo stagno di Santa Gilla si trova all'estremità meridionale della pianura del Campidano; ricade territorialmente nei comuni di Cagliari, Assemini ed Elmas dai quali è possibile l'accesso. La morfologia attuale dello stagno è il risultato di una serie di modifiche, avviate circa duecento anni fa', causate dall'influenza dell'espansione urbana e industriale della città di Cagliari e del suo hinterland e dalle opere di bonifica della pianura del Campidano meridionale.

La laguna di Santa Gilla è di interesse internazionale in base alla Convenzione di Ramsar (D.M. 03/09/1980) e di interesse comunitario in base alle Direttive 79/409 CEE (Z.P.S) e 92/43 CEE (S.I.C.).

Comunica col mare attraverso un'ampia bocca, larga 150 m e profonda circa -3 m. Vi si immettono diversi corsi d'acqua, i più importanti dei quali sono il Flumini Mannu e il Cixerri che sfociano nella parte nord. La regolamentazione del regime idrico

era assicurata da un sistema regolabile di paratoie, purtroppo oggi inefficiente, che avrebbero dovuto consentire di deviare all'esterno dello stagno le acque dolci in eccesso.

Gli scarichi inquinanti che s'immettevano nello stagno confluiscono oggi in due canali distinti: uno sulla riva NE per le acque reflue dei centri urbani e uno su quella SW per gli scarichi della zona industriale.

Il fondale, di natura fangosa, aveva originariamente una profondità media di circa 1 m con punte massime di 3,5 m. Alla fine degli anni '80 è stata realizzata una rete di canalizzazioni sublagunari che hanno aumentato le profondità e ridotto notevolmente le aree di pascolo.

Le acque, in passato di salinità modesta, sono caratterizzate da una marcata marinizzazione, sia per la aumentata circolazione delle acque marine, sia perché gli afflussi dulciacquicoli vengono in parte allontanate a causa della mancanza di un efficiente sistema di regolazione. Nei periodi piovosi si assiste a forti onde di piena che dolcificano improvvisamente l'intero stagno causando talvolta morie della fauna ittica e dei molluschi.

Tra le sponde è stata realizzata una lunga traversa in cemento armato e griglie plastiche che delimita uno specchio acqueo ampio 1.200 ettari; ora la traversa è in disuso in quanto ha presentato gravi problemi di gestione. Le griglie, infatti, sono state rapidamente colonizzate dal fouling che, impedendo la circolazione delle acque, ne ha provocato lo sfondamento. All'estremità meridionale della traversa sono stati costruiti i lavorieri, mai utilizzati a causa della scarsa efficienza e anch'essi in disuso. All'interno e all'esterno della traversa esistono alcuni impianti flottanti a biventia per la mitilicoltura.

Accanto ai lavorieri, in un vasto piazzale esteso circa 5 ha, sono state costruite le strutture di servizio e in particolare un impianto di depurazione per molluschi, uno schiuditoio per la produzione di seme di molluschi (inattivo), un centro aziendale comprendente magazzino, laboratorio idrobiologico, un fabbricato per servizi e uno per le attività sociali.

Lo stagno di S. Gilla è in concessione per la pesca all'omonimo consorzio che comprende sia Cooperative sia pescatori autonomi. La raccolta di *Ruditapes decussatus* ha luogo principalmente nella zona compresa tra la traversa del lavoriero e la S.S. 195. In questa vasta area, estesa circa 130 ha, la raccolta delle vongole è svolta sia da pescatori che operano a piedi con il rastrello, sia da subacquei che pescano "a vista" senza l'uso di alcun attrezzo.

Solo una parte del pescato passa attraverso il centro di spedizione, l'altra, composta molto spesso da esemplari sotto taglia, è venduta abusivamente soprattutto a ristoranti, in quanto è proprio la vongola di pezzatura ridotta che è privilegiata per le ricette tipiche, a causa della maggiore resa.

Il rilevamento ha interessato le zone di basso fondale in cui si concentra la raccolta delle vongole. Le tre aree in cui la presenza di *Ruditapes* è costante si chiamano Donna Laura”(Stazione 1) e “Tramontana” (Stazione 2) nella sponda orientale; “Sa Illetta” (Stazione 3) nella sponda occidentale. L'area classificata per la raccolta e l'allevamento dei molluschi bivalvi è limitata alla zona compresa tra il ponte della SS 195, che attraversa lo stagno a valle della stazione 1, e il mare, pertanto la stazione 1 a è situata in aree non classificate ma viene utilizzata regolarmente .

4.1.4.1 *Caratteristiche delle acque*

Le informazioni recenti, esistenti in bibliografia, sulle caratteristiche chimico – fisiche delle acque dello stagno di Santa Gilla sono piuttosto frammentarie. Il CEDOC della Regione Sardegna riporta alcuni dati rilevati tra la fine di marzo e l'inizio d'aprile negli anni 2003-2004 e 2008-2009 in un numero variabile di stazioni (da 1 a 12) nelle zone di interesse di questa ricerca. La temperatura è variata tra 12,6°C e 15°C, la salinità tra un minimo di 17 psu e un massimo di 33,5 psu mentre le concentrazioni della clorofilla a sono variate da un minimo 2 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, uguale in tutte le stazioni rilevate, a un massimo di $22,7 \pm 4,0 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, quindi anche in questo stagno, molto variabile. In particolare nel 2009, circa un mese dopo il prelievo invernale effettuato in questa ricerca, la temperatura rilevata nella zona di Donna Laura (stazione 1) era pari a 14,9°C e la clorofilla a 19,5 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

4.1.4.2 *Granulometria*

La Figura 28 riporta la tessitura del sedimento secondo la classificazione USDA(1993). Contrariamente a quanto accade per gli stagni descritti in precedenza, in questo caso il sedimento più rappresentato è di tipo sabbioso-franco.

Esaminando la Tabella 10 che riporta le medie dei risultati delle analisi granulometriche eseguite sui campioni relativi a tutte le aree di pesca, si può notare che

la frazione “sabbia grossolana” raggiunge percentuali inferiori rispetto a quanto accadeva negli stagni precedentemente descritti.



Figura 27 - Stagno di Santa Gilla (CA) : stazioni di rilevamento.

L'ANOVA ha permesso di verificare che esiste una differenza significativa tra le medie relative ai campioni di ogni stazione soltanto per la frazione “sabbia fine”, più abbondante nella stazione 2, la più vicina al mare e “limo fine” più abbondante invece nella stazione 1, la più a monte ($P < 0,05$).

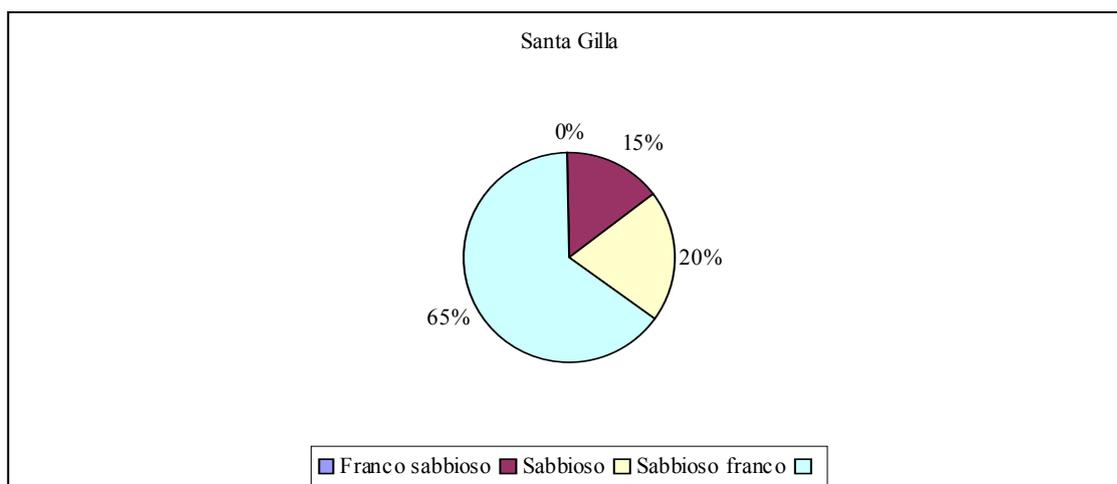


Figura 28 - Tessitura del sedimento nelle stazioni di prelievo. Stagno di Santa Gilla (CA), primavera 2009 (classificazione U.S.D.A., Soil Survey Division Staff - 1993)

Tabella 10 - Granulometria e scheletro del sedimento dello stagno di Santa Gilla (CA) in g*kg⁻¹ (Scala U.S.D.A., Soil Survey Division Staff - 1993)

	Minimo	Massimo	Media	Dev. St
Sabbia grossa	444.00	715.00	546.80	90.42
Sabbia Fine	133.00	467.00	255.40	129.21
Limo Grosso	1.00	115.00	30.10	34.22
Limo Fine	16.00	246.00	112.80	81.94
Argilla	10.00	96.00	55.20	25.35
Scheletro % (g)	4.18	23.99	14.36	5.41

4.1.5 Valle di Marceddì e stagno Corru s'ittiri (OR).

I due stagni si trovano nel golfo d'Oristano e sono entrambi in concessione per la pesca al Consorzio Cooperative Riunite della pesca di Marceddì, composto da 120 soci, con sede a Terralba (OR). Vista la loro contiguità geografica, essi saranno descritti assieme.

La Valle di Marceddì è una profonda insenatura, orientata a Nord-Ovest, situata nella parte meridionale del golfo di Oristano in un territorio a forte vocazione agricola e zootecnica. Si tratta di un'antica valle fluviale invasa dal mare, delimitata nel versante sud dalle colline della penisola di Capo Frasca, mentre il versante nord è costituito da una successione di cordoni litorali di retrospiaggia di origine eolica. La Valle è estesa circa 1.600 ettari e la sua profondità è variabile: nelle zone più interne si aggira attorno a

– 0,4 m per arrivare anche a - 4 metri nella parte più esterna. Nella Valle di Marceddi sfociano vari fiumi di notevole portata: il Rio Mannu, il Flumini Mannu, il Rio Sitzzerri e vi confluiscono inoltre le acque drenate dai canali della bonifica di Arborea.

L'attuale morfologia è il risultato d'imponenti lavori di bonifica che hanno comportato tra l'altro la realizzazione di uno sbarramento, corredato di impianti di cattura, che delimita una laguna divisa in due diversi bacini, il più interno costituito dal preesistente stagno di S. Giovanni, con superficie di circa 250, ettari e il più esterno la "Terza peschiera" esteso circa 600 ettari. Oggi sia lo sbarramento che i lavorieri sono in disuso.



Figura 29 - Valle di Marceddi (OR) Localizzazione delle stazioni di prelievo.



Figura 30 – Stagno di Corru s’ittiri (OR): stazioni di rilevamento.

A nord della Valle si trova lo stagno di Corru e s’Ittiri, nel comune di Arborea (OR), esso occupa una superficie complessiva di 150 ha e ha una forma allungata con orientamento nord-sud. Comunica con il mare tramite una bocca principale nell’estremità meridionale ed una seconda a nord, entrambe dotate di impianti fissi di cattura. Di fronte alla bocca a mare principale è stato realizzato uno sbarramento, intervallato da varchi, che delimita una vasta area denominata “avampeschiera”, originariamente profonda circa tre metri ma attualmente con vaste aree a profondità inferiore.

La profondità media dello stagno di Corru s’ittiri è i -80 cm, ma i canali ed alcune zone prossime ai lavorieri raggiungono -2 m. Il fondo è di natura fangosa. Gli afflussi di acqua dolce provengono principalmente da canali della rete di drenaggio del vicino

comprensorio irriguo. La presenza di *R. decussatus* in queste aree, a causa della instabilità delle condizioni ambientali, varia in modo consistente da un anno all'altro.

Nell'autunno 2005, come spesso accaduto negli anni precedenti, la zona ha subito una violenta alluvione che ha creato notevoli problemi di carattere igienico – sanitario e la morte dei *Ruditapes* presenti all'interno della Valle e dello stagno di Corru s'Ittiri. Una situazione simile si è ripetuta durante l'inverno e la primavera 2009; le abbondanti piogge hanno dolcificato quasi completamente vaste aree con conseguenti morie nei banchi di vongole presenti.

In questo studio sono state considerate quattro stazioni di prelievo nella Valle di Marceddì e due nel tratto di costa compreso tra la Valle e lo stagno di Corru s'ittiri (Figura 29); in quest'ultimo sono state considerate tre stazioni (Figura 30). Nel solo prelievo primaverile ed estivo è stata monitorata anche la stazione n 4, situata di fronte alla comunicazione della avanpeschiera e il mare, in quanto da osservazioni effettuate in precedenti studi era apparsa l'importanza dell'area come nursery.

4.1.5.1 Caratteristiche delle acque

Sul sito del CEDOC della regione Sardegna sono disponibili alcuni dati su rilevamenti mensili di salinità, temperatura e concentrazione di clorofilla a per un minimo di quattro anni compresi tra il 2002 e il 2008. Il rilevamento era compiuto in un'unica area posta di fronte alla stazione 3 e ha riguardato solo in alcuni mesi dell'anno. Le figure seguenti mostrano i boxplot relativi a questi parametri. Il 2003 è stato l'anno che ha mostrato le più ampie oscillazioni; la temperatura ha presentato un minimo di 6°C nel gennaio 2003 e un massimo di 30,9°C nell'agosto dello stesso anno, la salinità ha oscillato tra 17 psu nel gennaio 2003, in corrispondenza con i minimi di temperatura, e 42,2 psu nel luglio 2002; da notare comunque che nel giugno 2003 la salinità ha raggiunto i 42 psu a conferma del fatto che quell'anno è stato caratterizzato da intense escursioni termiche e saline.

Per quanto riguarda la concentrazione di clorofilla a, le oscillazioni vanno dalla pressoché totale assenza nell'aprile 2003 a 37,6 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ nel luglio 2002. La concentrazione di questo parametro presenta escursioni limitate rispetto a quanto visto per altre lagune studiate in questa indagine.

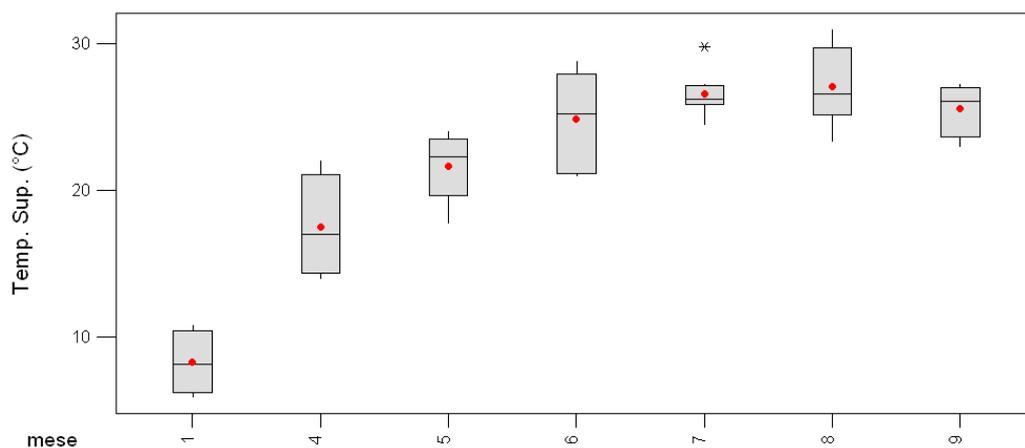


Figura 31 - Stagno Corru s'ittiri (OR) - Temperatura media mensile (●) (°C) anni 2002-2008 (CEDOC Regione Sardegna)

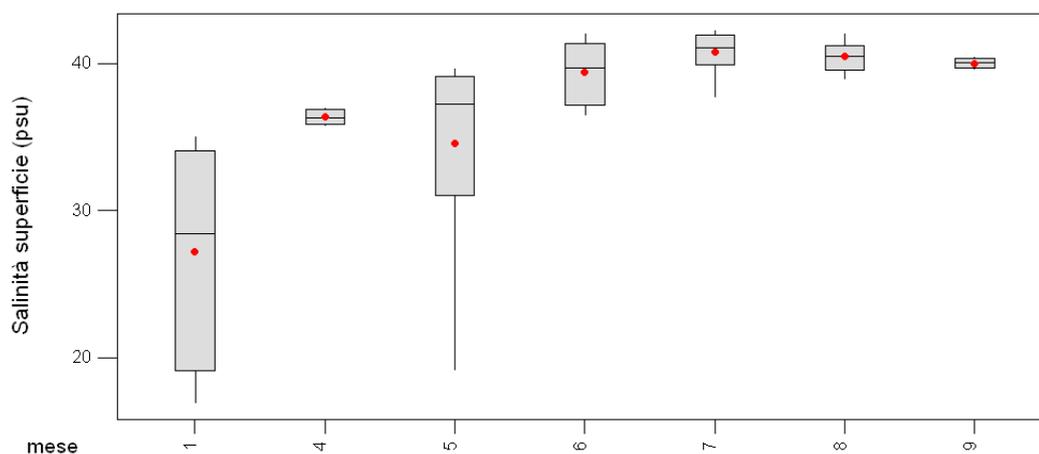


Figura 32 - Stagno Corru s'ittiri (OR) - Salinità media mensile (●) (psu) anni 2002-2008 (CEDOC Regione Sardegna)

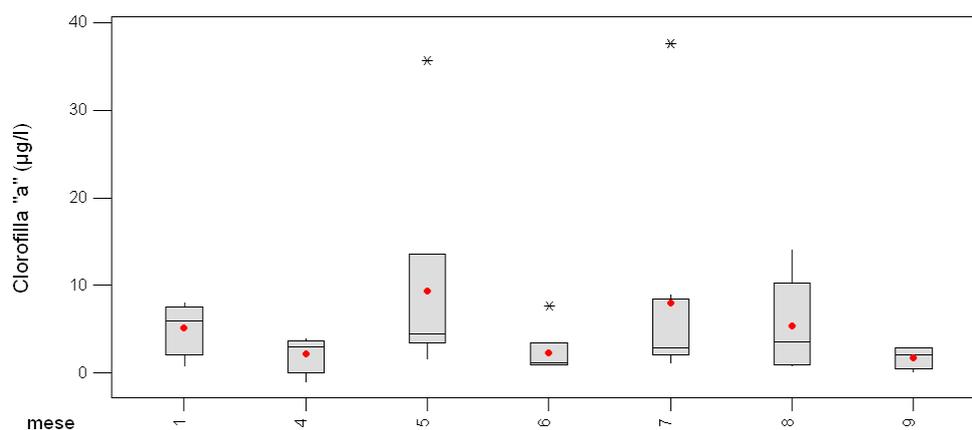


Figura 33 - Stagno Corru s'ittiri (OR) - Concentrazioni medie di clorofilla a (●) (µg/l) anni 2002-2008 (Medie, indicate dai cerchi, eseguite sui dati disponibili nel CEDOC regione Sardegna)

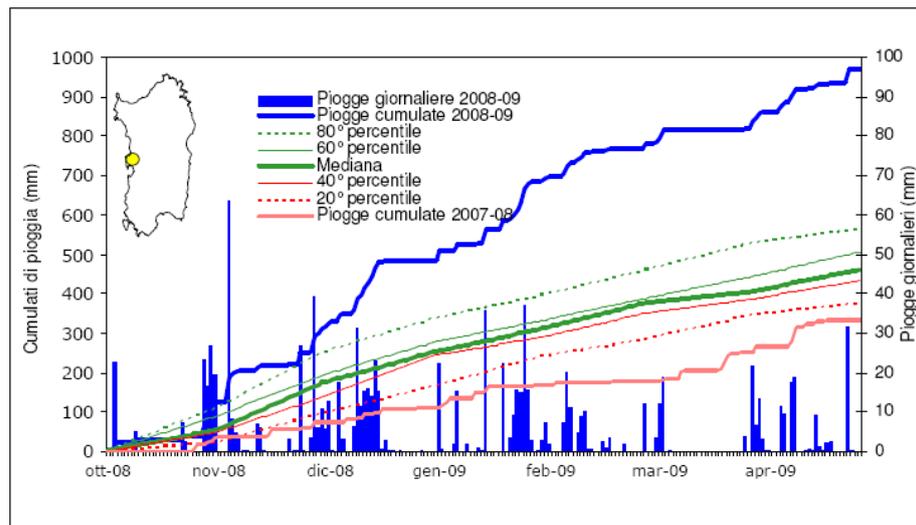


Figura 34 - Valori giornalieri e cumulati delle precipitazioni misurate nel periodo ottobre 2008 – aprile 2009, stazione di Milis (OR). Raffronto con la precedente stagione piovosa e con i percentili dei cumulati calcolati sulla serie storica 1961-1990. (Arpas, 2009)

La Figura 34 illustra invece l'andamento delle precipitazioni. Si può notare che negli anni 2008-2009 esse sono state estremamente abbondanti rispetto alle medie 1961-1990, e come si può verificare dal confronto delle piogge cumulate degli anni 2007 – 2008, periodo nel quale gli esemplari di maggior lunghezza di *Ruditapes* erano già presenti nella laguna, sono in alcuni mesi più che raddoppiate.

4.1.5.2 Granulometria

La Tabella 11 riporta i risultati delle analisi granulometriche eseguite nella Valle di Marceddì, sui campioni relativi alle stazioni 1, nella sponda sud della Valle, e 5 di fronte all'abitato di Marceddì, all'esterno dello sbarramento della terza peschiera (Figura 29). Solo in queste stazioni infatti, sono stati rinvenuti nel prelievo primaverile esemplari di *R. decussatus*.

La tessitura è prevalentemente di tipo sabbioso-franco secondo la scala U.S.D.A. (1993), in particolare nella stazione n 1 mentre la stazione n 5 presenta esclusivamente un sedimento di tipo sabbioso così come la stazione 1 dello stagno di Corru s'ittiri.

Le due stazioni rilevate a Marceddì differiscono in modo significativo per la maggior parte delle frazioni, in particolare per la sabbia e il limo fine (ANOVA, $P < 0,05$) e soprattutto per l'argilla e per lo scheletro ($P < 0,01$). Queste frazioni, esclusa la sabbia

fine, sono molto più abbondanti nella stazione 1, interna alla peschiera mentre la 5 è esterna.

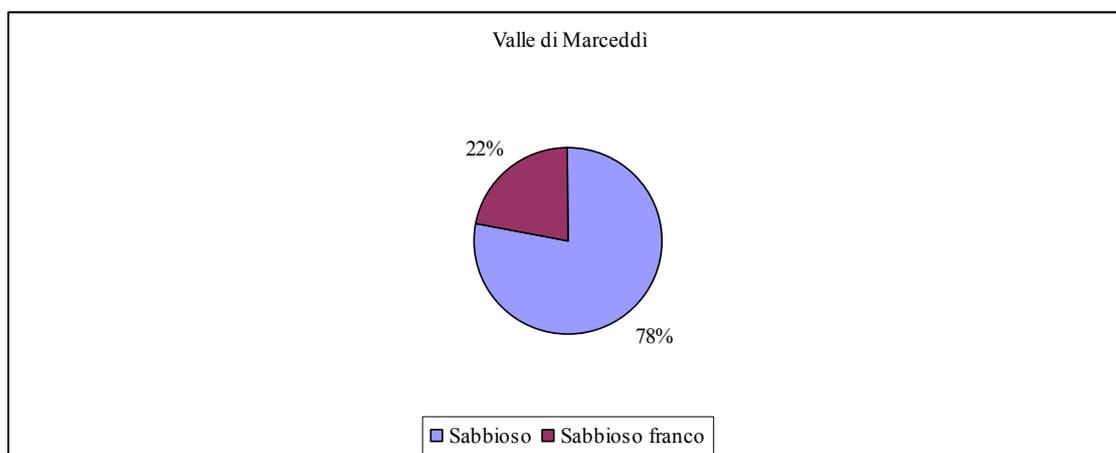


Figura 35 - Tessitura del sedimento nelle stazioni di prelievo. Valle di Marceddi(OR), primavera 2009 (classificazione U.S.D.A., Soil Survey Division Staff - 1993)

Tabella 11 - Granulometria e scheletro della Valle di Marceddi (OR) in g*kg⁻¹ (Scala U.S.D.A., Soil Survey Division Staff - 1993)

	N	Minimo	Massimo	Media	Dev. St
Sabbia grossa	10	395.00	773.00	651.20	98.79
Sabbia Fine	10	111.00	556.00	258.80	123.79
Limo Grosso	10	1.00	43.00	12.80	12.66
Limo Fine	10	2.00	65.00	21.10	20.34
Argilla	10	30.00	101.00	55.90	26.12
Scheletro%	10	3.91	47.89	25.75	16.49

La Tabella 12 riporta gli stessi dati per l'unica stazione dello Stagno Corru s'ittiri, la n 1, ove la presenza di *Ruditapes* nel prelievo primaverile è stata significativa. La stazione si trova in prossimità della bocca a mare settentrionale.

Tabella 12 - Granulometria e scheletro del sedimento dello stagno Corru s'ittiri (OR) in g*kg⁻¹ (Scala U.S.D.A., Soil Survey Division Staff - 1993)

	Minimo	Massimo	Media	Dev. St
Sabbia grossa	716.00	809.00	756.20	33.85
Sabbia Fine	161.00	250.00	211.60	32.59
Limo Grosso	0.00	6.00	2.40	2.88
Limo Fine	0.00	6.00	2.00	2.35
Argilla	23.00	33.00	27.60	4.34
Scheletro %	13.26	20.22	18.12	2.81

4.1.6 Stagno del Calich (SS)

Lo stagno di Calich è situato nel comune di Alghero (SS) in prossimità della frazione Fertilia, nella costa nord-occidentale della Sardegna. E' di proprietà in parte demaniale, in parte dell'Agenzia Regionale Laore Sardegna; la concessione per la pesca è assegnata alla cooperativa " Il Golfo e la laguna" di Alghero. Con una superficie di circa 97 ha e una profondità massima di 4 m, è idealmente suddiviso in due corpi idrici principali, uno occidentale di maggior superficie, il Calich propriamente detto, in più vicina al mare e l'altro, più orientale e di minor superficie, chiamato "Calighet".

Lungo la duna litoranea e, in generale, attorno alle sponde dello stagno predomina una vegetazione di tipo mediterraneo. La duna ospita un camping.

Lo stagno comunica col mare attraverso un unico largo canale lungo 260 m situato nell'estremità occidentale, usato come porticciolo per numerose imbarcazioni da pesca e da diporto. Nell'area vicina al canale ha sede un piccolo cantiere navale. In prossimità della congiunzione del canale a mare con lo stagno è stato realizzato uno sbarramento in legno in cui è situato un lavoriero, tuttora inutilizzato in quanto non ancora consegnato dalla Regione Sardegna alla cooperativa concessionaria. Nella sponda settentrionale è stato inoltre realizzato un sistema d'isolotti e canali atti a favorire la permanenza e la crescita del novellame.

Gli apporti d'acqua dolce sono garantiti principalmente da tre immissari il più importante dei quali è il Rio Barca che ha un apporto stimato in 80-90 milioni di m³/anno. I valori di salinità, a causa degli intensi e discontinui apporti d'acqua dolce e degli elevati ricambi marini, presentano ampie oscillazioni spazio-temporali e variano dal 5 ‰ nella stagione invernale al 38 ‰ nei mesi estivi (Cannas *et al.* 2001).

L'unico fabbricato aziendale è costituito dalla casa del custode, di proprietà del precedente concessionario. Esiste inoltre un piccolo locale di servizio ai lavorieri attualmente non utilizzato.

Le acque non sono classificate ai sensi del Regolamento (CE) 853/2004 del 29 aprile 2004 pertanto la raccolta e l'allevamento dei molluschi sono vietati. Esiste però una attività di pesca abusiva sviluppata soprattutto nel periodo estivo.



Figura 36 – Stagno del Calich (SS) : stazioni di rilevamento.

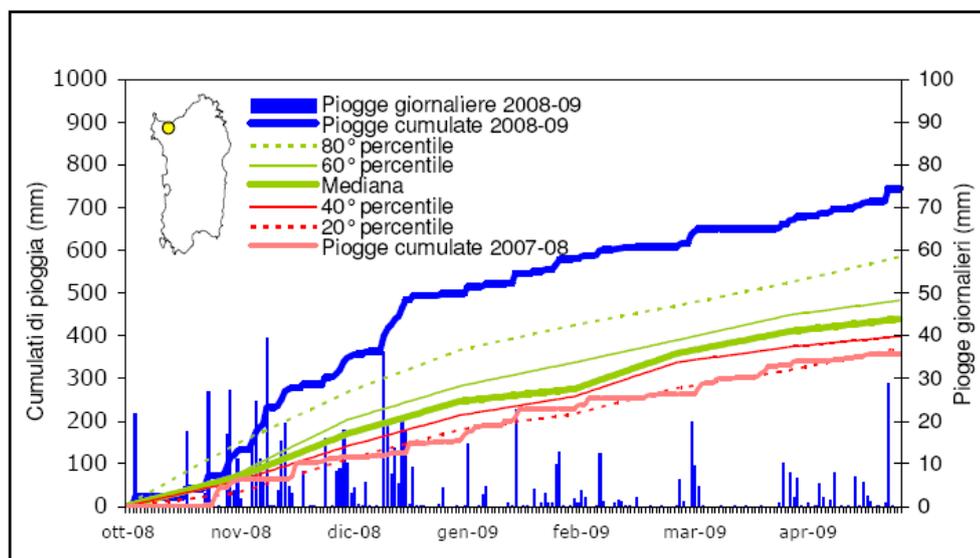


Figura 37 - Valori giornalieri e cumulati delle precipitazioni misurate nel periodo ottobre 2008 – aprile 2009, stazione di Olmedo (SS) . Raffronto con la precedente stagione piovosa e con i percentili dei cumulati calcolati sulla serie storica 1961-1990. (Arpas, 2009)

L'indagine sulla popolazione del *Ruditapes decussatus* ha interessato tre aree in cui la specie si rileva regolarmente, tutte situate in vicinanza della bocca a mare, la cui localizzazione è visibile in Figura 36. La stazione 1 si trova nella sponda meridionale, in

corrispondenza dell'area camping, la seconda nel punto di confluenza con il Rio Fighera, che trasporta le acque del comprensorio di bonifica della Nurra, e la terza lungo le sponde dell'isolotto esistente alla confluenza col Rio Barca.

4.1.6.1 Caratteristiche delle acque

La Figura 37 riporta l'andamento delle precipitazioni nel periodo ottobre 2008-aprile 2009 raffrontato agli anni precedenti e alla mediana del periodo 1961-1990. Come per gli altri stagni, anche in questo caso la piovosità durante il periodo in cui si è svolta questa ricerca è stata caratterizzata da piogge eccezionali che hanno provocato una forte dolcificazione delle acque dello stagno

La Figura 38 illustra invece l'andamento della temperatura, della salinità e della clorofilla a nell'anno 2007, l'unico per cui è disponibile la serie mensile completa. I valori riportati nel grafico derivano dalla media dei rilevamenti compiuti in due stazioni, una nei pressi della bocca a mare, un'altra a nord della stazione n 2.

Per quanto riguarda la temperatura, nel 2007 ha oscillato da un minimo di 10,5°C a un massimo di 26,5°C, La salinità ha raggiunto il valore minimo in novembre nella stazione 2 (7 psu) e il massimo, pari a 37 psu a gennaio. I dati disponibili per i mesi di gennaio e febbraio 2005 e 2006 sono molto differenti; le stesse stazioni presentano infatti salinità che variano tra 2 e 9 psu. La concentrazione di clorofilla a presenta, come tipico di questo parametro, ampie fluttuazioni con un picco nel mese di giugno.

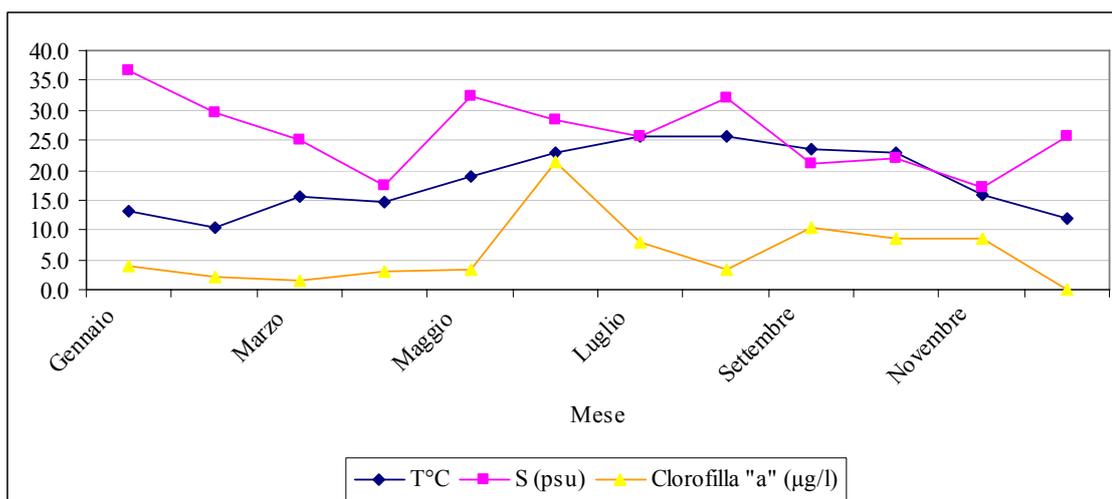


Figura 38 – Laguna del Calich: Temperatura sul fondo, Salinità e Clorofilla a, anno 2007 (CEDOC regione Sardegna)

4.1.6.2 Granulometria

La Figura 39 riporta la tessitura del sedimento secondo la classificazione USDA(1993). Il tipo più rappresentato è di tipo sabbioso-franco e franco - sabbioso. Il sedimento è molto variabile anche all'interno della stessa stazione, con prevalenza di sedimento sabbioso e franco-sabbioso nella stazione 1, franco-argillo-sabbioso nella 2 e franco-sabbioso nella 3. Nel prelievo primaverile è stata considerata anche una quarta stazione posta in prossimità dello sbarramento dei lavorieri, ove prevale il sedimento franco – sabbioso. Nella stazione 2 il fondo era ricoperto da un mantello di detrito di *Posidonia oceanica* molto spesso e continuo.

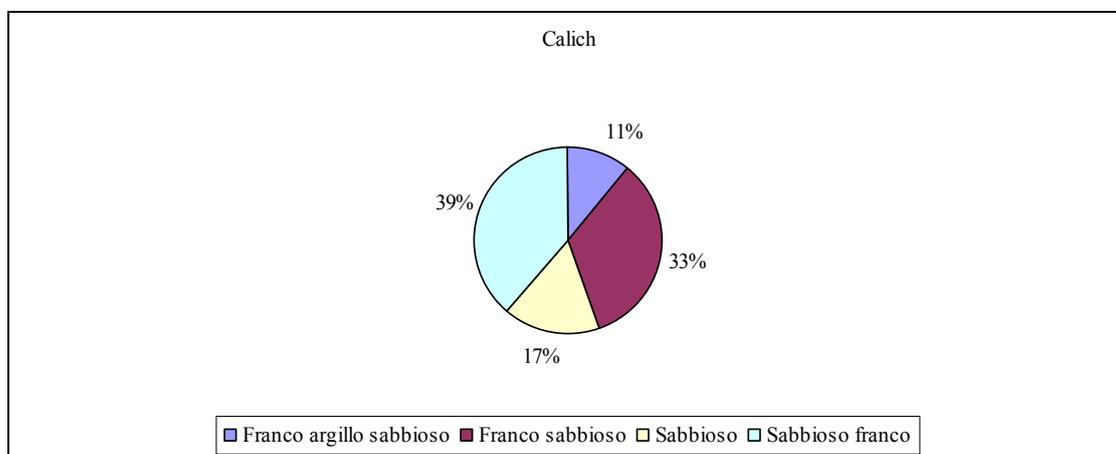


Figura 39 - Tessitura del sedimento nelle stazioni di prelievo. Stagno del Calich (SS) , primavera 2009 (classificazione U.S.D.A., Soil Survey Division Staff - 1993)

La Tabella 13 riporta i risultati delle analisi granulometriche eseguite sui campioni provenienti da tutte le aree di pesca. Anche in questo caso la frazione sabbia grossolana è la prevalente, anche se con valori minimi inferiori a quelli degli altri siti studiati, escluso Marceddi.

Tabella 13 - Granulometria e classificazione del sedimento dello stagno del Calich in g*kg⁻¹ (Scala U.S.D.A., Soil Survey Division Staff - 1993)

	Minimo	Massimo	Media	Dev. St
Sabbia grossa	398.00	745.00	597.89	98.83
Sabbia Fine	120.00	244.00	179.17	40.08
Limo Grosso	1.00	117.00	46.22	28.78
Limo Fine	6.00	155.00	51.56	43.49
Argilla	63.00	239.00	113.94	48.48
Scheletro	5.29	41.36	26.53	12.94

L'ANOVA calcolata sulle medie dei campioni di ogni stazione ha permesso di verificare che le differenze maggiori riguardano la stazione 1, la più vicina alla bocca a mare, con la 3, la più interna. Esse differiscono significativamente per tutte le frazioni escluse la sabbia grossolana e l'argilla.

4.2 Le produzioni di *Ruditapes decussatus* in Sardegna

La raccolta delle serie storiche del pescato commerciale fornite negli anni dai diversi concessionari ha permesso di realizzare il grafico in Figura 40 che riporta, sia pure in modo non sempre continuo, i dati sulle produzioni commerciali di *R. decussatus*, dal 1979 al 2007, relativi a cinque dei sette siti studiati nella ricerca. Non si conoscono, infatti, le produzioni della laguna del Calich, le cui acque non sono classificate e sono frequentate essenzialmente da pescatori abusivi, e quelle del golfo di Olbia, per la mancanza di rispetto delle regole che contraddistinguono quest'area. In generale si assiste ad una diminuzione delle produzioni, anche se non generalizzato per tutti i siti. Il calo più evidente riguarda lo stagno di Corru s'ittiri e la Valle di Marceddi. I due siti nel 1991 hanno prodotto complessivamente oltre 56.500 tonnellate di vongola verace; le rese 2007 corrispondono quindi solo al 25% delle produzioni di vent'anni fa'. Il calo più marcato si è verificato nell'anno 2004, per cause non note; in seguito i problemi ambientali dovuti all'alluvione dell'autunno 2005 di cui si è parlato nel paragrafo 4.1.5 hanno causato morie nella Valle e compromesso ulteriormente la produzione. Negli anni successivi la situazione è, però addirittura peggiorata è l'alluvione del periodo 2008-2009 ha certamente aggravato una situazione già critica. Va rilevato però che, nel caso della Valle di Marceddi, ai problemi ambientali si sono sovrapposte criticità della gestione che rendono difficile il pieno controllo del pescato.

Anche le produzioni dello stagno di Tortoli mostrano un calo progressivo. Esso, a detta dei concessionari, dipende da una progressiva marinizzazione delle acque dovuta alle opere idrauliche realizzate sul principale affluente, il Rio Girasole che limitano l'afflusso di acqua dolce al bacino. Da notare però che, nell'anno 2010, si è assistito ad un nuovo incremento produttivo, che potrebbe essere spiegato dalla dulcificazione dello stagno causato dalle intense piogge del 2009.

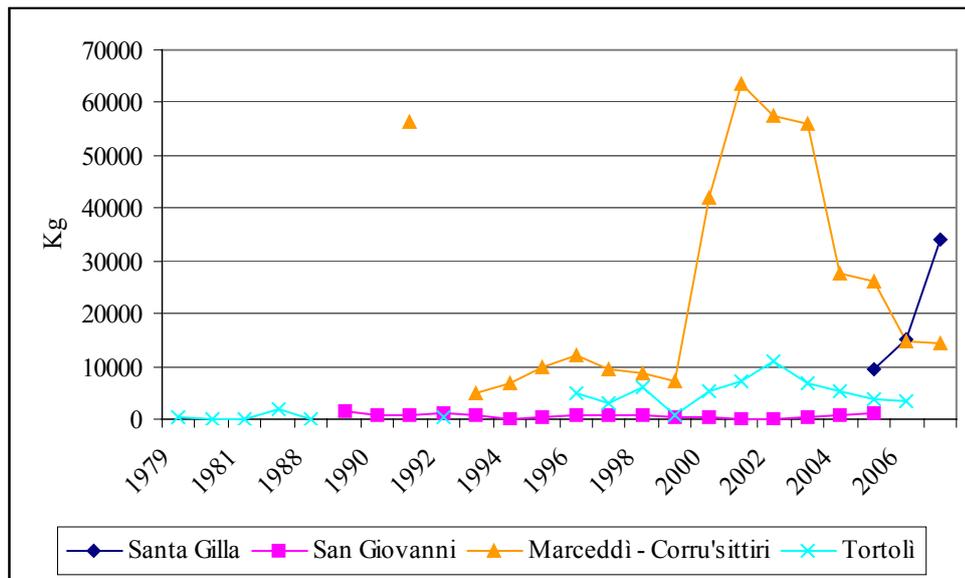


Figura 40 - Produzione di *Ruditapes decussatus* dal 1979 al 2007.

Lo stagno di San Giovanni mostra produzioni ridotte ma costanti mentre il pescato di S. Gilla, nei tre anni per i quali si possiedono i dati, è in crescita. Ciò probabilmente dipende dal progressivo controllo della pesca abusiva, fenomeno che costituisce uno dei principali problemi di questo sito.

4.3 Distribuzione e densità di *Ruditapes decussatus* in Sardegna

Si analizzano di seguito i singoli siti studiati e in seguito si procederà ai confronti sulla distribuzione e la densità di *R. decussatus* nelle diverse località.

4.3.1 Golfo di Olbia (OT)

La densità di *R. decussatus* nel golfo di Olbia ha mostrato forti variazioni spaziali e temporali. Considerando assieme tutte le aree di pesca, si sono confrontate le densità in tutte le repliche effettuate nel golfo per stagione. La Tabella 14 riporta la densità media in ogni stagione ($n \cdot m^{-2}$). In generale, com'è visibile dagli ampi intervalli di confidenza, essa è apparsa molto eterogenea. Il maggior numero di esemplari rilevato in primavera è legato, come si vedrà nei capitoli successivi, al reclutamento.

Il test di Kruskal-Wallis ($H=15,48$, $P<0,01$) evidenzia una significativa differenza delle densità tra le stagioni, in particolare tra la primavera e tutte le altre (Test di Mann – Whitney: $P<0,01$).

Tabella 14 – Media, deviazione standard e intervallo di confidenza (metodo Bootstrap) della densità di *Ruditapes decussatus* per replica ($n \cdot m^{-2}$). Golfo di Olbia, autunno 2008 – estate 2009.

	media	Intervallo di confidenza	
	$n \cdot m^{-2}$	Minimo	Massimo
Autunno	93,5 ± 19,1	56,0	131,0
Inverno	78,8 ± 24,5	30,7	126,9
Primavera	188,8 ± 34,5	121,2	256,3
Estate	88,4 ± 15,2	58,6	118,1

L'eterogeneità emerge analizzando la Figura 41 che mostra la densità media di *R. decussatus* nelle diverse stazioni studiate. I valori maggiori sono stati rilevati in primavera nella stazione 8, la più interna del golfo ($487 \pm 368 \cdot m^{-2}$ esemplari), mentre la densità massima, molto più elevata, ha corrisposto ad una replica invernale della stazione 2, all'interno della peschiera di Sos tramezzos ($898 \cdot m^{-2}$).

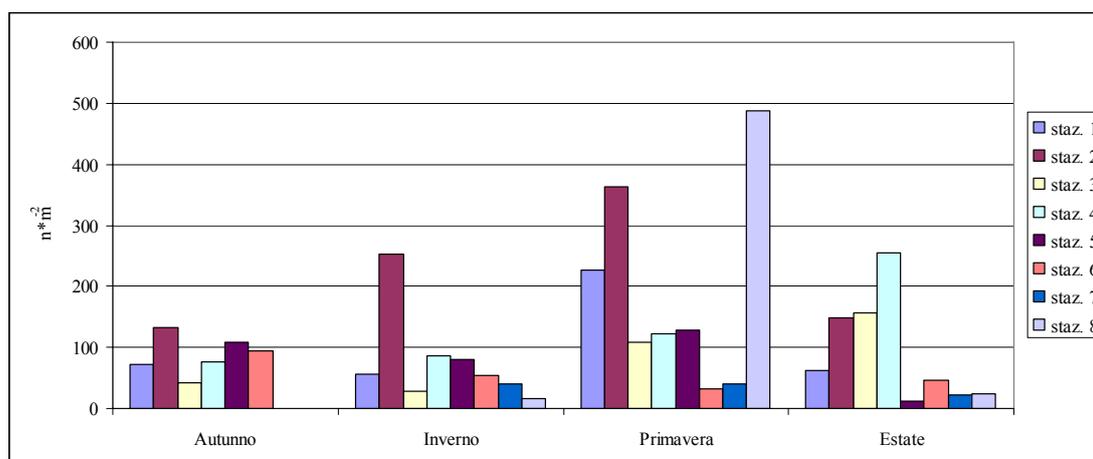


Figura 41 - Densità di *Ruditapes decussatus* per stagione ($n \cdot m^{-2}$). Golfo di Olbia, autunno 2008 – estate 2009.

Il test di di Kruskal-Wallis è stato utilizzato anche per verificare l'esistenza di differenze statisticamente significative nella densità degli individui tra le diverse stazioni nella stessa stagione (Tabella 15). In autunno ed inverno la differenza non è risultata significativa, mentre lo è stata nell'estate, quando si è verificato ad un netto calo della densità. In questa stagione si è rilevata una differenza tra le stazioni da 1 a 4, situate nella sponda meridionale del golfo, con le altre, meno densamente popolate (test U di Mann-

Withney: $P < 0,01$); la differenza tra le stazioni da 5 a 8, localizzate al centro e nella sponda nord, non è stata invece significativa.

Tabella 15 – Test di Kruskal-Wallis sulle densità medie di *R. decussatus* per stagione. Golfo di Olbia, autunno 2008 – estate 2009.

Stagione	Autunno	Inverno	Primavera	estate
H	2,94	10,99	20,09	30,94
P	n.s.	n.s.	0.05	<0.01

Nel prelievo della stagione invernale la differenza di densità non è stata significativa ma H è maggiore ($H=10,99$) a significare una maggiore eterogeneità nella distribuzione rispetto alla stagione precedente. Rispetto alla stagione autunnale si nota la diminuzione degli esemplari, giustificato dal perdurare dell'attività di pesca.

4.3.2 Stagno di Tortolì (OT)

L'eterogeneità spaziale e temporale rilevata ad Olbia si è presentata anche nello stagno di Tortolì. Considerando assieme tutti i campioni prelevati nel sito (Tabella 16), si nota una densità crescente passando dall'autunno all'estate successiva, stagione in cui si sono rilevati i valori maggiori con una media di 122 *m^{-2} esemplari.

La Figura 42 mostra la densità di *R. decussatus* nelle diverse stazioni di rilevamento. La consistenza numerica della popolazione, oltre a variare nelle diverse stagioni, si è differenziata anche nell'ambito della stessa stazione.

Tabella 16 - Media, deviazione standard e intervallo di confidenza (metodo Bootstrap) della densità di *Ruditapes decussatus* per replica ($\text{n} \cdot \text{m}^{-2}$). Stagno di Tortolì, autunno 2008 – estate 2009

	Media	Intervallo di confidenza	
	$\text{n} \cdot \text{m}^{-2}$	Minimo	Massimo
Autunno	$28,5 \pm 33,5$	10,0	47,1
Inverno	$54,4 \pm 40,9$	31,7	77,1
Primavera	$95,7 \pm 79,4$	51,7	139,6
Estate	$122,2 \pm 105,9$	63,6	180,8

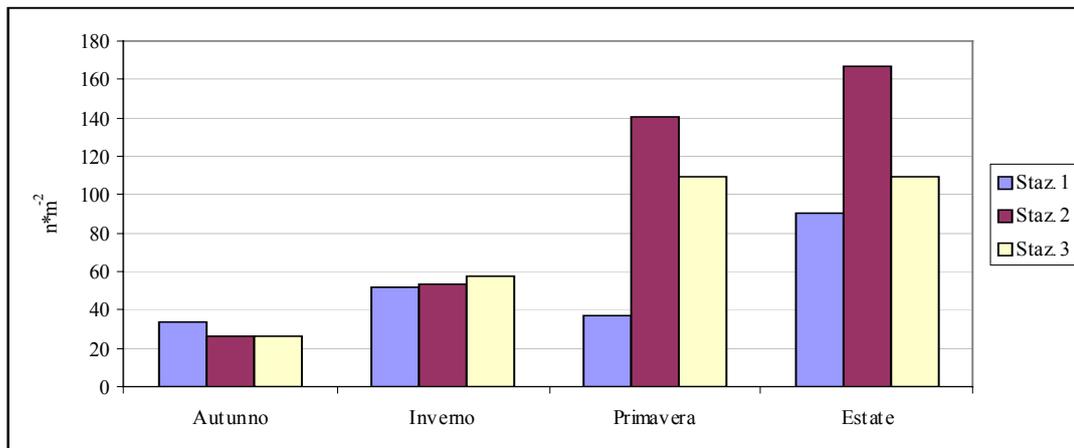


Figura 42 - Densità di *Ruditapes decussatus* (n*m⁻²) per stagione e stazione. Stagno di Tortoli, autunno 2008 – estate 2009

La massima densità si è riscontrata d'estate nella stazione 2 con $167 \pm 159 \cdot m^{-2}$ esemplari mentre nella stazione 3, situata lontana dalla bocca a mare e nei pressi di un canale di acqua dolce, sempre in estate è stata rilevata la replica con la densità più elevata, con $389 \cdot m^{-2}$ esemplari.

Dal momento che le distribuzioni delle densità sono normali, si è utilizzata l'ANOVA a due vie per verificare l'esistenza di differenze significative tra le varie stagioni e stazioni ed eventuali interazioni. La differenza delle densità tra stazioni non è significativa mentre lo è quella tra le stagioni ($P < 0,01$); non esiste una significativa interazione tra i due fattori .

4.3.3 Stagno San Giovanni (CA)

La Tabella 17 riporta la media e gli intervalli di confidenza calcolati in ogni stagione su tutte le repliche effettuate. Si può notare che la situazione rilevata è molto eterogenea e che, come per lo stagno di Tortoli, la densità è aumentata passando dall'inverno all'estate.

Tabella 17 - Media, deviazione standard e intervallo di confidenza (metodo Bootstrap) della densità di *Ruditapes decussatus* per replica ($n \cdot m^{-2}$). Stagno san Giovanni di Muravera (CA), autunno 2008–estate 2009

	Media	Intervallo di confidenza	
	$n \cdot m^{-2}$	Minimo	Massimo
Autunno	119,2 ± 25,2	69,7	168,7
Inverno	240,1 ± 52,4	137,3	342,8
Primavera	316,7 ± 54,7	209,4	424,0
Estate	495,35 ± 121,12	258,0	732,7

La Figura 43 mostra la densità di *Ruditapes decussatus* nelle due stazioni considerate. La distribuzione della densità per replica nelle diverse stagioni all'interno delle stazioni di rilevamento è sempre normale escluso il campione autunnale della stazione 1 che comunque non si discosta eccessivamente dalla normalità (Kolmogorov-Smirnov normality test: $P = 0,03$) per cui è stato possibile usare test parametrici. L'ANOVA a due vie ha permesso di verificare che la densità per replica non è variata in modo statisticamente significativo tra le due stazioni mentre, come appare osservando l'istogramma, si è differenziata in modo significativo tra le stagioni; il test di Fisher ha evidenziato che la differenza si è verificata tra l'autunno e l'estate. La densità massima si è rilevata nella stazione 1 in primavera, con $507 \pm 343 \cdot m^{-2}$ esemplari. Com'è evidente analizzando la deviazione standard, le differenze di densità tra le cinque repliche effettuate per ogni stazione sono state molto elevate: si è passati dall'assenza di esemplari, riscontrata in una replica autunnale nella stazione 2, a $1.315 \cdot m^{-2}$ esemplari in una replica estiva nella stessa stazione, la massima densità rilevata tra tutti i siti studiati. L'interazione tra la stazione e la stagione non è statisticamente significativa.

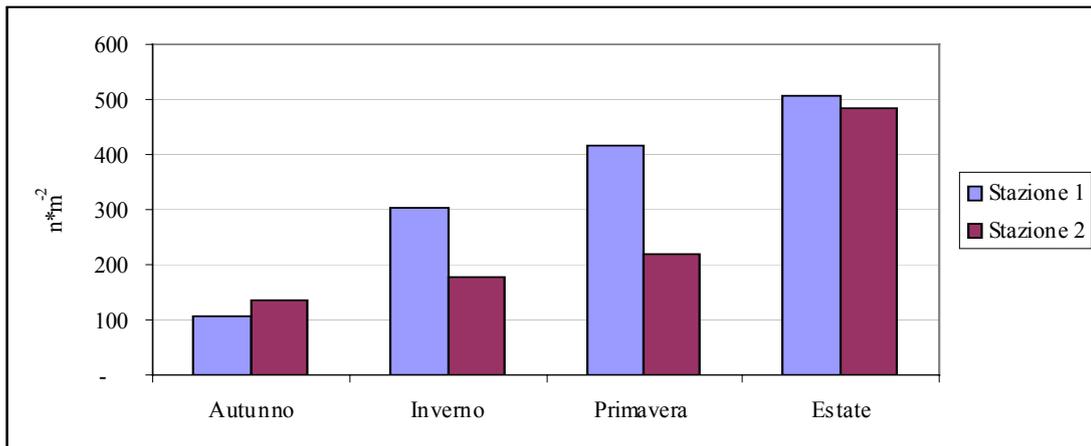


Figura 43 - Densità di *Ruditapes decussatus* (n*m⁻²). Stagno San Giovanni (CA) autunno 2008 – estate 2009.

4.3.4 Stagno di Santa Gilla (CA)

La densità di *Ruditapes decussatus*, considerando la media tra le repliche effettuate in tutte le aree di pesca (Tabella 18) ha variato da un minimo di 12*m⁻² esemplari in autunno a un massimo di 104 *m⁻² in estate. La densità massima si è rilevata in primavera, così come accaduto nel golfo di Olbia, ove però la specie è più abbondante (test U di Mann Withney, P<0,01). L'analisi degli intervalli di confidenza, molto ampi, evidenzia anche in questo sito l'eterogeneità nella distribuzione della specie nelle diverse aree di pesca. Considerando le singole stazioni, la massima densità si è rilevata in primavera nella stazione 1 con 154± 61*m⁻² esemplari, e in estate nella stazione 2 con lo stesso numero di esemplari ma una deviazione standard molto più elevata (154± 128*m⁻²) a testimonianza di una maggiore eterogeneità spaziale in questa stagione. La massima densità in questo sito si è rilevata in una replica della stazione 2 ove si è raggiunta la densità di 296*m⁻² esemplari.

Tabella 18 - Media, deviazione standard e intervallo di confidenza (metodo Bootstrap) della densità di *Ruditapes decussatus* per replica (n*m⁻²). Stagno di Santa Gilla (CA), autunno 2008 – estate 2009

	Media	Intervallo di confidenza	
	n*m ⁻²	Min	max
Autunno	12,3 ± 4,8	2,9	21,8
Inverno	56,0 ± 10,0	36,3	75,6
Primavera	103,9 ± 20,6	63,4	144,3
Estate	73,8 ± 23,4	27,9	119,7

La densità nelle diverse stagioni risente della rotazione delle aree di pesca esistente in questo sito.

Al termine della stagione di pesca, nel periodo autunnale, la densità è stata modesta in tutte le stazioni (Figura 44). Con l'avanzare delle stagioni essa è aumentata costantemente nella stazione n 2, la più vicina al mare, caratterizzata da acqua alta e quindi poco sfruttabile dai pescatori che non utilizzano tecniche subacquee, mentre, nelle altre la densità è aumentata in inverno, mentre è diminuita in primavera (st.3) oppure è aumentata in primavera e calata nell'estate (st. 1).

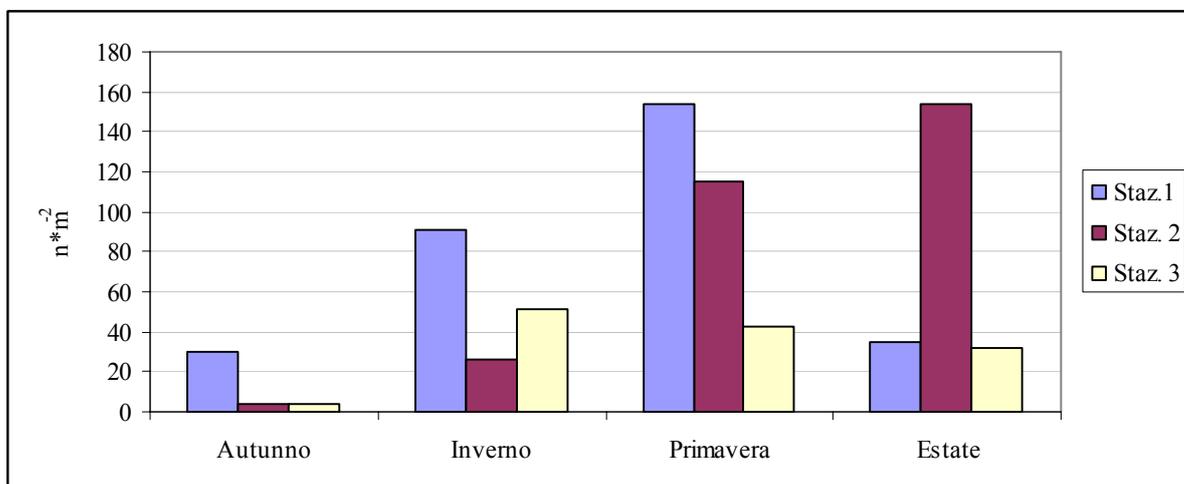


Figura 44 – Densità di *Ruditapes decussatus* per stagione ($n \cdot m^{-2}$). Stagno di Santa Gilla (CA) - autunno 2008 – estate 2009

La differenza di densità è statisticamente significativa sia rispetto alla stazione che alla stagione (ANOVA a due vie: $P < 0,05$) ed esiste interazione tra i due fattori; l'andamento della densità nelle stazioni 1 e 2 è opposto rispetto a quanto accaduto nella stazione 3 passando dalla primavera e l'estate. Il test di Fisher dimostra però che la differenza è statisticamente significativa soltanto tra la stazione 1 e la 3.

4.3.5 Valle di Marceddi (OR)

La Valle di Marceddi, nel periodo in cui si è svolta la ricerca, ha subito gli effetti negativi dei fenomeni meteorologici descritti nel paragrafo 4.1.5, che hanno gravemente

compromesso le possibilità di reclutamento, accrescimento e sopravvivenza di *R. decussatus* nelle stazioni poste all'interno dello sbarramento che delimita la peschiera.

La Tabella 19 riporta la media, la deviazione standard e l'intervallo di confidenza tra le densità rilevate in tutte le repliche ($n \cdot m^{-2}$). Si può vedere, infatti, che esse sono calate passando dall'inverno all'estate, contrariamente a quanto accaduto nella maggior parte dei siti studiati. Considerando il numero di esemplari per replica prescindendo dalle stazioni di prelievo, e applicando l'ANOVA a una e due vie e il test di Fisher si è verificato che solo l'inverno differisce in modo significativo dalle altre stagioni. ($P < 0,01$).

Tabella 19 - Media, deviazione standard e intervallo di confidenza (metodo Bootstrap) della densità di *Ruditapes decussatus* per replica ($n \cdot m^{-2}$). Valle di Marceddi, autunno 2008 – estate 2009.

	Media	Intervallo di confidenza	
	$N \cdot m^{-2}$	Minimo	Massimo
Autunno	21,6 ± 6,3	9,3	33,9
Inverno	54,6 ± 14,5	26,2	83,0
Primavera	22,5 ± 8,8	5,2	39,8
Estate	8,7 ± 3,5	1,76	15,59

Considerando la situazione delle diverse stazioni (Figura 45) in autunno le densità sono state basse, così come verificato in tutti gli stagni; questa stagione, infatti, corrisponde alla fine della campagna di pesca e i banchi risentono dell'intenso sforzo esercitato nei mesi precedenti. In questa stagione *R. decussatus* è stato rilevato in tutte le stazioni, esclusa quella di Torrevecchia (stazione 6), posta all'esterno della peschiera, ove è stato possibile recuperare soltanto prodotto commerciale catturato dal pescatore con la tecnica del coltello; infatti in questa stazione la densità, così bassa da non reperire alcuna vongola nei campionamenti effettuati col rastrello, era inferiore a 2 esemplari $\cdot m^2$. Questa povertà può essere legata al fatto che, durante la stagione 2005-2006, Torrevecchia è stata l'unica area in cui la specie era presente e quindi è stata sottoposta a una fortissima pressione di pesca che ha compromesso la produzione degli anni successivi. Inoltre la consistenza del fondale, molto compatto, potrebbe aver limitato le possibilità di reclutamento.

Nel prelievo invernale sono scomparsi i *Ruditapes* dalle stazioni interne (2 e 3), più vicine alla foce dei corsi d'acqua. In queste stazioni la dolcificazione è stata pressoché completa e il fondo era coperto da una spessa tanatocenosi di *Ruditapes*

decussatus, *Cerastoderma edule* e della specie alloctona *Musculista senhousia*, la cui presenza in questo sito è stata rilevata per la prima volta nell'ambito di questa ricerca. Il picco della stazione n. 4 in questa stagione è dipeso, come si vedrà meglio in seguito, dalla presenza di esemplari di piccola taglia nati presumibilmente nella precedente stagione riproduttiva. Nel rilevamento primaverile, la completa dolciificazione delle acque ha interessato tutte le stazioni poste all'interno della peschiera e il fenomeno della rarefazione del *Ruditapes* si è accentuato; la specie è stata rinvenuta solo nella stazione 1 e gli animali erano per lo più appena morti; solo due sono stati trovati ancora in vita.

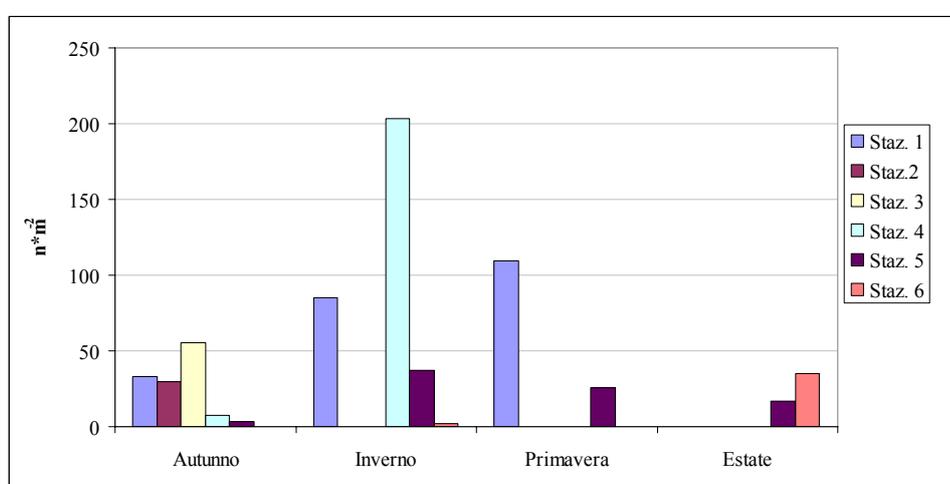


Figura 45 – Densità di *Ruditapes decussatus* ($n \cdot m^{-2}$). Valle di Marceddì, autunno 2008 – estate 2009

Ruditapes era però presente nelle stazioni esterne alla peschiera, di fronte all'abitato di Marceddì (st. 5) e a Torrevecchia (st. 6) ove si è ripresentata la situazione già verificata in autunno.

Nell'estate la particolare situazione ambientale descritta ha portato all'assenza di *Ruditapes* all'interno della peschiera di Marceddì in tutte le stazioni studiate, dalla 1 alla 4; è stato possibile recuperare unicamente un campione di pescato commerciale raccolto nel canale centrale, profondo circa 2 m. Nelle stazioni 5 e 6, poste invece all'esterno dello sbarramento che delimita la peschiera, la specie era presente anche se sempre con densità molto basse.

Considerando invece la situazione nelle diverse stazioni, si sono rilevate differenze significative tra la stazione 1 e la 4, poste all'interno della peschiera ma su due rive opposte, in cui le densità erano superiori rispetto alle altre. Esiste inoltre interazione tra la stagione e la stazione (ANOVA a due vie $P < 0,01$). In particolare la situazione della

stazione 4 durante l'inverno è stata molto diversa rispetto a quanto accaduto nelle altre stagioni; infatti, vi è stata rilevata la massima densità annuale con $204 \pm 79 \text{ *m}^{-2}$ esemplari (media tra le repliche). Nella stessa stazione, sempre nell'inverno, si è rilevata la massima densità per replica, pari a 333 *m^{-2} esemplari. In primavera ed estate non è stato invece rinvenuto alcun esemplare nei campionamenti casuali e la ricerca di pescato commerciale effettuata dal pescatore ha permesso di recuperarne esclusivamente nove, tutti di lunghezza inferiore alla legale (3,5 cm) in primavera, e nessuno in estate.

4.3.6 Stagno Corru s'ittiri (OR)

La Tabella 20 riporta la media ($n \text{ *m}^{-2}$), la deviazione standard e l'intervallo di confidenza della densità di *Ruditapes decussatus* calcolata su tutte le repliche effettuate nello stagno di Corru s'ittiri nelle diverse stagioni, mentre la Figura 46 mostra la densità media tra le repliche per stazione espressa in $n \text{ *m}^{-2}$ per stagione.

Come verificato in altri siti, la densità è aumentata passando dall'autunno all'estate successiva. Il prelievo autunnale, alla fine della stagione di pesca, ha mostrato le minime densità; in questa stagione la media del numero di esemplari calcolata su tutte le repliche effettuate nel sito è stata pari a 25 esemplari *m^{-2} , con un massimo di 72 esemplari *m^{-2} in una replica della stazione 1 e l'assenza in una replica della stazione 2.

La massima densità nell'intero anno si è riscontrata in primavera nella stazione 1, vicino alla bocca a mare settentrionale, con $444 \pm 256 \text{*m}^{-2}$ esemplari (media tra le repliche), ma in una replica della stessa stazione si è raggiunta la densità di 676 * m^{-2} esemplari.

L'inverno ha mostrato un generale aumento delle densità rispetto alla stagione precedente, ma verificando la situazione nelle diverse stazioni si nota che essa è molto disomogenea. Con l'avanzare delle stagioni, mentre è progressivamente aumentata la densità degli esemplari rinvenuti nella stazione 1, più vicina alla comunicazione col mare, quella nelle stazioni 2 e 3, poste più lontano dalle bocche si è drasticamente ridotta. Ciò può essere attribuito alla forte dolcificazione della laguna dovuta alle piogge eccezionali del periodo invernale (Figura 34) che, in modo meno evidente che nella vicina Valle di Marceddi, hanno limitato la sopravvivenza e il reclutamento. Infatti, durante il prelievo primaverile sono stati notati numerosi esemplari morti di recente, presumibilmente a causa delle prolungate basse salinità.

Tabella 20 - Media, deviazione standard e intervallo di confidenza (metodo Bootstrap) della densità di *Ruditapes decussatus* per replica ($n \cdot m^{-2}$). Stagno di Corru s'ittiri, autunno 2008 – estate 2009

	Media	Intervallo di confidenza	
	$n \cdot m^{-2}$	Minimo	Massimo
Autunno	$24,9 \pm 6,8$	11,6	38,2
Inverno	$109,2 \pm 27,1$	56,0	162,4
Primavera	$115,9 \pm 49,7$	18,5	213,4
Estate	$152,2 \pm 50,1$	54,1	250,3

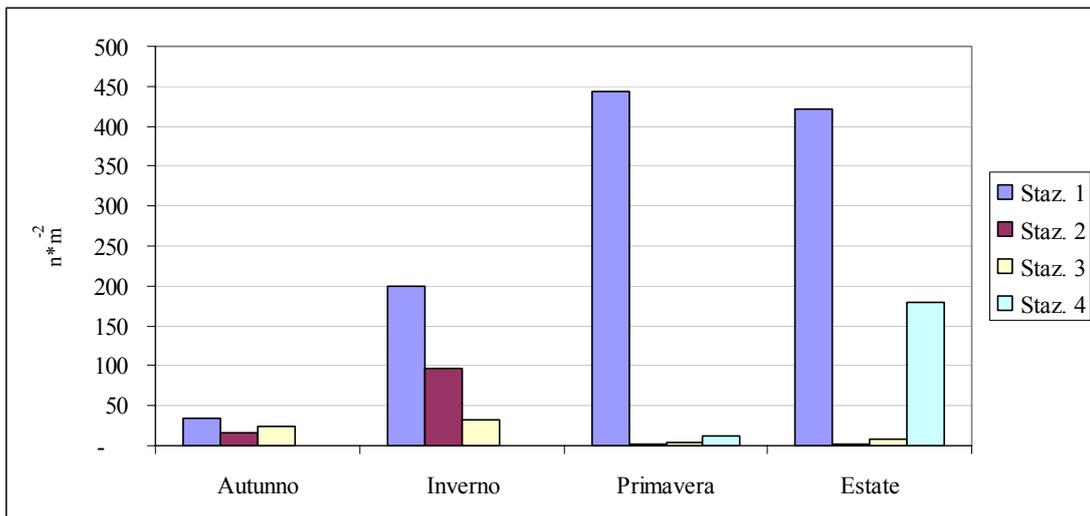


Figura 46 - Densità di *Ruditapes decussatus* ($n \cdot m^{-2}$). Stagno di Corru s'ittiri, autunno 2008 – estate 2009 (Il rilevamento nella stazione 4 riguarda esclusivamente la primavera e l'estate).

Anche la stazione 4, situata esternamente ai lavorieri nell'area detta "avampeschiera", monitorata solo nella stagione primaverile ed estiva, ha mostrato densità crescenti grazie al reclutamento.

Dal momento che le distribuzioni primaverile ed estiva non sono normali si è utilizzato il test di Kruskal-Wallis per verificare se esiste una differenza significativa nella media del numero di esemplari per replica rispetto alla stagione e alla stazione e l'ANOVA per le altre. La differenza tra le stagioni non è risultata significativa, mentre lo è stata la densità media tra le stazioni ($P < 0,01$).

Analizzando la situazione autunnale e invernale delle diverse stazioni con l'ANOVA e il test di Fisher e quella delle altre stagioni col test U di Mann-Whitney, è emerso che mentre in autunno e inverno non esiste differenza statisticamente significativa nella densità nelle diverse stazioni, questo è accaduto nelle altre stagioni; il test U di Mann-Whitney ha confermato la disomogeneità nella densità degli esemplari in primavera tra la stazione 1 (l'unica, assieme alla 4, in cui è stato trovato un numero significativo di esemplari), e le altre ($P < 0,01$). In estate la stazione 1 e 4 non hanno differito tra loro in modo significativo, mentre questo è accaduto con la 2 ($P < 0,01$) e la 3 ($P < 0,05$).

4.3.7 Stagno del Calich (SS)

La Tabella 21 riporta la media degli esemplari ($n \cdot m^{-2}$) calcolata su tutte le repliche effettuate nello stagno per stagione, mentre l'istogramma in Figura 47 illustra lo stesso dato riferito però alle singole stazioni di rilevamento.

Tabella 21 - Media, deviazione standard e intervallo di confidenza (metodo Bootstrap) della densità di *Ruditapes decussatus* per replica ($n \cdot m^{-2}$). Stagno del Calich, autunno 2008 – estate 2009

	Media	Intervallo di confidenza	
	$n \cdot m^{-2}$	Minimo	Massimo
Autunno	$7,6 \pm 3,3$	1,1	14,2
Inverno	$33,1 \pm 9,6$	14,2	51,9
Primavera	$115,9 \pm 17,9$	80,8	151,1
Estate	$44,5 \pm 11,6$	21,7	67,3

La maggiore densità media si è riscontrata nella stagione primaverile con $141 \pm 38 \cdot m^{-2}$ esemplari, e la minima in autunno, al termine della stagione di pesca con $8 \pm 14 \cdot m^{-2}$ esemplari. In primavera, in una replica della stazione 3, posta alla foce del Rio Barca, si è rilevato il massimo valore di densità pari a $333 \cdot m^{-2}$. Il fatto che nelle altre repliche della stessa stazione il valore massimo sia stato pari a $120 \cdot m^{-2}$ esemplari dimostra, assieme all'analisi degli intervalli di confidenza della densità media, che anche in questo sito la distribuzione degli animali è molto eterogenea.

La stazione 1, che si sviluppa nella sponda sud dello stagno vicino al canale a mare, è quella in cui si è rilevata la maggiore densità media, mentre la minima ha

corrisposto alla stazione 2, il cui fondo è divenuto inadatto alla specie a causa della abbondanza di resti *Posidonia oceanica* trasportati dalla mareggiate. La distribuzione della densità delle repliche nelle diverse stazioni e stagioni è normale (test Kolmogorov-Smirnov $P > 0.05$); l'ANOVA a due vie ha dimostrato che la differenza di densità tra le stazioni non è significativa mentre lo è quella tra stagioni, ($P < 0,01$). Il test di Fisher ha evidenziato che la differenza riguarda la primavera rispetto a tutte le altre stagioni.

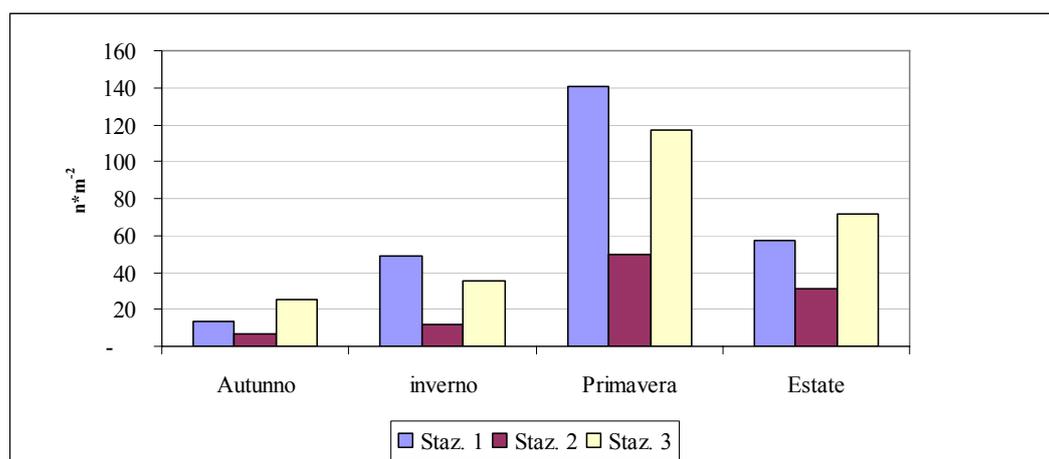


Figura 47 –Densità di *Ruditapes decussatus* nelle stazioni di rilevamento per stagione. Laguna del Calich, autunno 2008 – estate 2009

4.3.8 Confronto della densità tra i diversi siti.

Si è confrontata la densità tra tutte le località studiate utilizzando il test di Kruskal-Wallis su tutte le repliche di ogni sito per ogni stagione e il test U di Mann-Whitney per i confronti a coppie (Tabella 22). Per quanto riguarda l'autunno, i risultati mostrano che i diversi siti possono essere divisi in due gruppi, il primo composto da Olbia e San Giovanni, che hanno presentato la maggiore densità, il secondo composto da tutti gli altri stagni. Gli stagni del primo gruppo differiscono tutti in modo statisticamente significativo dagli altri mentre all'interno dei gruppi la differenza non è statisticamente significativa.

L'assenza di differenze quantitative nelle densità rilevate ad Olbia e San Giovanni, nonostante la diversa intensità dello sforzo di pesca esercitato in queste aree, dipende dall'intenso reclutamento primaverile che ha interessato il golfo di Olbia. L'attività di pesca, come si vedrà in seguito, eliminerà questa differenza nelle stagioni successive.

Tabella 22 – Risultati del test di Mann-Withney sul confronto delle medie delle densità ($n \cdot m^{-2}$) rilevata nelle repliche per stagno ($P < 0,01$; *: $P < 0,05$).

Stagno	Olbia	Tortoli	San Giovanni	Santa Gilla	Marceddi	Corru s'ittiri
Olbia						
Tortoli	a, p, e					
San Giovanni	i, e	a, i, p, e				
Santa Gilla	a		a, i, p, e			
Marceddi	a, p, e	e	a, i, p, e	e		
Corru s'ittiri	a		a, i*, p, e		p	
Calich	a		a, i, p, e		p, e	i, e

a = autunno; i = inverno; p = primavera; e = estate

Nell'inverno, infatti, l'unico stagno a differenziarsi in modo statisticamente significativo da tutti gli altri è stato quello di san Giovanni mentre la situazione della densità negli altri siti è stata abbastanza omogenea. In primavera ed estate si è confermata la differenza tra lo stagno di San Giovanni e gli altri; nella primavera la differenza è emersa anche tra la Valle di Marceddi con alcuni stagni. Questa situazione si è accentuata nell'estate, stagione in cui la Valle si è discostata da tutti gli altri a causa delle basse densità causate dalla moria descritta nei paragrafi precedenti.

4.4 Struttura di popolazione di *Ruditapes decussatus* in Sardegna

4.4.1 Golfo di Olbia (OT)

Gli istogrammi in Figura 48 mostrano la distribuzione in classi di lunghezza degli esemplari catturati nell'intero golfo nelle diverse stagioni. L'esemplare più piccolo e più grande sono stati rinvenuti entrambi in primavera con una lunghezza rispettivamente pari a 41 e 51 mm. Le distribuzioni sono normali nella stagione invernale e primaverile mentre non lo sono nelle altre due, (Kolgomorov-Smirnov normalità test: $P < 0,05$).

Nel campione primaverile il primo picco corrisponde alla comparsa delle reclute, mentre nell'estate l'asimmetria della curva è causata dall'aumento delle prime classi di lunghezza derivanti dal reclutamento e alla diminuzione delle classi di taglia commerciale a causa dello sforzo di pesca. La Tabella 23 riporta le lunghezze medie e gli intervalli di confidenza nelle varie stagioni.

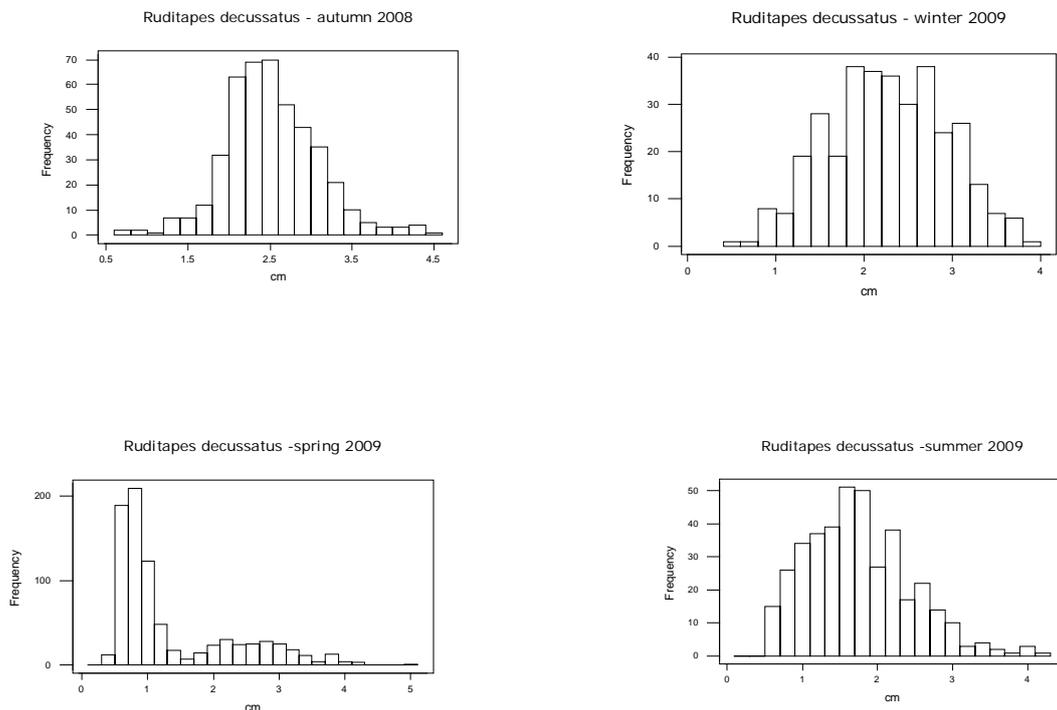


Figura 48 – Distribuzione delle frequenze della lunghezza oro-aborale della conchiglia di *Ruditapes decussatus*. Golfo di Olbia Autunno 2008, estate 2009

Il test di Kruskal-Wallis (Tabella 24) e l'analisi degli intervalli di confidenza dimostra che c'è una differenza statisticamente significativa della lunghezza media della conchiglia tra le varie stagioni, con un minimo di 1,33 cm in primavera, stagione in cui, come si è visto, la distribuzione delle lunghezze mostra due picchi ed è evidente la influenza del reclutamento, e la massima di 2,50 cm durante l'autunno.

Tabella 23 - Media deviazione standard e intervallo di confidenza della lunghezza oro-aborale, della conchiglia di *Ruditapes decussatus*. Golfo di Olbia, autunno 2008 – estate 2009

	Media cm	Intervallo di confidenza	
		Min cm	Max cm
autunno	2,50 ± 0,03	2,45	2,56
inverno	2,26 ± 0,04	2,19	2,33
primavera	1,33 ± 0,03	1,27	1,39
estate	1,74 ± 0,04	1,67	1,81

Tabella 24 - Lunghezza della conchiglia di *Ruditapes decussatus* per stagione: differenza tra le stazioni di prelievo, Risultato del test di Kruskal Wallis. Stagno del Calich, autunno 2008 - estate 2009.

	H	P
Autunno	132,4	<0,01
Inverno	106,8	<0,01
Primavera	278,4	<0,01
Estate	114,6	<0,01

La Figura 49 mostra la distribuzione delle classi di lunghezza nelle diverse stazioni. La classe inferiore a 1,5 cm rappresenta gli esemplari che ancora non hanno raggiunto la taglia di prima maturazione sessuale (Mistri, 2007). Le soglie di 2,5 cm e 3,5 cm sono state prescelte perché corrispondono alla lunghezza minima di cattura rispettivamente della legislazione nazionale e regionale.

Si può notare la bassa numerosità degli individui di taglia commerciale in base alla legislazione regionale ($\geq 3,5$ cm); questi ultimi erano maggiormente rappresentati nei mesi autunnali e invernali nelle stazioni n. 2 e 5, la prima all'interno di una peschiera, la seconda situata a ridosso del nuovo porto turistico di Olbia. Soprattutto durante la primavera, ma anche durante l'estate, era marcata la comparsa di giovanili presenti, sia pure in quantità differenti, in tutte le stazioni.

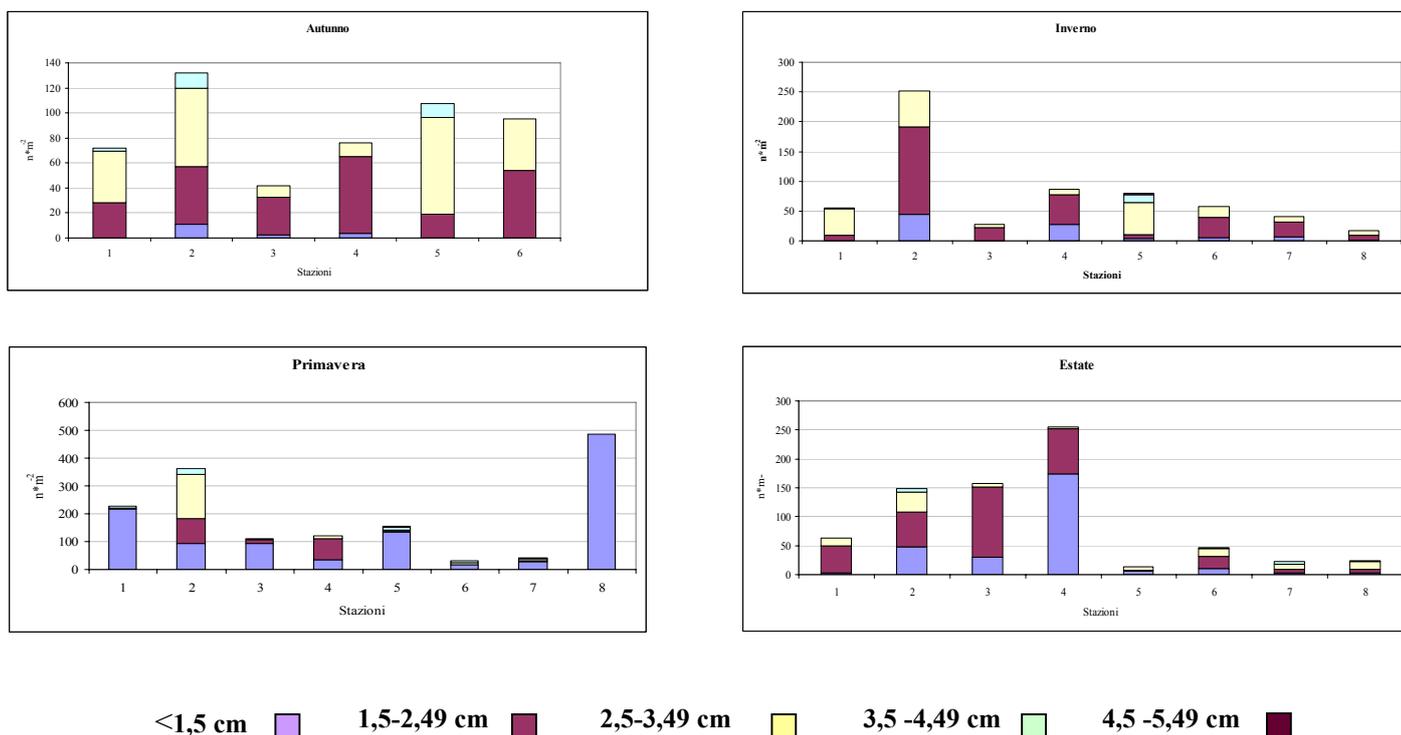


Figura 49 - Distribuzione in classi di lunghezza oro-aborale della conchiglia di *Ruditapes decussatus* per stagione e stazione di rilevamento ($n \cdot m^{-2}$). Golfo di Olbia, autunno 2008 – estate 2009

La maggiore densità degli individui della prima classe si è riscontrata nella stazione 8 in primavera con $487 \text{ esemplari} \cdot m^{-2}$; da notare che in questa stazione la prima classe di lunghezza è l'unica presente.

Analizzando gli istogrammi riferiti alla stagione estiva e primaverile, si è potuta notare una certa asincronia nel reclutamento nelle diverse stazioni; nella maggior parte di esse infatti esso sembra essere avvenuto prevalentemente in primavera, mentre in altre (n. 2, 3 e soprattutto 4) la comparsa di individui giovanili è continuata anche nel periodo estivo. Nel caso della stazione 4, situata davanti alla foce del fiume Padrongianus, il reclutamento è stato maggiore durante l'estate rispetto alla primavera. Considerando due sole classi di lunghezza ($<1,5 \text{ cm}; \geq 1,5 \text{ cm}$), il Test χ^2 evidenzia una differenza significativa nel reclutamento tra le diverse stazioni ($P < 0,01$).

4.4.2 Stagno di Tortoli (OG)

La Figura 50 rappresenta la distribuzione delle classi di lunghezza della conchiglia nelle quattro stagioni. Le distribuzioni sono tutte polimodali a testimonianza del fatto che sono rappresentate diverse classi d'età.

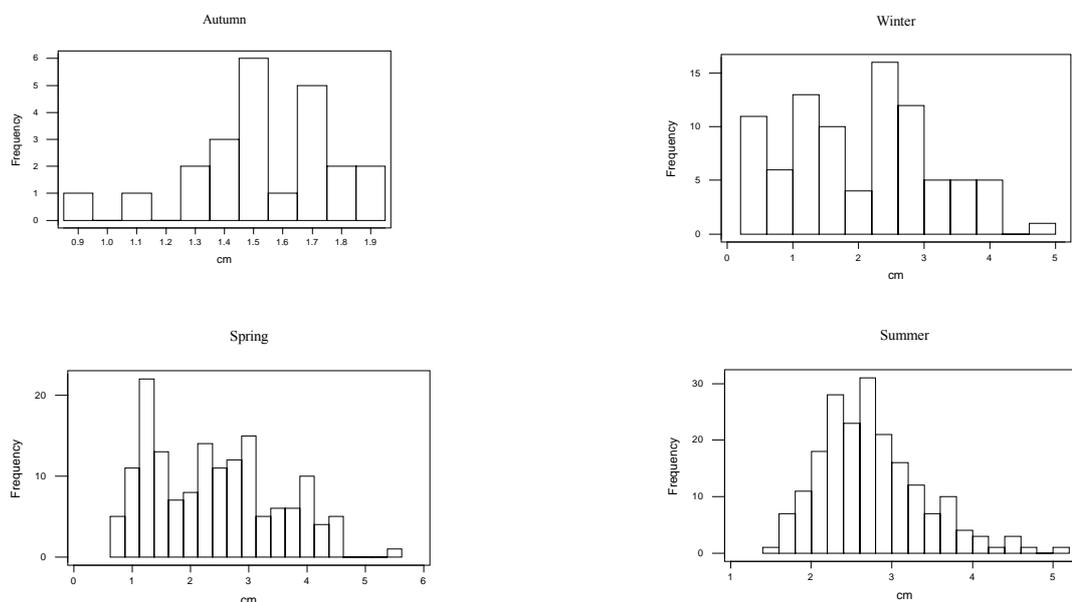


Figura 50 - Distribuzione delle frequenze della lunghezza oro-aborale della conchiglia di *Ruditapes decussatus*. Stagno di Tortoli,, autunno 2008 - estate 2009

L'esemplare più piccolo (4 mm) è stato rinvenuto nel prelievo invernale nella stazione 3 mentre quello di maggiori dimensioni (54,6 mm) in primavera nella stazione 1.

La lunghezza media (Tabella 25) è aumentata progressivamente procedendo dall'autunno verso l'estate e differisce significativamente tra le stagioni (test di Kruskal-Wallis: $H=63,83$ $P<0,01$), come è visibile anche dall'osservazione degli intervalli di confidenza. Il test di Mann – Whitney applicato alla stagione invernale e primaverile conferma la significatività della differenza ($U=5536,5$, $P<0,05$). Per quanto riguarda la differenza tra le stazioni, è anch'essa significativa ($H=31,8$, $P<0,01$), in particolare tra la stazione 1 e 2 con la 3, quest'ultima posta nella riva opposte dello stagno rispetto alle prime.

Analizzando la distribuzione delle classi di lunghezza della conchiglia nelle varie stagioni (Figura 51) si può notare che la prima classe comprendente le reclute era assente solo in estate.

Considerando le singole stazioni, si può notare che mentre nella stazione 1 le reclute erano presenti per lo più nel prelievo autunnale, nelle altre e soprattutto nella stazione 3, esse sono comparse in modo consistente anche nel prelievo invernale e primaverile.

Tabella 25 – Media, deviazione standard e intervallo di confidenza della lunghezza oro-aborale della conchiglia di *Ruditapes decussatus*. Stagno di Tortoli, autunno 2008 – estate 2009.

	Media cm	Intervallo di confidenza	
		Minimo cm	Massimo cm
Autunno	1,53 ± 0,05	1,43	1,63
Inverno	2,02 ± 0,11	1,8	2,24
Primavera	2,39 ± 0,08	2,22	2,56
Estate	2,74 ± 0,05	2,65	2,83

Tabella 26 - Lunghezza della conchiglia di *Ruditapes decussatus* per stagione: differenza tra le stazioni di prelievo, Risultato del test di Kruskal Wallis. Stagno di Tortoli (OG), autunno 2008 - estate 2009.

	H	P
Autunno	1,9	ns
Inverno	31,5	<0,01
Primavera	5,7	ns
Estate	26,7	<0,01

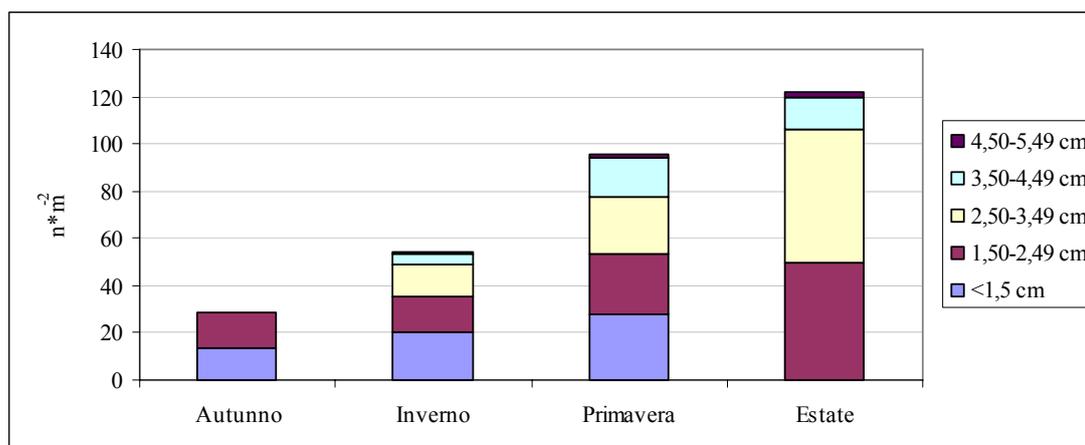


Figura 51 -Distribuzione in classi di lunghezza oro-aborale della conchiglia di *Ruditapes decussatus* per stagione. Stagno di Tortoli (OG), autunno 2008 – estate 2009

Le reclute non hanno comunque raggiunto densità elevate rispetto a quanto accaduto in altri siti come ad esempio, il golfo di Olbia; a Tortoli infatti la massima densità di reclute rilevata è stata di $52 \cdot m^{-2}$ esemplari contro i 487 rilevati ad Olbia .

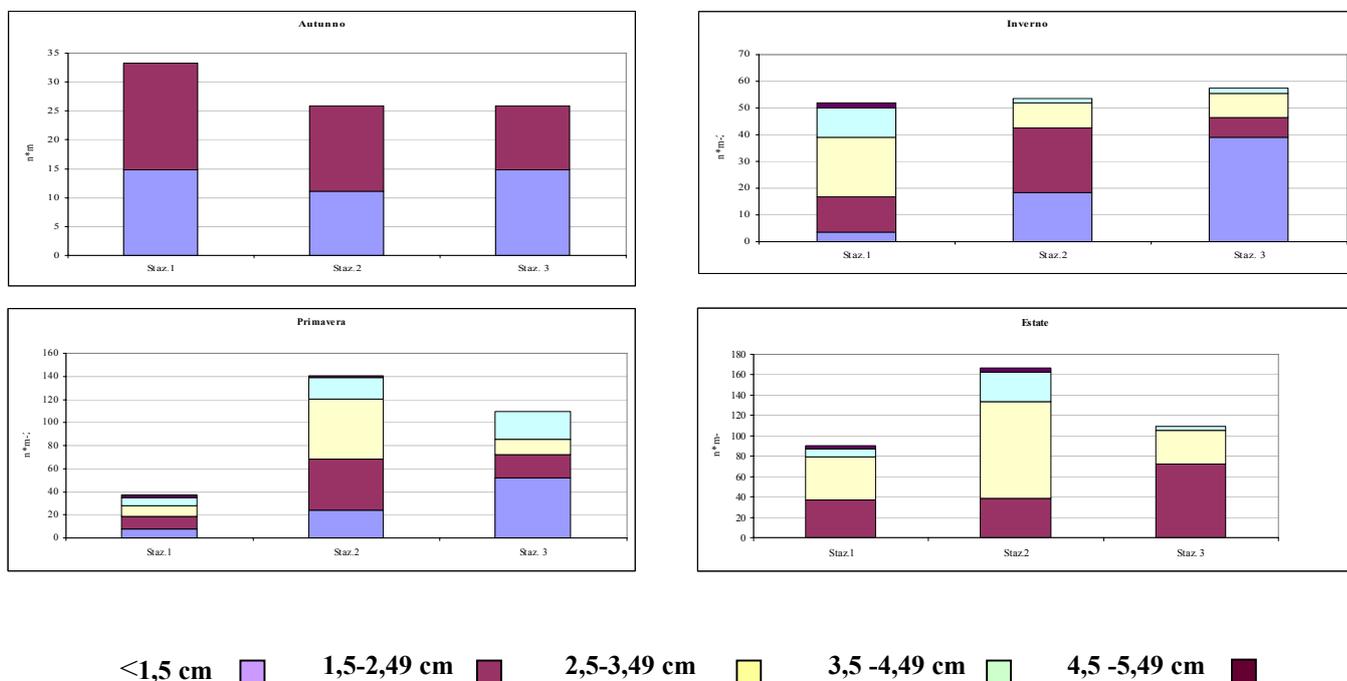


Figura 52 - Distribuzione in classi di lunghezza oro-aborale della conchiglia di *Ruditapes decussatus* per stagione e stazione di rilevamento. Stagno di Tortoli (OG), autunno 2008 – estate 2009.

La situazione descritta suggerisce che nello stagno di Tortoli la riproduzione sia stata, nell'anno precedente ai campionamenti, estivo – autunnale e che le reclute presenti in autunno 2008 e in inverno 2009 derivassero dalla stagione riproduttiva 2008. La mancanza di reclute nel prelievo dell'estate 2009 consente di ipotizzare che quelle nate in primavera e all'inizio dell'estate non avessero ancora raggiunto la lunghezza utile ad essere intercettate dal setaccio utilizzato. Questa situazione differisce notevolmente da quanto riscontrato in altre aree, in particolare dal golfo di Olbia (Figura 49) ove le reclute erano quasi assenti nell'autunno e nell'inverno ed erano invece frequenti nell'estate.

Gli esemplari di lunghezza commerciale in base alla legislazione regionale ($\geq 3,5$ cm) non erano presenti in autunno ma anche nelle altre stagioni sono stati rilevati in quantità molto ridotta, mentre quelli in regola con la legislazione nazionale ($\geq 2,5$ cm) erano ben rappresentati soprattutto nell'estate.

4.4.3 Stagno di San Giovanni (CA)

La Figura 53 rappresenta la distribuzione in classi di lunghezza della conchiglia nelle quattro stagioni. L'esemplare più piccolo (3,9 mm) è stato rinvenuto in primavera mentre quello di maggiori dimensioni (56,7 mm) in inverno.

Nel caso di questo stagno, le distribuzioni sono polimodali in tutte le stagioni per la presenza di varie classi d'età. La Tabella 27 riporta le lunghezze medie e gli intervalli di confidenza nelle quattro stagioni. Le lunghezze differiscono in modo significativo tra l'inverno e tutte e altre stagioni e tra la primavera e l'estate (Test U di Mann-Whitney, $P > 0,01$).

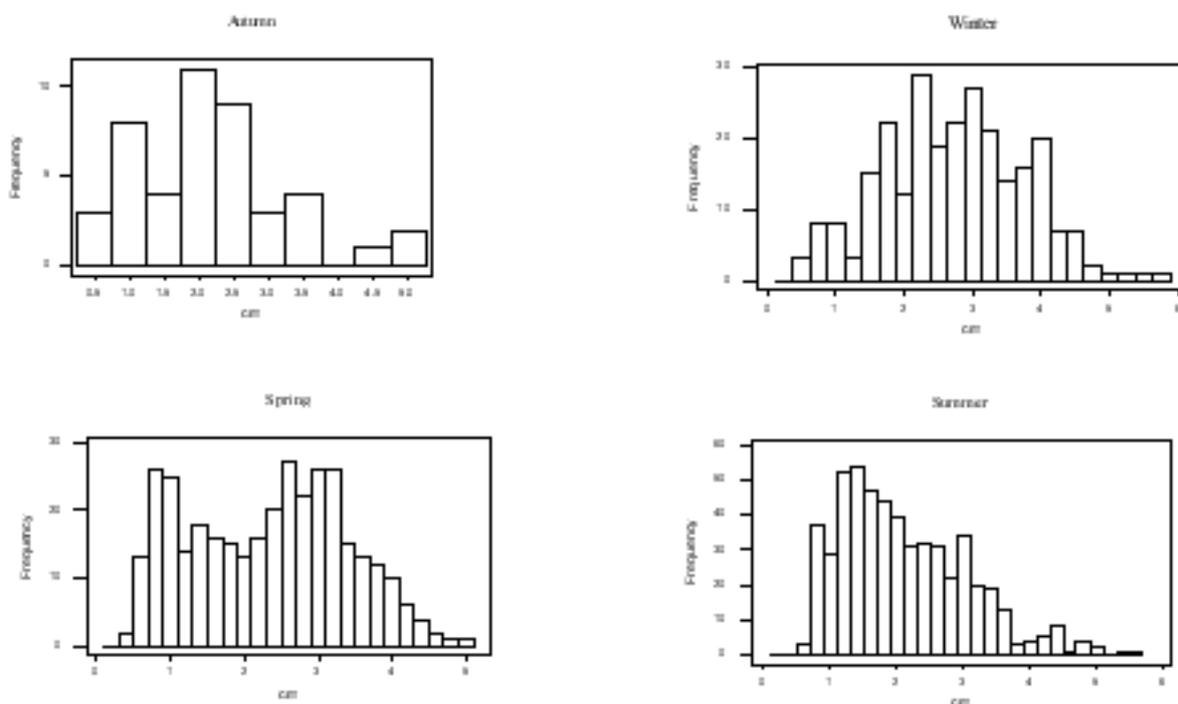


Figura 53 - Distribuzione delle frequenze della lunghezza oro-aborale della conchiglia di *Ruditapes decussatus*. Stagno di San Giovanni (CA), autunno 2008 - estate 2009.

Si è utilizzato il test di Kruskal –Wallis per confrontare la differenza tra le lunghezze medie nelle due stazioni studiate in ogni stagione. Da esso risulta che soltanto nel campione autunnale ($P < 0,05$) e in quello estivo ($P < 0,01$) esiste una differenza significativa tra le lunghezze medie degli esemplari rinvenuti nelle due stazioni.

Tabella 27 – Media, deviazione standard e intervallo di confidenza della lunghezza oro-aborale della conchiglia di *Ruditapes decussatus*. Stagno di San Giovanni (CA) autunno 2008 – estate 2009

	Media cm	Intervallo di confidenza	
		Min cm	Max cm
Autunno	2,13 ± 0,16	1,82	2,44
Inverno	2,74 ± 0,64	2,61	2,86
Primavera	2,32 ± 0,06	2,20	2,43
Estate	2,08 ± 0,04	2,00	2,16

Tabella 28 - Lunghezza della conchiglia di *Ruditapes decussatus* per stagione: differenza tra le stazioni di prelievo, Risultato del test di Kruskal Wallis. Stagno di San Giovanni (CA), autunno 2008 - estate 2009.

	H	P
Autunno	6,0	<0,05
Inverno	0	ns
Primavera	0,9	ns
Estate	27,6	<0,01

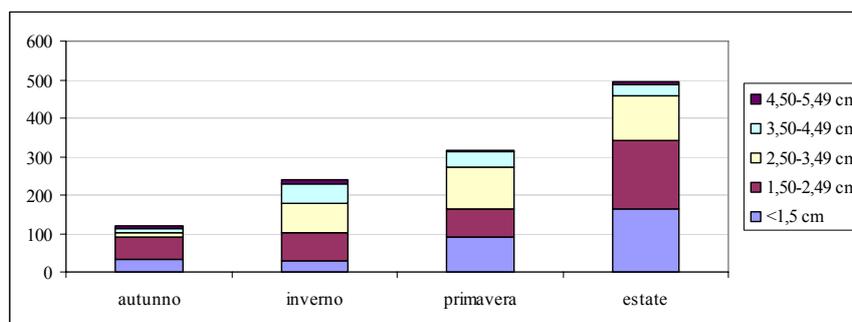


Figura 54 - *Ruditapes decussatus* –Frequenza delle classi di lunghezza nelle quattro stagioni. Stagno di San Giovanni (CA), autunno 2008-estate 2009

Figura 54 rappresenta la frequenza delle diverse classi di lunghezza della conchiglia rinvenute nelle varie stagioni, mentre la Figura 55 ne illustra la frequenza per ciascuna stazione. La prima classe di lunghezza era presente in tutte le stagioni ma particolarmente numerosa d'estate, in accordo col picco riproduttivo tardo primaverile rilevato in altre lagune sarde come a S. Gilla (Mascia, 2009) e Marceddì (Mistri, 2007). La prima classe era comunque presente in percentuale vicine al 30% del totale degli

esemplari in tutte le stagioni escluso l'inverno (12%). Anche le classi di taglia commerciale erano presenti tutto l'anno, con densità media annua pari al 41% per il limite nazionale (2,5 cm), e al 15% per quello regionale (3,5 cm). Il test χ^2 , applicato alle prime cinque classi di lunghezza, dimostra che la loro distribuzione nelle diverse stagioni diverge in modo statisticamente significativo ($P < 0,01$), in particolare tra la l'autunno e l'estate. Gli individui della prima classe hanno raggiunto la massima densità proprio in quest'ultima stagione con 179 m^{-2} individui.

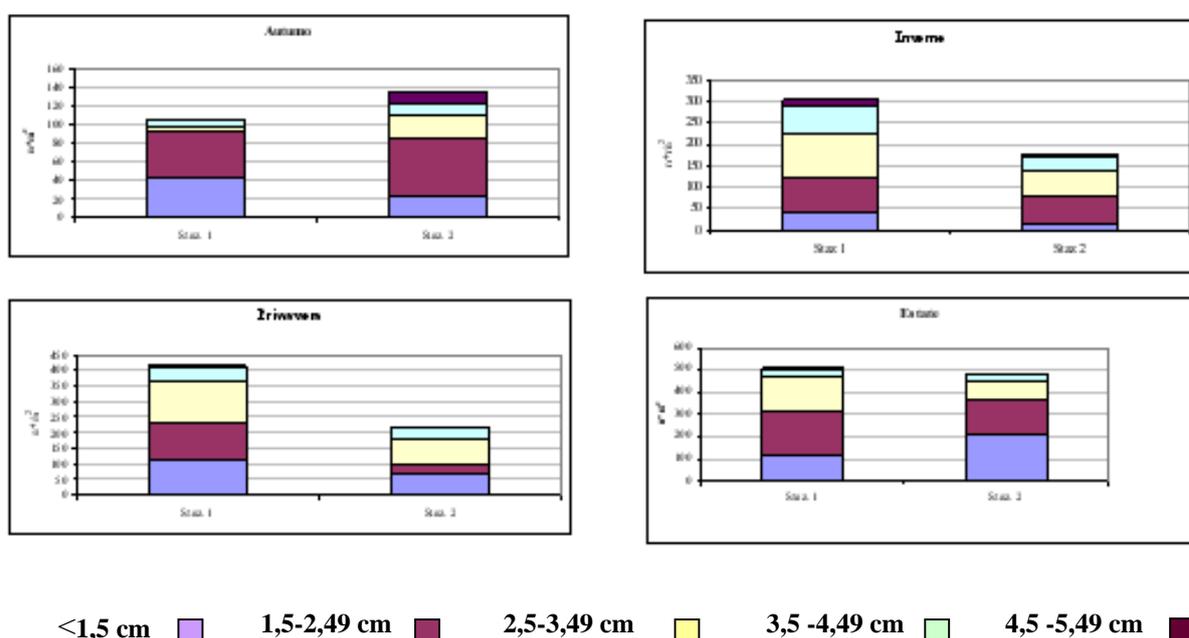


Figura 55 - Distribuzione delle classi di lunghezza di *Ruditapes decussatus* ($n \cdot m^{-2}$) per stazione di rilevamento. Stagno San Giovanni(CA), autunno2008 - estate 2009

4.4.4 Stagno di Santa Gilla (CA)

La Figura 56 rappresenta la frequenza delle classi di lunghezza della conchiglia nella diverse stagioni.

L'istogramma relativo ai campionamenti casuali autunnali, caratterizzato da un numero modesto di esemplari (12), è stato tralasciato perché non significativo; si è invece riportato invece l'istogramma relativo al pescato commerciale raccolto nelle medesime stazioni. Analizzando i dati dei soli campionamenti casuali col test di Kruskal-Wallis, la differenza nelle lunghezze degli esemplari è significativa sia tra le stagioni

($H=37,005$, $P<0,01$) che tra le stazioni ($H=25,560$, $P<0,01$). Verificando nel dettaglio le differenze stagionali, l'analisi degli intervalli di confidenza (Tabella 29) e il test di U di Mann Withney permettono di verificare che l'estate si differenzia in modo significativo dall'inverno ($U=3729,5$, $P<0,01$) e dalla primavera ($U= 10964,5$, $P<0,01$). Il confronto con la stagione autunnale non è stato effettuato a causa del modesto numero di esemplari disponibili.

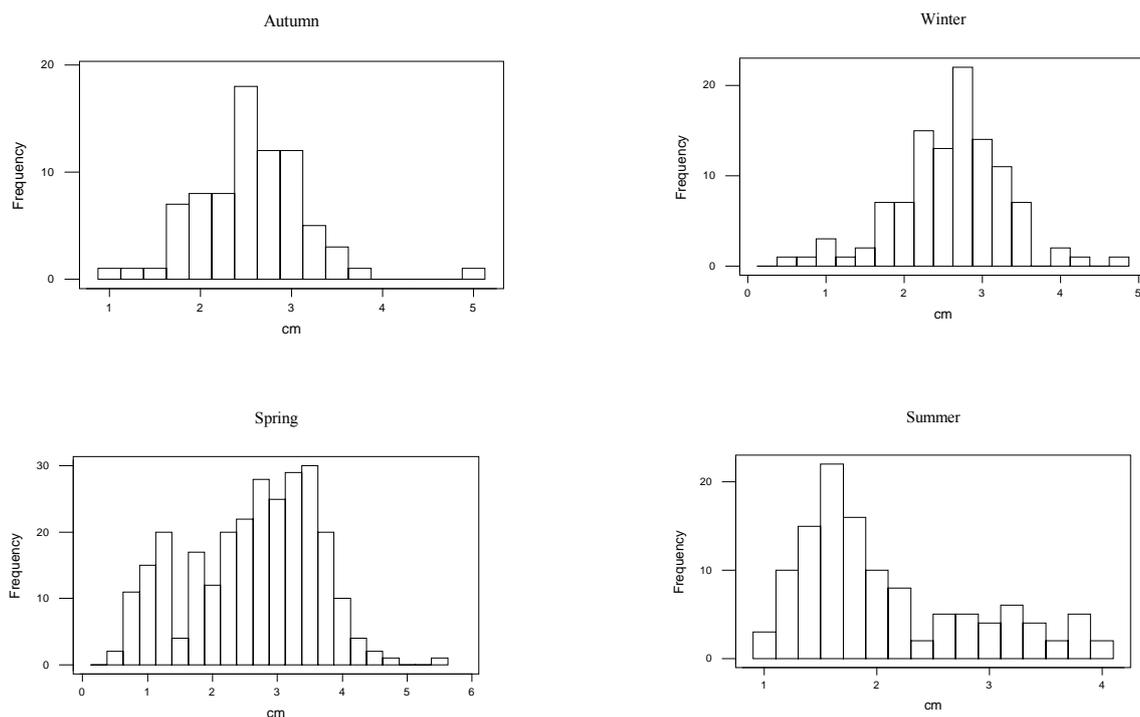


Figura 56 - Distribuzione delle frequenze della lunghezza oro-aborale della conchiglia di *Ruditapes decussatus*. Autunno: pescato commerciale. Altre stagioni: campionamenti casuali. Stagno di Santa Gilla, (CA), autunno 2008 – estate 2009.

La Tabella 30 riporta i risultati del test di Kruskal-Wallis sulle lunghezze medie nelle diverse stazioni. La differenza è significativa solo in primavera ed estate; l'autunno non è stato considerato per l'esiguo numero di esemplari rinvenuto.

Per quanto riguarda le stazioni di campionamento, esse differiscono tutte significativamente l'una dall'altra ($P<0,01$ per tutte le combinazioni).

Analizzando la frequenza delle diverse classi di lunghezza nelle varie stagioni (Figura 57), si nota che la prima classe era presente in tutte le stagioni ma in modo particolare in primavera ed estate mentre la seconda era particolarmente rappresentata in estate per la crescita delle reclute primaverili. Gli esemplari di lunghezza commerciale in

base alla legislazione nazionale ($\geq 2,5$ cm) hanno presentato la densità minima in autunno, al termine della stagione di pesca mentre quelli legali in base alla legislazione regionale ($\geq 3,5$ cm) erano del tutto assenti, e la loro densità è stata modesta in tutte le stagioni con un massimo del 20% in primavera. La densità in base alla legislazione nazionale invece era maggiore, con densità pari a circa il 60% in inverno e primavera e a densità vicine al 30% nelle altre stagioni.

Tabella 29 – Media, deviazione standard e intervallo di confidenza della lunghezza oro-aborale della conchiglia di *Ruditapes decussatus*. Stagno di Santa Gilla (CA), autunno 2008 – estate 2009.

	Media cm	Intervallo di confidenza	
		Min cm	Max cm
Autunno*	2,09 ± 0,15	1,79	2,40
Inverno	2,60 ± 0,07	2,47	2,73
Primavera	2,61 ± 0,06	2,49	2,72
Estate	2,08 ± 0,07	1,94	2,22

* n=12

Tabella 30 - Lunghezza della conchiglia di *Ruditapes decussatus* per stagione: differenza tra le stazioni di prelievo, Risultato del test di Kruskal Wallis. Stagno di Santa Gilla (CA), autunno 2008 - estate 2009.

	H	P
Inverno	0,4	ns
Primavera	28,5	<0,01
Estate	39,6	<0,01

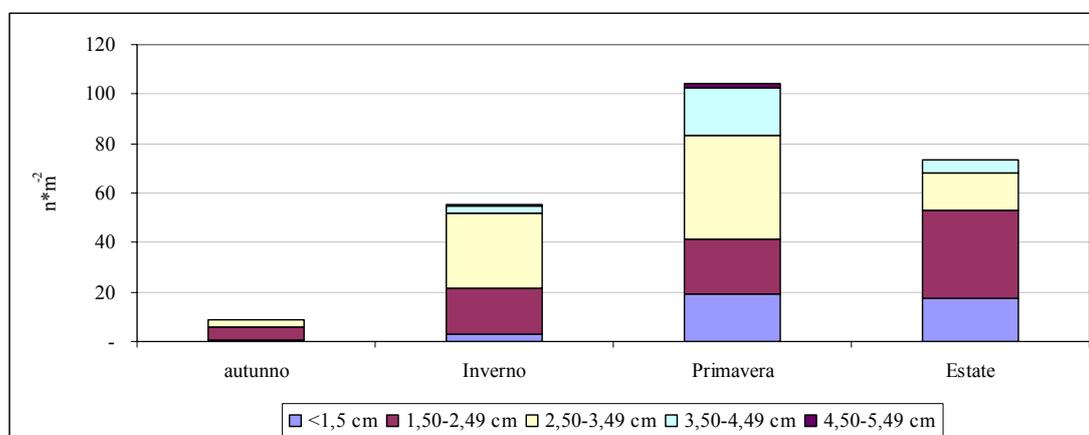


Figura 57 - Frequenza assoluta delle classi di lunghezza della conchiglia di *Ruditapes decussatus* per stagione ($n \cdot m^{-2}$). Stagno di Santa Gilla (CA) autunno 2008 – estate 2009

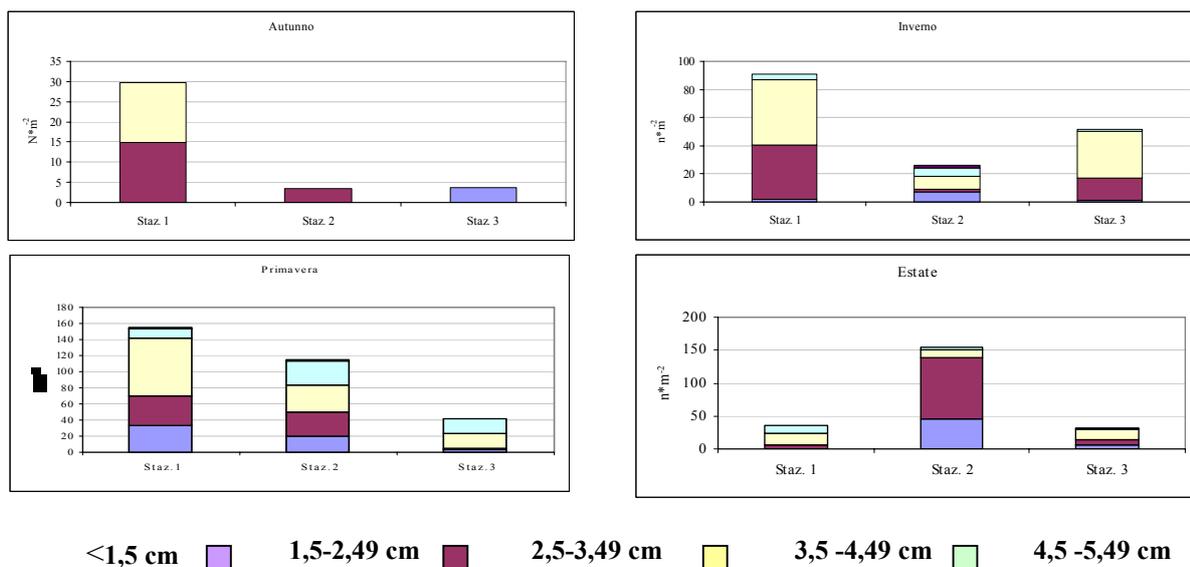


Figura 58 - Distribuzione delle classi di lunghezza di *Ruditapes decussatus* (n*m⁻²) per stazione di rilevamento. Stagno di Santa Gilla (CA), autunno 2008 – estate 2009.

4.4.5 Valle di Marceddì (OR)

Gli istogrammi in Figura 59 illustrano la distribuzione in classi di lunghezza degli esemplari di *R. decussatus* rinvenuti in tutti i campioni durante le quattro stagioni. Nessuna delle distribuzioni è chiaramente polimodale ma bisogna tenere presente che la struttura della popolazione è stata influenzata dalle morie intervenute in questo sito.

L'esemplare più piccolo e più grande sono stati rinvenuti entrambi in primavera con una lunghezza rispettivamente pari a 4,5 e 53,9 mm.

La Tabella 31 riporta la lunghezza media e l'intervallo di confidenza della lunghezza della conchiglia nelle quattro stagioni. Le distribuzioni sono normali soltanto per le stagioni autunnale ed estiva (Kolgomorov-Smirnov normalità test: P<0,05), pertanto per confrontare le lunghezze nelle varie stagioni e stazioni si utilizzato il test non parametrico di Kruskal-Wallis.

La differenza nella lunghezza media tra le stagioni è significativa (P<0,01); confrontando gli intervalli di confidenza e applicando il test U di Mann-Withney si è constatato che la differenza riguarda l'inverno con le altre stagioni (P<0,01).

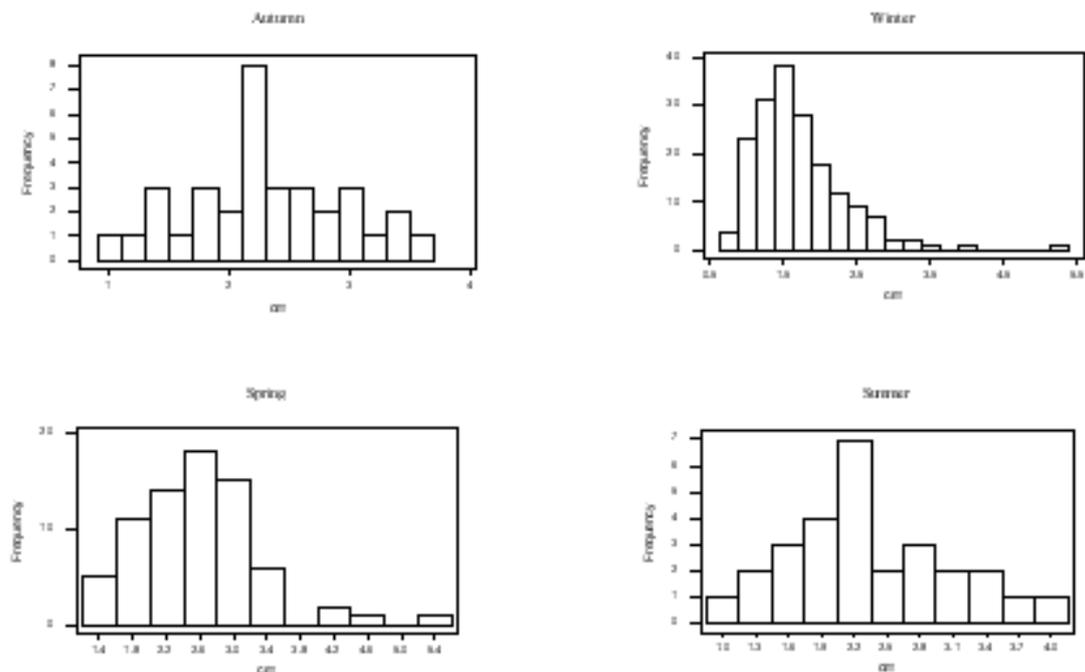


Figura 59 – Media, deviazione standard e intervallo di confidenza della lunghezza oro-aborale. della conchiglia di *Ruditapes decussatus*. Valle di Marceddì (OR), autunno 2008-estate 2009.

Tabella 31 - Media, deviazione standard e intervallo di confidenza della lunghezza oro-aborale. della conchiglia di *Ruditapes decussatus*. Valle di Marceddì (OR) autunno 2008 – estate 2009

	Media cm	Intervallo di confidenza	
		Min cm	Max cm
Autunno	2,27 ± 0,11	2,06	2,48
Inverno	1,71 ± 0,05	1,61	1,80
Primavera	2.58 ± 0,09	2,41	2,74
Estate	2,32 ± 0,14	2,05	2,60

Analizzando la distribuzione delle lunghezze nell'ambito della stessa stagione, si è verificato che soltanto nell'inverno esiste una differenza significativa nella lunghezza media tra le diverse stazioni di prelievo (Tabella 32) in particolare tra la stazione 4 e tutte le altre (Test U di Mann-Witney: $P < 0,01$).

La Figura 61 rappresenta la frequenza assoluta delle diverse classi di lunghezza della conchiglia per stagione riferite all'intera Valle. Gli esemplari rinvenuti in

primavera ed estate provenivano solo da alcune stazioni, la 1 e la 5 in primavera e la 5 e la 6 in estate, a causa della moria che ha interessato tutte le altre aree lagunari.

Tabella 32 - Lunghezza della conchiglia di *Ruditapes decussatus* per stagione: differenza tra le stazioni di prelievo, risultato del test di Kruskal Wallis. Valle di Marceddì (OR), autunno 2008 - estate 2009.

	H	P
Autunno	4,97	0,2
Inverno	40,91	<0,01
Primavera	1,00	0,32
Estate	0,22	0,64

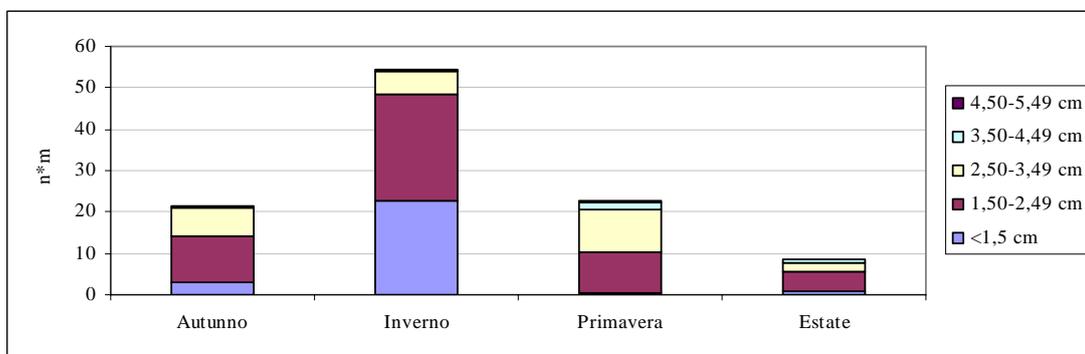
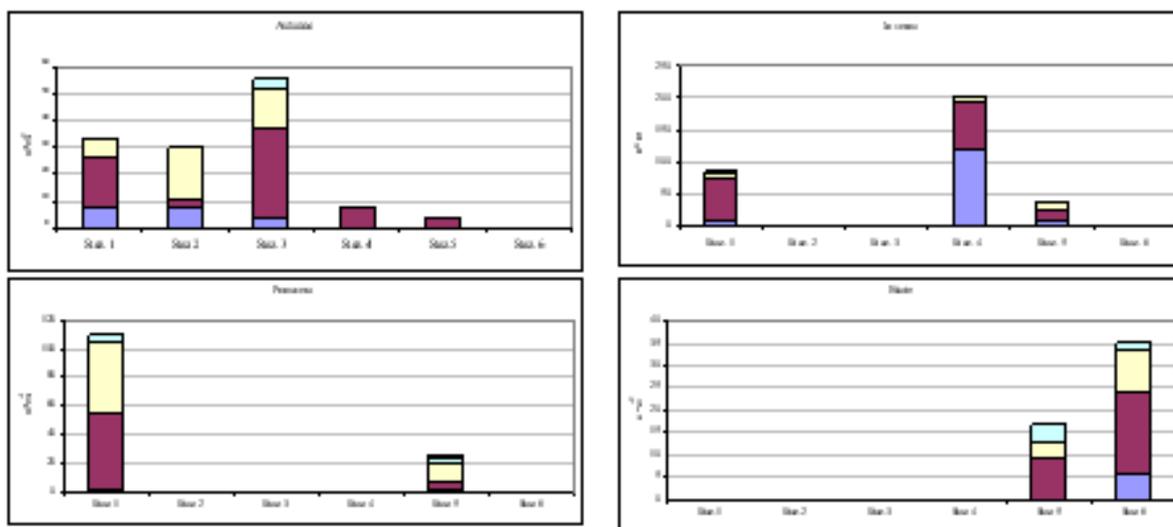


Figura 60 –Frequenza assoluta delle classi di lunghezza della conchiglia di *Ruditapes decussatus* per stagione ($n*m^{-2}$). Valle di Marceddì (OR), autunno 2008 – estate 2009



<1,5 cm 1,5-2,49 cm 2,5-3,49 cm 3,5-4,49 cm 4,5-5,49 cm

Figura 61 - Distribuzione delle classi di lunghezza di *Ruditapes decussatus* ($n*m^{-2}$) per stazione di rilevamento. Valle di Marceddì (OR), autunno 2008 – estate 2009.

La prima classe, pur essendo rappresentata in tutte le stagioni, era particolarmente abbondante nell'inverno, e presumibilmente comprendeva esemplari nati nella stagione riproduttiva 2008. In primavera ed estate, come detto, si è notato un calo generale del numero di esemplari e la mortalità ha interessato tutte le classi di lunghezza.

4.4.6 Stagno Corru s'ittiri (OR)

La Figura 62 riporta gli istogrammi sulla distribuzione in classi di lunghezza della conchiglia di *R. decussatus* per stagione. Il test di Kolmogorov Smirnov dimostra che esse non sono normali ($P < 0,01$).

Gli esemplari più piccolo e più grande sono stati rinvenuti entrambi in primavera, con una lunghezza rispettivamente pari a 3,6 e 51,1 mm. Riguardo alla lunghezza nelle diverse stagioni, l'analisi degli intervalli di confidenza e il test U di Mann-Withney dimostrano che esiste una differenza significativa tra l'autunno e l'inverno e l'autunno e l'estate ($P < 0,01$) mentre la differenza tra le altre stagioni non è significativa.

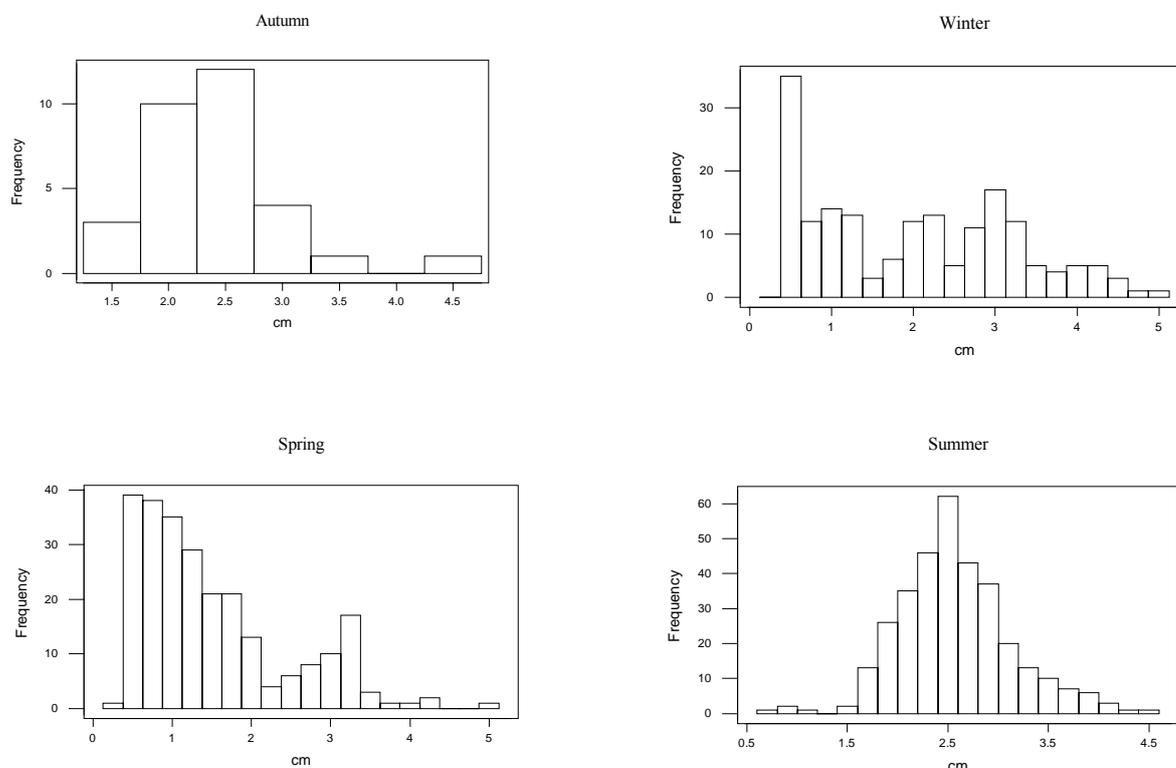


Figura 62 - Distribuzione delle frequenze della lunghezza oro-aborale della conchiglia di *Ruditapes decussatus*. Stagno Corru s'ittiri (OR), autunno 2008-estate 2009.

All'interno della stessa stagione si può notare (Tabella 34), che esiste una differenza significativa delle lunghezze tra le diverse stazioni soltanto in inverno ed estate.

Tabella 33 - Media, deviazione standard e intervallo di confidenza della lunghezza oro-aborale della conchiglia di *Ruditapes decussatus* Stagno Corru s'ittiri (OR), autunno 2008 - estate 2009.

	media cm	Intervallo di confidenza	
		Min. cm	Max cm
Autunno	2,38± 0,11	2,18	2,59
Inverno	2,00± 0,09	1,81	2,17
Primavera	1,52± 0,06	1,40	1,64
Estate	2,56± 0,03	2,50	2,62

Tabella 34 - Lunghezza della conchiglia di *Ruditapes decussatus* per stagione: differenza tra le stazioni di prelievo, Risultato del test di Kruskal Wallis. Stagno Corru s'ittiri (OR), autunno 2008 - estate 2009.

	H	P
Autunno	3,18	0,204
Inverno	12,734	0,002
Primavera	7,46	0,24
Estate	17,08	0,001

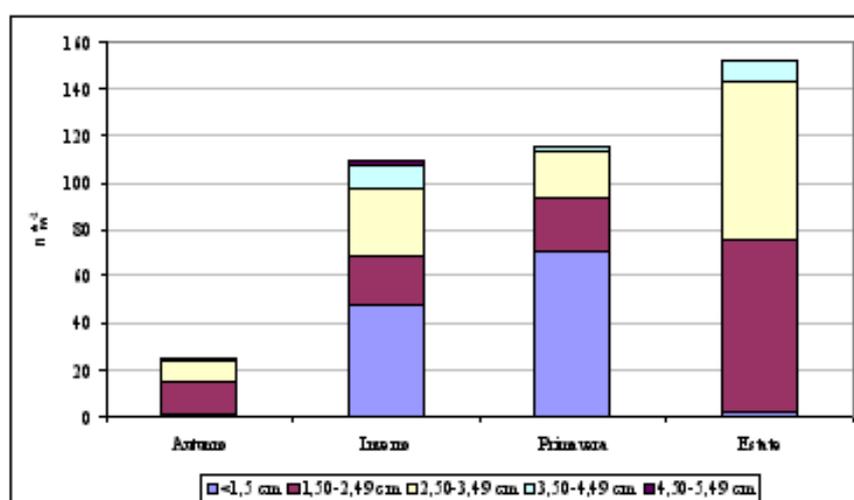


Figura 63 – Frequenza assoluta delle classi di lunghezza della conchiglia di *Ruditapes decussatus* per stagione ($n \cdot m^{-2}$) Stagno Corru S'ittiri (OR), autunno 2008 – estate 2009

Osservando la distribuzione delle classi di lunghezza nelle diverse stagioni, si può notare che le reclute erano presenti prevalentemente nell'inverno e nella primavera (Figura 63), mentre in autunno e in estate erano più rappresentate la seconda e la terza classe, grazie all'accrescimento dei giovanili. Anche in questo caso, come a Marceddi, le reclute rinvenute nel prelievo invernale e primaverile derivavano probabilmente dalla stagione riproduttiva 2008, mentre nel prelievo estivo, avvenuto in luglio, sono apparse le reclute derivanti dalla stagione riproduttiva 2009 con densità minime, da 2 e 6 *m⁻² esemplari rispettivamente nelle stazioni 1 e 4. Ciò corrisponde a quanto rilevato da Mistri (2007) che ha studiato lo sviluppo gonadico del *R. decussatus* in questo sito rilevando che la riproduzione si avvia a giugno e prosegue, sia pure con minore intensità, fino a settembre.

Gli esemplari di taglia commerciale in base alla legislazione regionale ($\geq 3,5$ cm) non erano presenti in primavera ma anche nelle altre stagioni sono stati rilevati in quantità molto ridotta mentre quelli in regola con la legislazione nazionale ($\geq 2,5$ cm) erano ben rappresentati nell'estate.

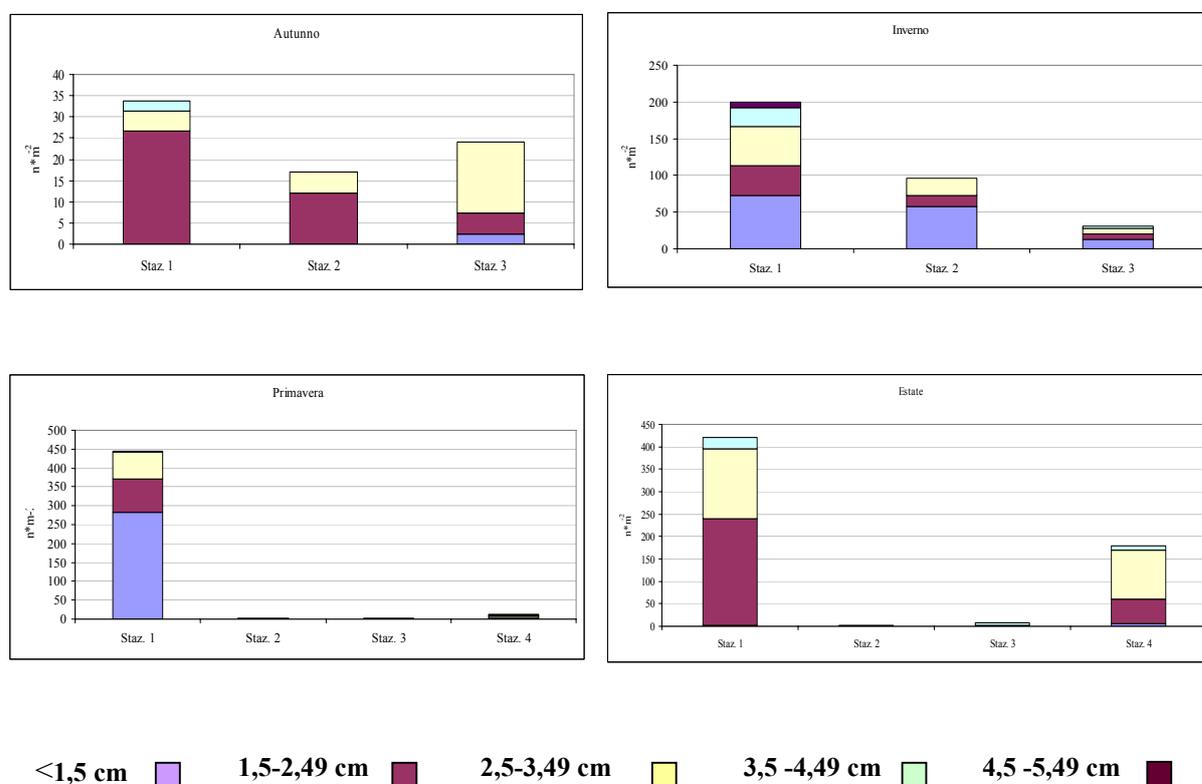


Figura 64 - Distribuzione delle classi di lunghezza di *Ruditapes decussatus* (n*m⁻²) per stazione di rilevamento. Stagno di Corru s'ittiri (OR), autunno 2008 – estate 2009.

4.4.7 Stagno del Calich

La Figura 65 mostra la frequenza delle diverse classi di lunghezza nella varie stagioni. Le distribuzioni sono normali esclusa quella estiva. (Kolmogorov-Smirnov normality test, $P < 0,01$).

La Tabella 35 riporta la media e l'intervallo di confidenza della lunghezza oro-aborale dei *Ruditapes* rinvenuti nelle diverse stagioni. L'esame degli intervalli di confidenza e il test di Kruskal-Wallis ($P < 0,01$) dimostrano che esiste una significativa differenza delle lunghezze medie, in particolare tra l'autunno e tutte le altre stagioni, ma anche tra la primavera e l'estate (test U di Mann-Witney, $P < 0,05$). La minore lunghezza media autunnale ed estiva dipende dal fatto che l'autunno ha coinciso col termine della stagione di pesca, mentre in estate, oltre alla diminuzione delle taglie commerciali a causa dei prelievi dei pescatori, si sono avvertiti gli effetti del reclutamento.

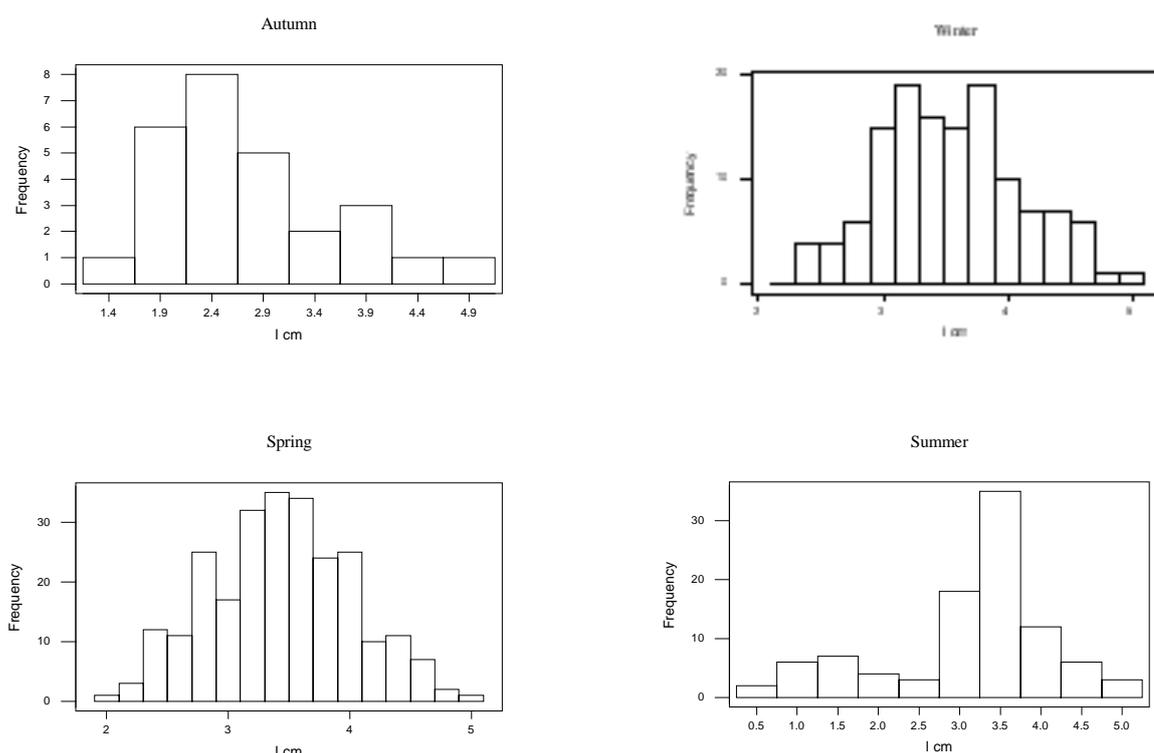


Figura 65 - Distribuzione delle frequenze della lunghezza oro-aborale della conchiglia di *Ruditapes decussatus* Stagno di Calich (SS), autunno 2008 – estate 2009.

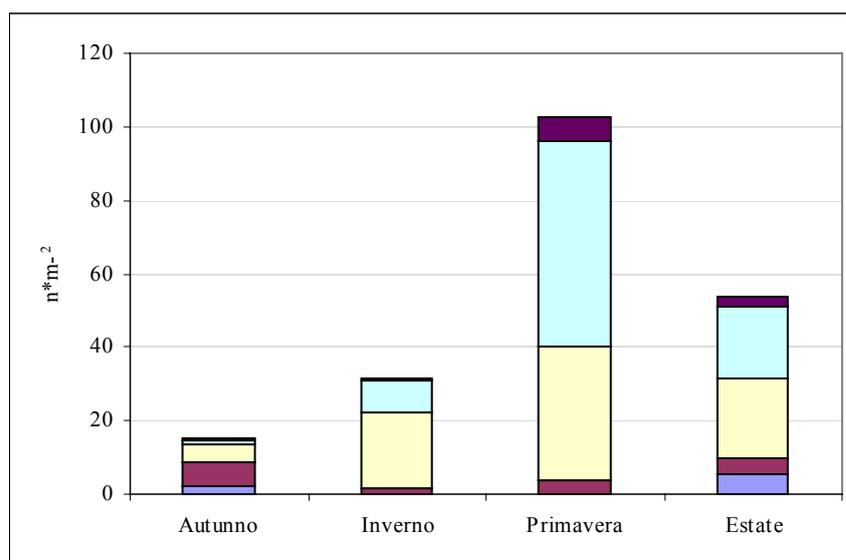
Confrontando le lunghezze medie nelle diverse stazioni col test di Kruskal-Wallis, si può notare che tra esse esiste una differenza statisticamente significativa nel prelievo primaverile ed estivo (Tabella 36).

Tabella 35 – Media, deviazione standard e intervallo di confidenza della lunghezza oro-aborale della conchiglia di *Ruditapes decussatus*. Stagno di Calich (SS), autunno 2008 – estate 2009.

	Media cm	Intervallo di confidenza	
		Min	Max
Autunno	2,73 ± 0,16	2,42	3,04
Inverno	3,33 ± 0,67	3,20	3,46
Primavera	3,43 ± 0,37	3,36	3,50
Estate	3,14 ± 0,10	2,94	3,34

Tabella 36 - Lunghezza della conchiglia di *Ruditapes decussatus* per stagione: differenza tra le stazioni di prelievo, Risultato del test di Kruskal Wallis. Stagno del Calich (SS), autunno 2008 -estate 2009.

	H	P
Autunno	2,79	ns
Inverno	5,12	ns
Primavera	66,23	<0,01
Estate	13,28	<0,01



<1,5 cm ■ 1,5-2,49 cm ■ 2,5-3,49 cm ■ 3,5-4,49 cm ■ 4,5-5,49 cm ■

Figura 66 - Frequenza assoluta delle classi di lunghezza della conchiglia di *Ruditapes decussatus* per stagione (n*m⁻²) Stagno del Calich (SS), autunno 2008 – estate 2009

Il test U di Mann-Withney applicato alle diverse combinazioni di stazioni dimostra che la differenza è significativa tra la stazione 1, più vicina alla bocca a mare, e la 3, più interna e situata nel punto di confluenza di un corso d'acqua, in ambedue le stagioni ($P < 0,01$).

Come accaduto in altri siti, la maggiore densità ha coinciso col prelievo primaverile, ma ciò non è attribuibile, come negli altri casi, al reclutamento, bensì alla notevole presenza di individui di taglia commerciale ben superiore a quella rinvenuta altrove.

Gli esemplari della prima classe erano presenti d'estate nella stazione 1, (Figura 67) e nell'autunno nella stazione 3, a differenza di quanto accaduto in altre lagune studiate nelle quali la prima classe si è rilevata in tutte le stagioni oppure, come nel golfo di Olbia, prevalentemente in primavera.

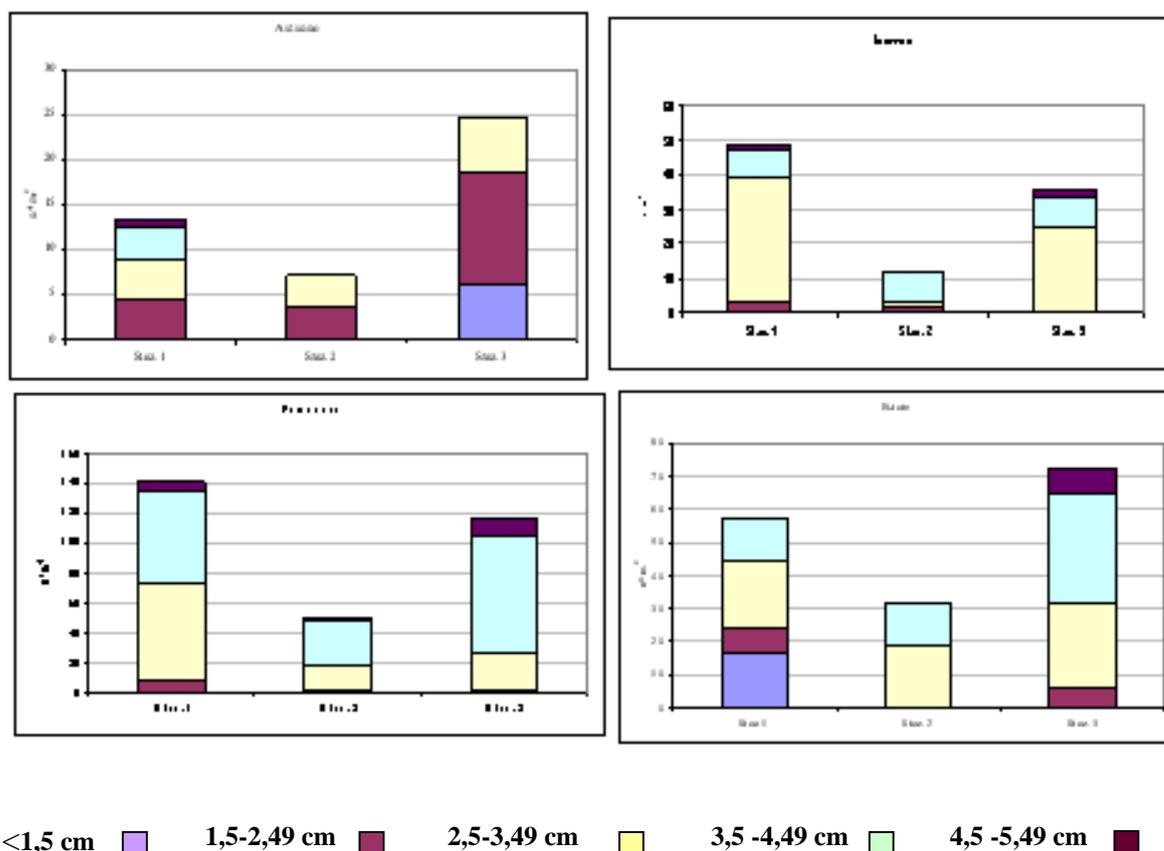


Figura 67 – Frequenza delle classi di lunghezza della conchiglia di *Ruditapes decussatus* per stagione (n*m⁻²). Stagno del Calich (SS), autunno 2008-estate 2009

La situazione si differenzia anche da quella di Marceddì e Corru s'ittiri, nei quali le reclute erano presenti anche durante l'inverno. Le densità sono comunque molto basse, ma questo potrebbe essere dipeso anche dalla particolare situazione ambientale.

Si ricorda, infatti, che lo stagno del Calich, durante l'inverno 2008-2009, ha subito una dolciificazione quasi completa, e che nel prelievo invernale si è verificata un'estesa moria. La comparsa di esemplari adulti nel prelievo primaverile fa pensare si sia verificata una redistribuzione degli animali e una loro risalita da strati profondi del sedimento.

Gli individui di taglia commerciale sono stati più abbondanti rispetto a quanto accaduto negli altri siti studiati, anche perché le acque non sono classificate e, almeno in questo sito (a Olbia non accade), ciò limita l'attività di pesca. Infatti nel prelievo estivo, a stagione di pesca inoltrata, la percentuale di individui pescabili in base alla legislazione regionale ($\geq 3,5$ cm) era ancora superiore al 40%. In inverno e primavera la percentuale di individui di taglia commerciale secondo la legislazione nazionale ($\geq 2,5$ cm) era pari al 95 e 94% rispettivamente, mentre quella degli individui pescabili secondo la legislazione regionale era superiore al 40%.

4.4.8 Confronto della struttura di popolazione tra i diversi siti

Si sono confrontate le lunghezze medie della conchiglia rilevate nei diversi siti studiati utilizzando il test di Kruskal-Wallis. La differenza è risultata significativa ($P < 0,01$) in tutte le stagioni.

Analizzando le differenze nel dettaglio e confrontando gli stagni a coppie attraverso il test U di Mann-Whitney, è possibile notare che le maggiori analogie si riscontrano tra la Valle di Marceddì e gli stagni di San Giovanni e Santa Gilla, tutti situati nella Sardegna centro-meridionale. Infatti, in questi siti la differenza delle lunghezze medie non è statisticamente significativa in tre stagioni su quattro e in ambedue i casi la stagione significativamente differente è l'inverno ($P < 0,01$). Nonostante la vicinanza geografica e temporale dei prelievi lo stagno di Marceddì e Corru s'ittiri mostrano differenze statisticamente significative in primavera ed estate ($P < 0,01$), ma questo può essere dovuto

alla moria già descritta che ha interessato il primo sito. Negli altri casi la differenza è significativa in almeno tre stagioni su quattro.

Considerando la distribuzione in classi di lunghezza (Figura 68), la differenza si evidenzia sia sotto l'aspetto quantitativo che qualitativo. Nel prelievo autunnale le reclute della prima classe non erano presenti in tutti i siti; solo a San Giovanni e Tortoli esse hanno raggiunto densità superiori a $10 \cdot m^{-2}$ esemplari. Durante l'inverno la prima classe si è rilevata in tutti i siti escluso il Calich, ma a S. Gilla la sua presenza era molto ridotta ($3 \cdot m^{-2}$ esemplari). In primavera gli unici siti che non presentavano reclute o le presentavano in densità irrisorie sono stati Marceddi ($1 \cdot m^{-2}$ esemplari) e Calich, ove non ne sono state rinvenute. Ciò può dipendere, come già detto, dalla forte dolcificazione invernale e primaverile che potrebbe aver compromesso il reclutamento. Nella stagione estiva, Marceddi e Corru s'ittiri hanno presentato densità di reclute inferiori a $2 \cdot m^{-2}$ esemplari mentre a Tortoli non è stata rinvenuta neanche una recluta. San Giovanni è l'unico sito in cui la prima classe di lunghezza è stata rilevata in tutti i quattro prelievi stagionali, d'altra parte è anche il sito che ha presentato le massime densità di *Ruditapes*. I risultati del test χ^2 applicato a tutte le stagioni (escluso l'autunno per la mancanza di un numero sufficiente di dati in alcune classi) unificando le classi di lunghezza maggiori o uguali a 3,5 cm, sono riassunti nella Tabella 37.

Tabella 37 - Probabilità risultante dal test χ^2 applicato alla distribuzione delle classi di frequenza della lunghezza della conchiglia di *Ruditapes decussatus* nelle diverse stagioni. In grassetto, gli incroci in cui una o più differenze non sono significative $P < 0,01$.

	Olbia	Tortoli	San Giovanni	Santa Gilla	Corru s'ittiri
Olbia					
Tortoli	i,p,e				
San Giovanni	i,p,e	i,e			
Santa Gilla	i,p	i,e	i,p,e		
Corru	i,e	i,p	i,p,e	i,p,e	
Calich	i,p,e	i,p,e	i,p,e	i,p,e	i,p,e

a=autunno, i=inverno, p=primavera, e=estate

Le differenze sono significative per quasi tutte le stagioni ($P < 0,01$). Da notare che i siti che non differivano in modo statisticamente significativo confrontando le lunghezze medie lo diventano confrontando la frequenza delle diverse classi di lunghezza.

Va sottolineato però che la differenza riscontrata nelle stagioni calde potrebbe essere influenzata dal tempo intercorrente tra il rilevamento in un sito e l'altro (date di prelievo in allegato). Questo intervallo potrebbe consentire una crescita tale da rendere

significative le differenze tra i siti; inoltre, trattandosi di un periodo di reclutamento e di pesca intensa anche uno scarto di poche settimane potrebbe aver causato differenze significative sia nel numero di esemplari della prima classe d'età sia in quelli di lunghezza commerciale. Nel caso, invece, del prelievo autunnale e soprattutto invernale, il lento accrescimento che caratterizza il periodo freddo esclude che le differenze riscontrate possano dipendere dall'intervallo di tempo tra i rilevamenti nei vari siti.

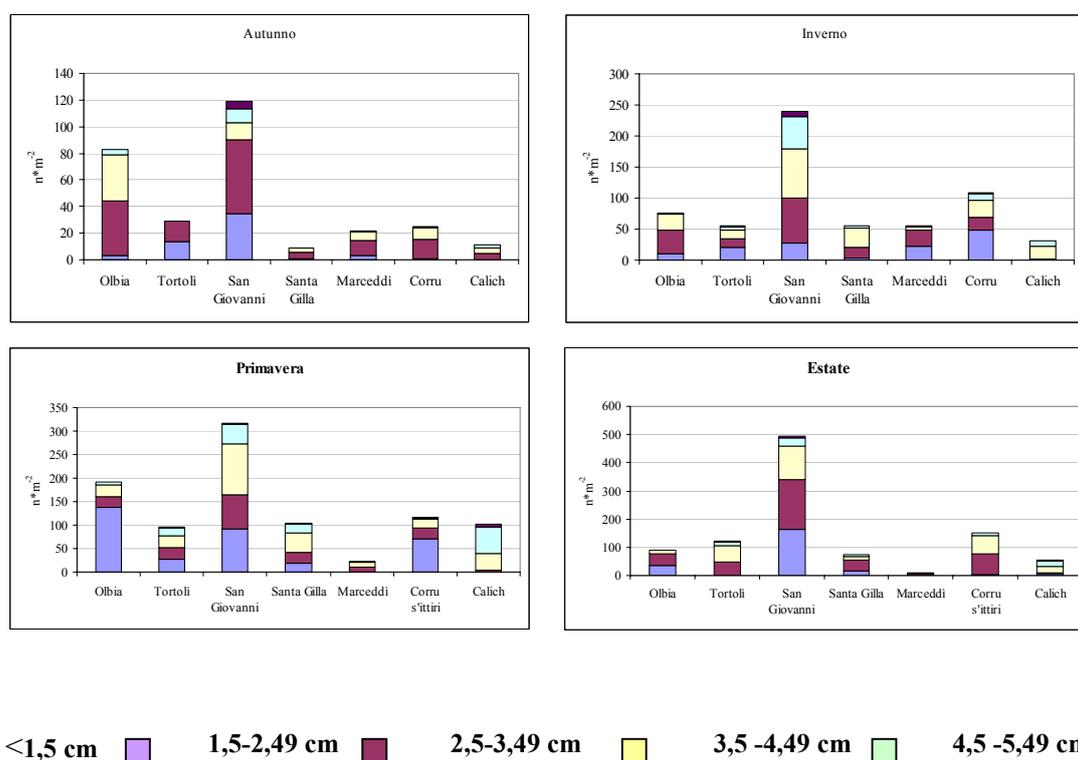


Figura 68 - Distribuzione in classi di lunghezza della conchiglia di *Ruditapes decussatus*. Primavera2008 - estate 2009

Per quanto riguarda la presenza delle classi di lunghezza commerciale, gli individui commercializzabili secondo la legislazione regionale ($\geq 3,5$ cm) sono stati quasi sempre molto rari. Maggiore varietà di situazioni si è presentata riguardo agli esemplari in regola secondo le norma nazionali ($\geq 2,5$ cm). San Giovanni è il sito in cui si sono rilevate densità maggiori con valori superiori a $100 \cdot m^{-2}$ esemplari in tutte le stagioni, escluso l'autunno.

4.5 Accrescimento e mortalità di *R.decussatus*

4.5.1 Accrescimento

Lo studio dell'accrescimento di *Ruditapes decussatus* è stato svolto sui campioni provenienti dal golfo di Olbia.

L'analisi su un unico campione ottenuto considerando assieme gli esemplari provenienti da tutte le stazioni non ha fornito risultati attendibili perché si verificava la sovrapposizione delle diverse classi d'età e ciò rendeva impossibile distinguere gli individui delle diverse coorti (Figura 48); è stato perciò necessario studiare separatamente le diverse stazioni di rilevamento.

La figura Figura 69 mostra le curve ottenute applicando il modello di Von Bertalanffy in sei stazioni (due non sono state utilizzate perché non erano disponibili i dati autunnali)

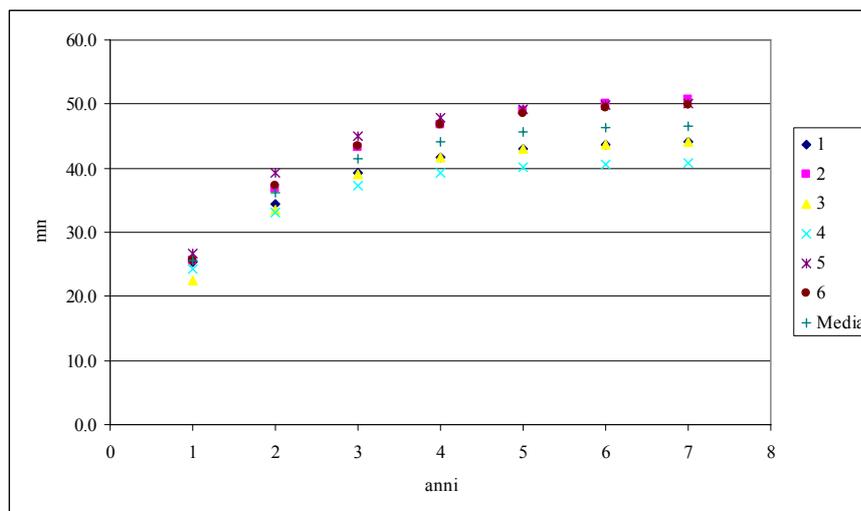


Figura 69 - Curve di accrescimento ottenute attraverso l'applicazione del modello di Von Bertalanffy nelle diverse stazioni di rilevamento

Tabella 38 - Parametri dell'equazione di Von Bertalanffy calcolati col metodo Battacharia. Per la stazione 3 non è riportato l'errore standard (ES) in quanto è stato usato il metodo Elefan (Software: FISAT II (Gayaniolo *et al.*, 2005))

stazioni	1		2		3	4		5		6	
	L mm	ES	L mm	ES	L mm	L mm	ES	L mm	ES	L mm	ES
L_{∞}	44,5	3,9	51,53	4,9	44,35	40,95	6,63	50,34	2,56	50,44	4,22
k	0,64	0,2	0,57	0,17	0,71	0,75	0,29	0,75	0,1	0,63	0,12
t_0	-3,2	2	-0,2	0,13		-0,19	0,15	-0,01	0,05	-0,12	0,08

Nella Tabella 38 sono riportati i parametri ottenuti per ogni singola stazione. Si può notare che gli errori standard sono piuttosto elevati e da ciò consegue che la differenza di accrescimento tra le diverse stazioni non sia statisticamente significativa; ciononostante, come detto, l'analisi su tutti gli esemplari rinvenuti nelle diverse stazioni non porta a risultati interpretabili. La difficoltà nel determinare le curve di crescita deriva dal fatto che la stagione riproduttiva della specie è lunga e si prolunga dalla primavera all'autunno con numerose coorti di reclute; inoltre gli esemplari nati in primavera sono andati incontro a un periodo di crescita rapida, mentre quelli nati in autunno hanno affrontato il periodo freddo. Le diverse coorti sono quindi andate a sovrapporsi nelle distribuzioni di frequenza del primo anno d'età e non sono più distinguibili. Tutto ciò verrà meglio giustificato nella discussione dei risultati.

Tabella 39 - Media e intervallo di confidenza dei parametri dell'equazione di Von Bertalanffy ottenute nelle diverse stazioni di rilevamento.

	Media	Min	Max
L_∞	47,02 ± 4,32	43,56	50,48
k	0,68 ± 0,07	0,62	0,73
t₀	-0,17 ± 0,11	-0,27	-0,07

La Tabella 39 riporta la media e l'intervallo di confidenza dei parametri riferiti all'intero golfo ottenuti dai valori relativi alle singole stazioni.

Per quanto riguarda le modalità di accrescimento della conchiglia, essa non aumenta in modo perfettamente proporzionale nelle tre dimensioni; la Figura 70 mostra le equazioni di regressione e il valore del coefficiente di determinazione R² calcolato su oltre 2800 esemplari raccolti nelle diverse stagioni da cui sono stati eliminati alcuni animali deformi a causa di evidenti traumi subiti. La funzione che esprime la regressione è di tipo esponenziale ma molto vicina ad una retta; è stata pertanto calcolata anche la equazione che esprime la regressione multipla che lega le tre variabili lunghezza oroborale (l), altezza (h) e spessore:

$$L = 0.0311 + 1.17 h + 0.458 s \quad (R^2 \text{ adj}=99,2\%)$$

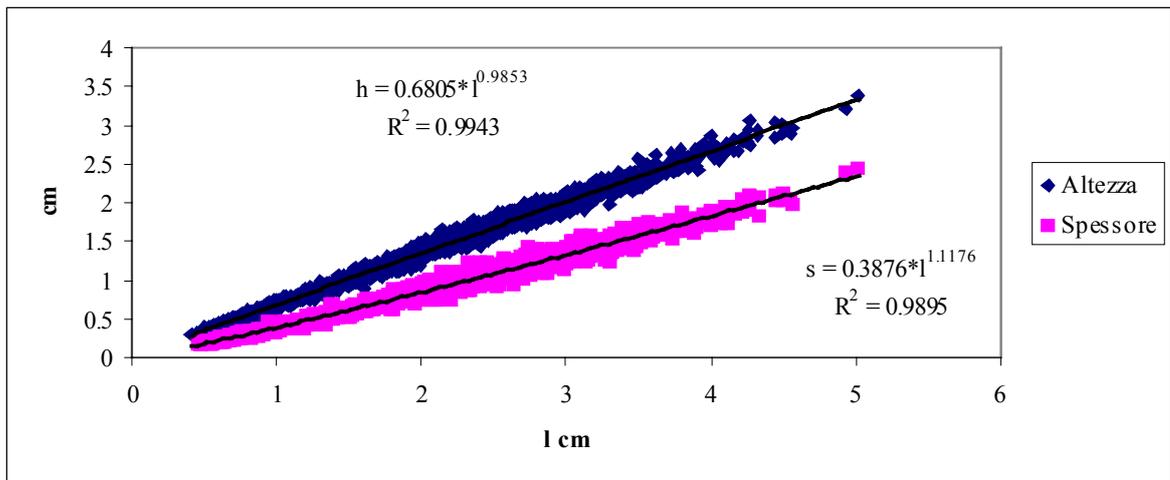


Figura 70 – Equazioni di regressione e coefficiente di determinazione R^2 calcolati tra la lunghezza oro-aborale della conchiglia di *Ruditapes decussatus* e le altre dimensioni. Golfo di Olbia, autunno 2008 – estate 2009.

Sui soli dati dello stagno di Santa Gilla provenienti da campioni commerciali mensili prelevati tra il marzo e il novembre 2010 è stata calcolata la relazione tra la lunghezza e il peso vivo dell'animale .

Il modello utilizzato è della forma $P=aL^b$ dove P rappresenta il peso vivo misurato secondo le modalità descritte nella metodologia (comprendente quindi il peso della carne, della conchiglia e dell'acqua in essa contenuta) e L la lunghezza oro-aborale.

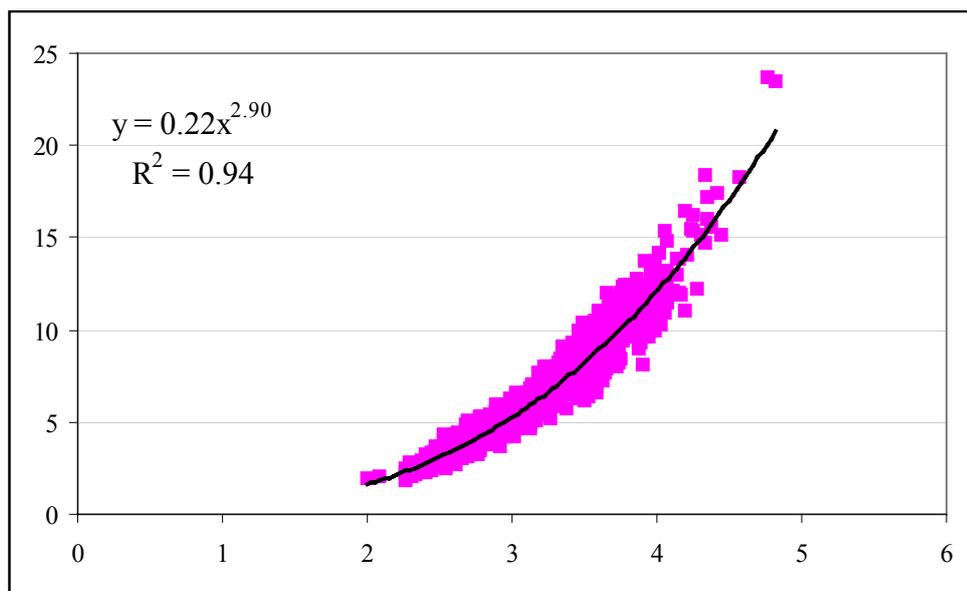


Figura 71 - Equazione di regressione tra la lunghezza oro-aborale (mm) il Peso vivo (g) della conchiglia di *R. decussatus* dello stagno di Santa Gilla.

Il coefficiente allometrico b è vicino a 3 come di norma accade nei casi in cui gli animali, nel corso della loro vita, non cambiano né la forma né le proporzioni.

4.5.2 Mortalità

La Figura 72 riporta l'equazione di mortalità e il relativo grafico calcolato sui dati del campionamento primaverile nel golfo di Olbia. Il coefficiente di determinazione elevato certifica che il modello ben si adatta all'andamento del fenomeno.

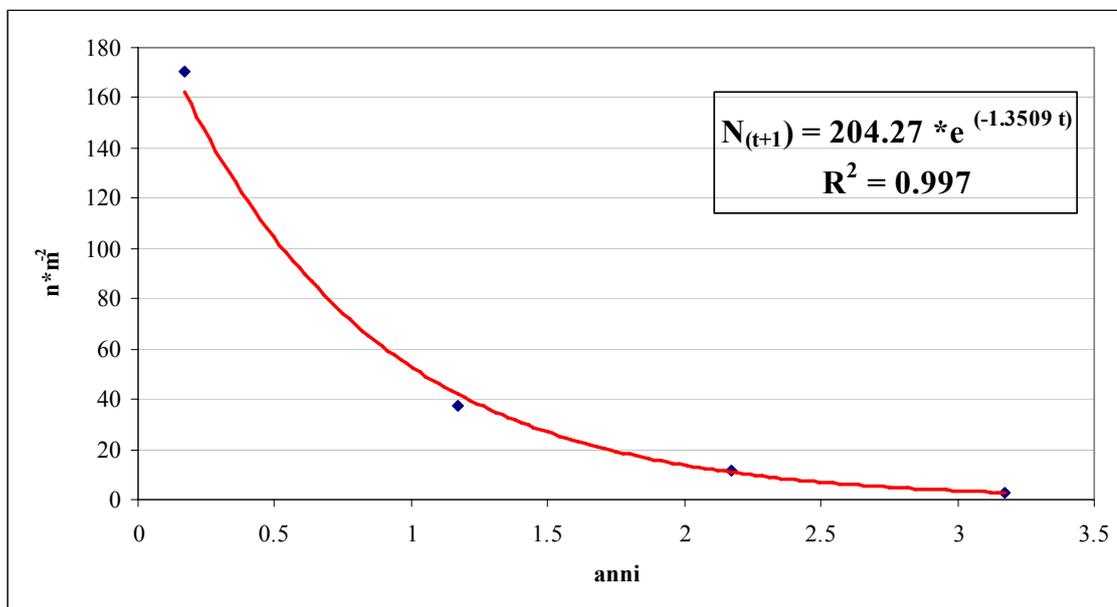


Figura 72 – *Ruditapes decussatus*: Equazione di mortalità ($N = n * m^{-2}$, $t = \text{anni}$) e coefficiente di determinazione R^2 . Golfo di Olbia (OT), primavera 2009

4.6 Influenza del sedimento sulle popolazioni di *R. decussatus*

Nel paragrafo sulla descrizione dei singoli siti è stata illustrata la granulometria del sedimento rilevata nelle varie stazioni.

La Figura 73 ne riassume la composizione e si riferisce alla media di tutti i campioni di ogni sito. Nonostante la composizione sembri apparentemente simile, la differenza è statisticamente significativa tra tutti (Fisher exact test: $P < 0,01$ per tutti i confronti).

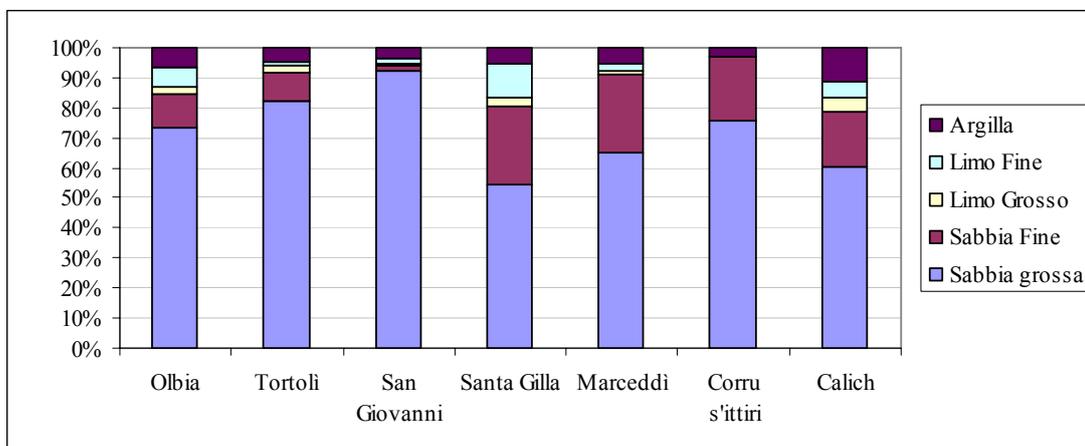


Figura 73 – Composizione del sedimento nei siti di studio.

La tessitura del sedimento rinvenuto nei siti studiati è stata classificata, secondo la scala U.S.D.A., nelle 4 frazioni: sabbiosa, sabbioso- franca, franco-sabbiosa, franco-argillo-sabbiosa. Quest'ultimo tipo è stato rinvenuto esclusivamente nello stagno Calich e Tortoli, in stazioni poste vicino alla foce di un corso d'acqua. Oltre la metà dei campioni di sedimento è stato classificato come sabbioso (55 su 98) e sabbioso franco (25).

Per verificare l'eventuale relazione tra il tipo di substrato e l'abbondanza di *R. decussatus*, si è calcolato il coefficiente di correlazione tra la densità nelle singole repliche della stagione primaverile e la granulometria del sedimento prelevato immediatamente vicino alla replica stessa. Considerando assieme i dati su tutti i siti non è stata rilevata alcuna correlazione tra la densità di *Ruditapes* e l'abbondanza delle diverse frazioni di sedimento mentre per le singole lagune è emerso che, per alcune di esse, esiste la

correlazione con alcune componenti del sedimento, ma non si tratta della medesima frazione (Tabella 40).

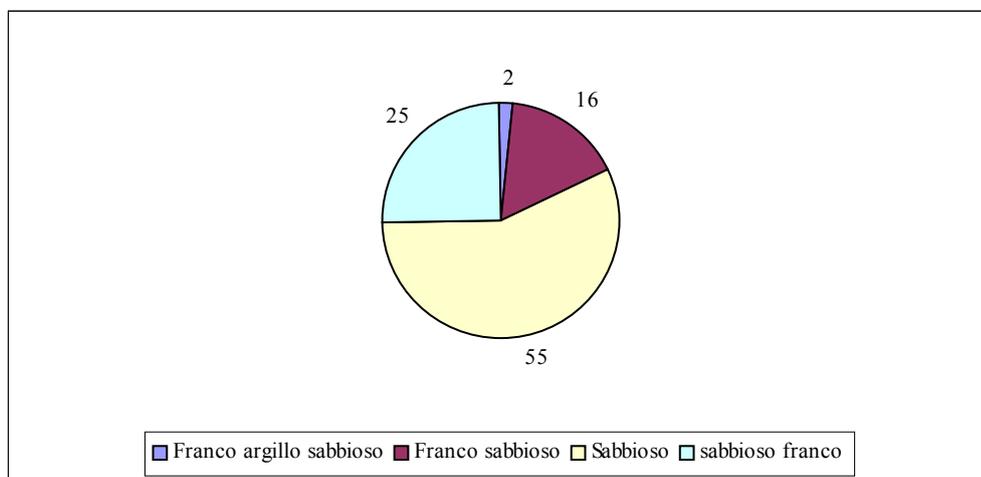


Figura 74 - Classificazione U.S.D.A. del sedimento in tutti i siti studiati.

Tabella 40 – Coefficienti di correlazione tra le diverse frazioni del sedimento e la densità nelle repliche ($n \cdot m^{-2}$) di *R. decussatus*

	Sabbia grossolana	Limo grossolano	Limo fine	Argilla	scheletro
Olbia	-0,41 (P<0,05)		0,52 (P=<0,01)		
Marceddi		0,90 P<0,01		0,73 (P<0,05)	0,78 (P<0,05)
Calich			-0,47 (P<0,05)		

Per quanto riguarda Marceddi, va tenuto presente che la correlazione riguarda solo le stazioni n. 1 e 5, la prima situata all'interno dello sbarramento della peschiera, la seconda all'esterno, di fronte al centro abitato; la forte diversità nell'abbondanza delle frazioni limo, argilla e dello scheletro è legata quindi alla diversa collocazione geografica. Considerando anche i risultati ottenuti negli altri stagni, ove non si vede una correlazione univoca con qualche frazione del sedimento, è probabile che la maggiore densità d'esemplari nella prima stazione di Marceddi dipenda dai altri fattori legati alle sue caratteristiche più "lagunari" piuttosto che dalla natura del sedimento.

Nel caso del golfo di Olbia, la correlazione negativa con la frazione "sabbia grossolana", potrebbe far pensare che il reclutamento avvenga più favorevolmente in aree

ove questa componente è minore e maggiore invece la componente più sottile. Verificando però la situazione del reclutamento nella stagione successiva, si può notare che il maggior numero di reclute si è rinvenuta nella stazione 4, ove la componente sabbia grossolana è molto abbondante. Da tutto questo si può dedurre che la natura del sedimento non è il fattore fondamentale nel determinare il reclutamento.

A parte il caso di Marceddì, la percentuale in peso dello scheletro, pur essendo talvolta elevata, (da 1,8 al 52% del sedimento), non è correlata alla densità degli animali nonostante lo stato di bioclasti che lo compone possa apparire un ostacolo per l'insediamento delle postlarve nel sedimento.

Per il golfo di Olbia, unico sito per cui sono state studiate le equazioni di crescita, si è verificato l'effetto della granulometria del substrato sull'accrescimento calcolando il coefficiente di correlazione esistente tra l'abbondanza delle diverse stazioni (media dei risultati ottenuti nelle repliche di ogni stazione) e la costante di crescita relativa alle diverse stazioni (Tabella 38). Esiste una forte correlazione negativa con la abbondanza della frazione "limo fine" ($r = -0,88$; $P = 0,02$) ed è inoltre molto vicina alla significatività la correlazione positiva con la abbondanza della frazione "sabbia grossolana" ($0,78$; $p=0,06$).

4.7 Innesidamento di *Ruditapes philippinarum* in Sardegna e distribuzione in rapporto a *Ruditapes decussatus*

Nel corso della ricerca è stato verificata la presenza della specie alloctona *Ruditapes philippinarum* nello stagno di Santa Gilla e nel golfo di Olbia .

A Santa Gilla, dall'autunno 2008 all'estate 2009, sono stati rinvenuti complessivamente otto esemplari di *R. philippinarum* di cui sette nella stazione n. 2, la più vicina al mare, e uno nella stazione 1; Complessivamente rappresentano il 0,8% in numero sul totale delle due specie. E' stato inoltre rinvenuto costantemente nei prelievi mensili di pescato commerciale compiuti da marzo a dicembre 2010 in percentuale tra il 2 e il 3%.

Nel golfo di Olbia invece la distribuzione di *R. philippinarum* è diffusa, per cui verrà analizzata in dettaglio nel paragrafo successivo.

4.7.1 Distribuzione e densità di *Ruditapes philippinarum* nel golfo di Olbia.

La Tabella 41 riporta le medie, le deviazioni standard e l'intervallo di confidenza calcolati su tutti i campioni prelevati nel golfo di Olbia nelle 4 stagioni. Gli intervalli di confidenza, molto ampi, danno conto dell'eterogeneità della distribuzione della specie nelle diverse aree del golfo. La densità nelle diverse stagioni non è significativamente diversa (test di Kruskal-Wallis sulle repliche d'ogni stagione: $H=3,98$) a differenza di quanto accade per il *R. decussatus* (Tabella 14).

La Figura 75 rappresenta la densità di *R. philippinarum* nelle singole stazioni di rilevamento. La specie è stata segnalata ovunque, anche se non in tutte le stagioni. La maggiore densità si è rilevata in primavera nella stazione 2, all'interno della peschiera di Sos tramezzos, con una media tra le repliche di 106 ± 83 individui $\cdot m^{-2}$ e un massimo per replica di 222 individui $\cdot m^{-2}$.

Anche in questo caso, per verificare l'esistenza di differenze nella densità nelle diverse stazioni nell'ambito della stessa stagione si è effettuato il test di Kruskal Wallis applicato alle repliche di ogni stazione (Tabella 42).

Tabella 41 – Media, deviazione standard e intervallo di confidenza del numero di esemplari per replica di *Ruditapes philippinarum* (metodo bootstrap). Golfo di Olbia, autunno 2008 – estate 2009.

Stagione	media	Intervallo di confidenza	
	$n \cdot m^{-2}$	Minimo	Massimo
Autunno	22,2± 8,4	5,7	38,7
Inverno	14,8 ± 4,7	5,5	24,0
Primavera	26,4 ± 6,9	12,82	39,9
Estate	20,1 ± 5,3	9,8	30,4

La differenza di densità tra le stazioni è statisticamente significativa in tutte le stagioni escluso l'inverno, quando la presenza di *Ruditapes philippinarum* è stata ovunque limitata ad eccezione della stazione 6, ove la specie era abbondante anche durante l'autunno. La sua quasi scomparsa (e del *R. decussatus*) dalla stazione durante i mesi successivi potrebbe dipendere dal fatto che, tra la fine dell'inverno e la primavera, la zona è stata interessata da una intensa campagna di pesca, con la presenza costante di una decina pescatori per circa due mesi; questo ha limitato la presenza degli adulti e probabilmente compromesso il reclutamento. Anche la torbidità dell'acqua e il deposito di limo fine generati dai lavori in corso nel porto di Olbia potrebbe aver influito negativamente sulla specie, considerata la vicinanza del porto a questa stazione.

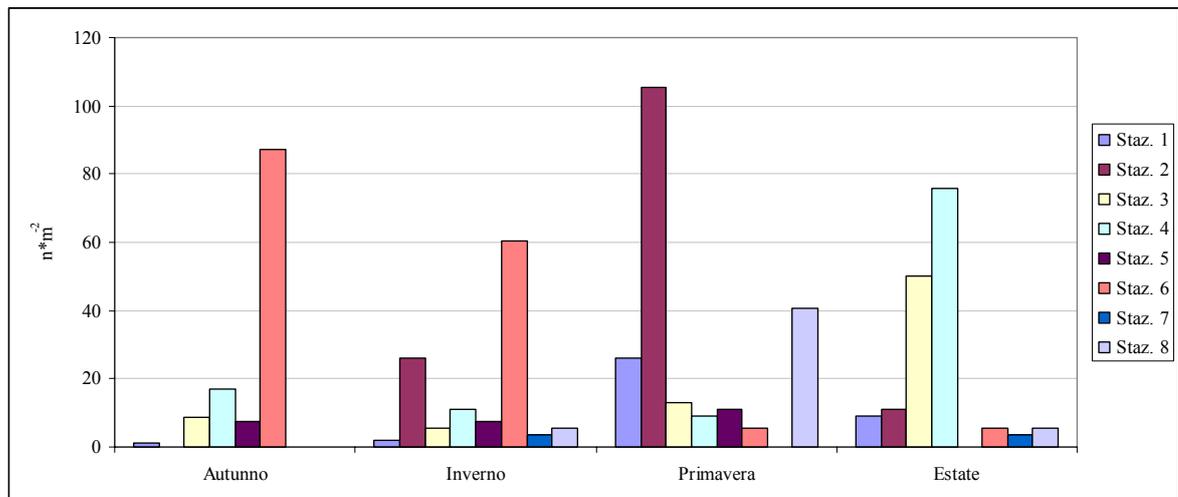


Figura 75 - Densità di *Ruditapes philippinarum* ($n \cdot m^{-2}$) per stagione (autunno: solo stazioni da 1 a 6). Golfo di Olbia, autunno 2008 – estate 2009

Tabella 42 - Densità di *Ruditapes philippinarum* per stazione - Test di Kruskal –Wallis. Golfo di Olbia, autunno 2008 – estate 2009

Stagione	Autunno	Inverno	Primavera	estate
H	24,61	10,11	22,77	22,40
P	<0,01	0.18	<0,01	<0,01

La media della densità per replica riscontrata nelle diverse stazioni è abbastanza omogenea nel suo complesso, ma gli errori standard elevati evidenziano che, come per il *R. decussatus*, esiste una notevole eterogeneità nella distribuzione spaziale della specie anche all'interno della stessa stazione.

4.7.2 Struttura della popolazione

La Figura 76 mostra la frequenza delle diverse classi di lunghezza della conchiglia di *Ruditapes philippinarum* rilevata nelle diverse stagioni.

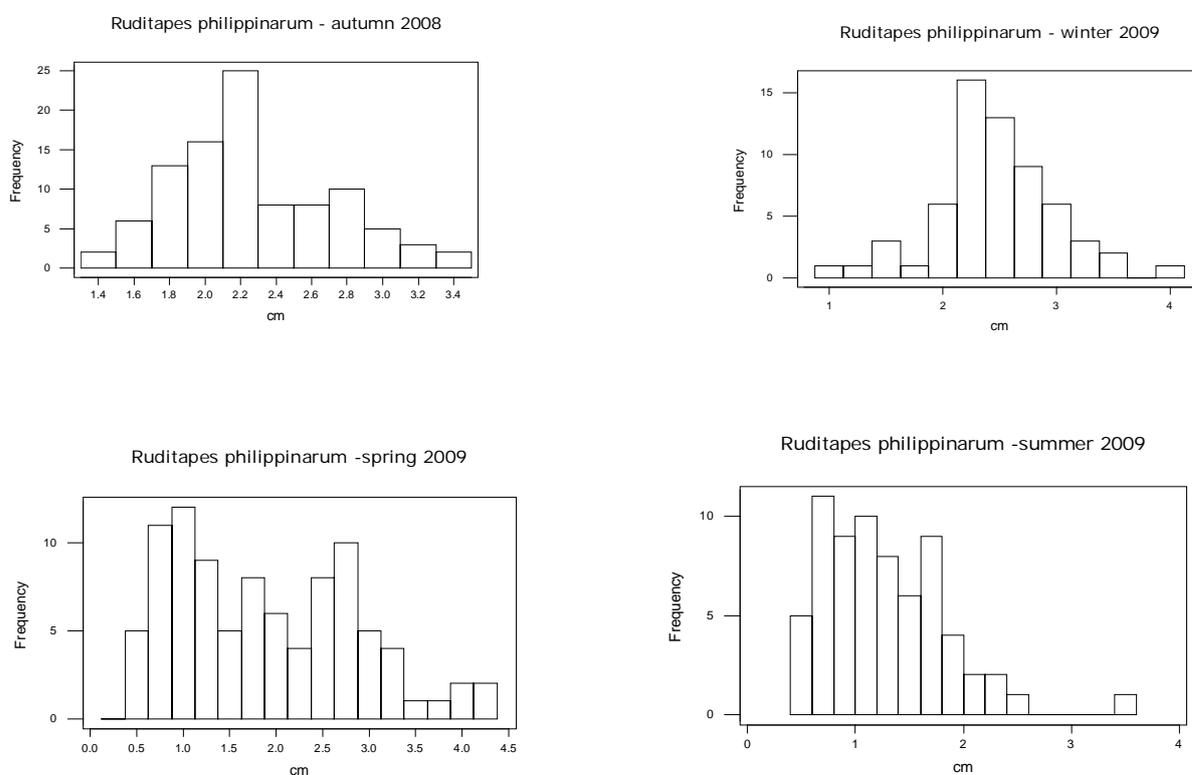


Figura 76 -: Distribuzione in classi di lunghezza di *Ruditapes philippinarum* per stagione. Golfo di Olbia, autunno 2008 – estate 2009

Le distribuzioni sono normali per l'autunno e l'inverno mentre nella stagione primaverile è evidente la polimodalità dovuta alla presenza di diverse classi d'età.

Il test di Kruskal-Wallis applicato alle lunghezze della conchiglia dimostra che esiste una differenza statisticamente significativa tra le diverse stazioni in tutte le stagioni escluso l'inverno ($P < 0,01$ primavera ed estate, $P < 0,05$ autunno); il test U di Mann-Witney applicato alle coppie di stazioni dimostra che in primavera la differenza ha riguardato soprattutto la stazione 2, localizzata all'interno della peschiera, rispetto a quasi tutte le altre; ciò è dovuto al fatto che fino al momento del prelievo nella stazione era stata regolamentata la pesca. Questa differenza è sparita nel prelievo estivo, in quanto è stata data l'autorizzazione all'attività di prelievo e le classi commerciali sono pressoché scomparse. Per quanto riguarda l'estate la stazione che si è differenziata maggiormente dalle altre è la 4, localizzata di fronte alla foce est del Rio Padrongianus, a causa dell'intenso reclutamento che la ha interessata in questa stagione.

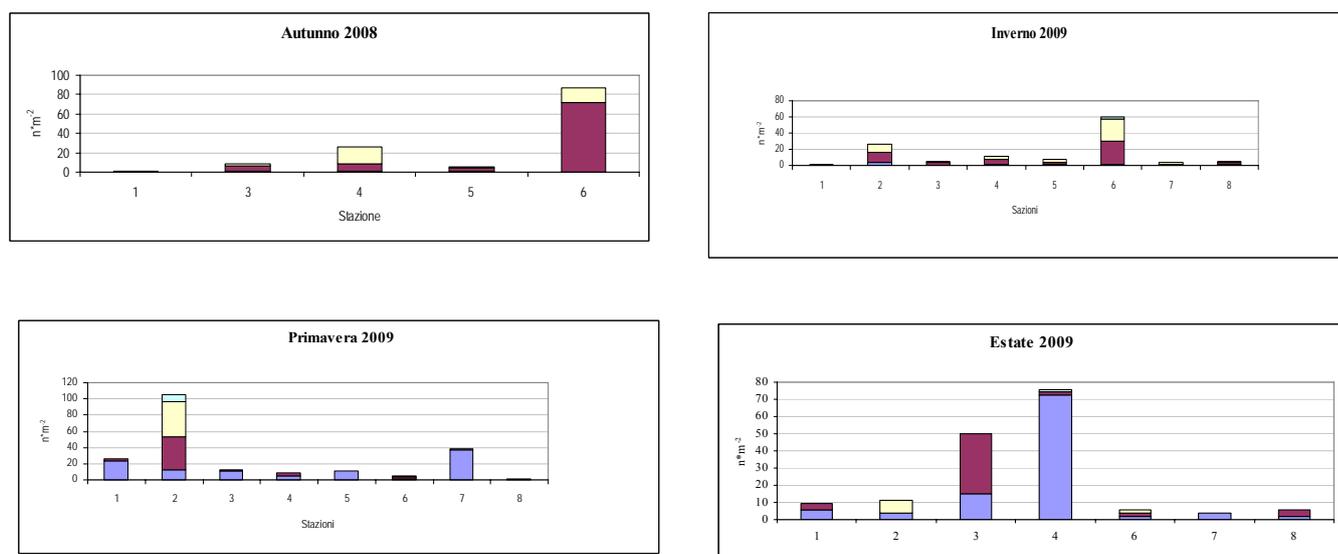


Figura 77 – Distribuzione in classi di lunghezza della conchiglia di *R. philippinarum*

La Figura 77 mostra invece la distribuzione delle classi di lunghezza della conchiglia degli esemplari di *R. philippinarum* rinvenuti in ogni stazione nelle diverse stagioni. Anche in questo caso, come per il *R. decussatus*, le classi di lunghezza maggiori sono state molto rare, mentre la prima è comparsa in tutte le stazioni tranne in autunno. Da notare come la prima classe sia comparsa con elevate densità in stazioni diverse nella

primavera e nell'estate a conferma dell'asincronia della riproduzione nelle diverse parti del golfo già riscontrata per *R. decussatus*. In primavera, la maggiore concentrazione di reclute si è segnalata nelle stazioni 1 e 7 e nell'estate nella stazione 4, la stessa con la maggiore concentrazione di giovanili di *R. decussatus*. La stazione 8, che in primavera si è distinta per il massimo reclutamento di *R. decussatus* (Figura 49) non presenta reclute della filippina nella stessa stagione e una densità limitata anche nella stagione estiva.

4.7.3 *R. decussatus* e *R. philippinarum* nel golfo di Olbia

Come detto nei paragrafi precedenti, nel golfo di Olbia la specie autoctona e quella alloctona convivono e pertanto lo sforzo di pesca si esercita su entrambe; si è ritenuto pertanto opportuno effettuare alcune elaborazioni che le considerano assieme analizzando la ripartizione percentuale tra le due specie.

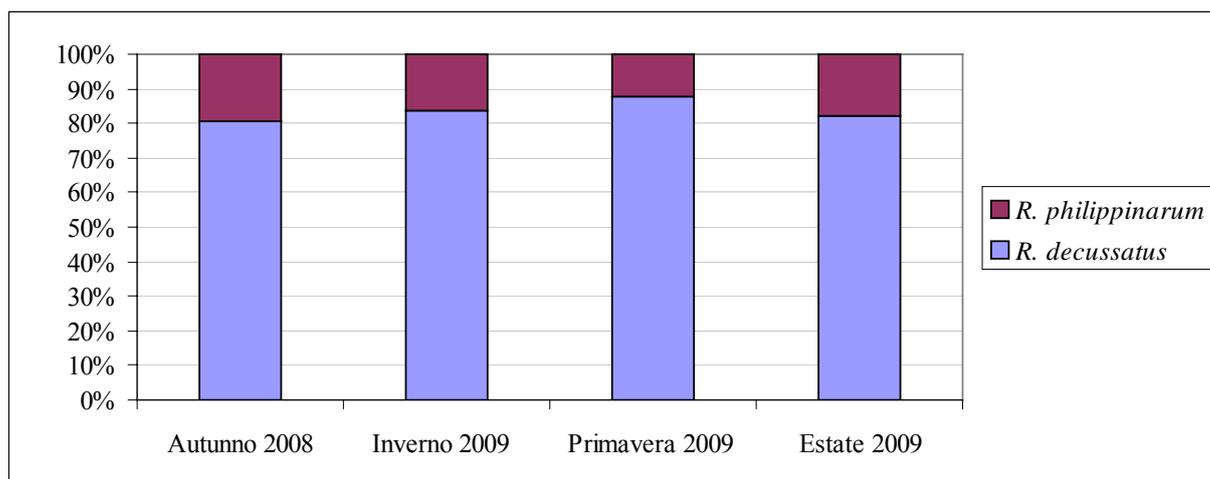


Figura 78 - Densità percentuale di *R. decussatus* e *R. philippinarum* nelle diverse stagioni – Golfo di Olbia, autunno 2008 – estate 2009

La densità media stagionale del totale delle due specie va da un minimo di $91,8 \pm 82,0 \text{ *m}^{-2}$ esemplari in inverno ad un massimo di $218,1 \pm 187,8$ in estate.

L'istogramma in Figura 78 illustra la ripartizione percentuale tra le due specie nell'intero golfo per stagione. Complessivamente nei campionamenti casuali sono stati rinvenuti 2004 *R. decussatus* e 374 *R. philippinarum*; la specie alloctona ha rappresentato quindi il 16% del totale annuo. Considerando le singole stagioni, la percentuale della filippina rispetto al totale delle due specie non ha mai superato il 20%; in primavera la differenza

con le altre stagioni è significativa a causa dell'aumento della densità di *R. decussatus* dovuta a un efficace reclutamento (Fisher exact test $P < 0,05$).

Applicando il test binomiale alla percentuale delle singole classi di lunghezza si può notare che la differenza è statisticamente significativa (per la prima e la seconda classe di ($P < 0,05$) mentre non lo è per le altre due. La percentuale della prima classe è maggiore per *R. decussatus*, mentre quella della seconda è maggiore per *R. philippinarum*.

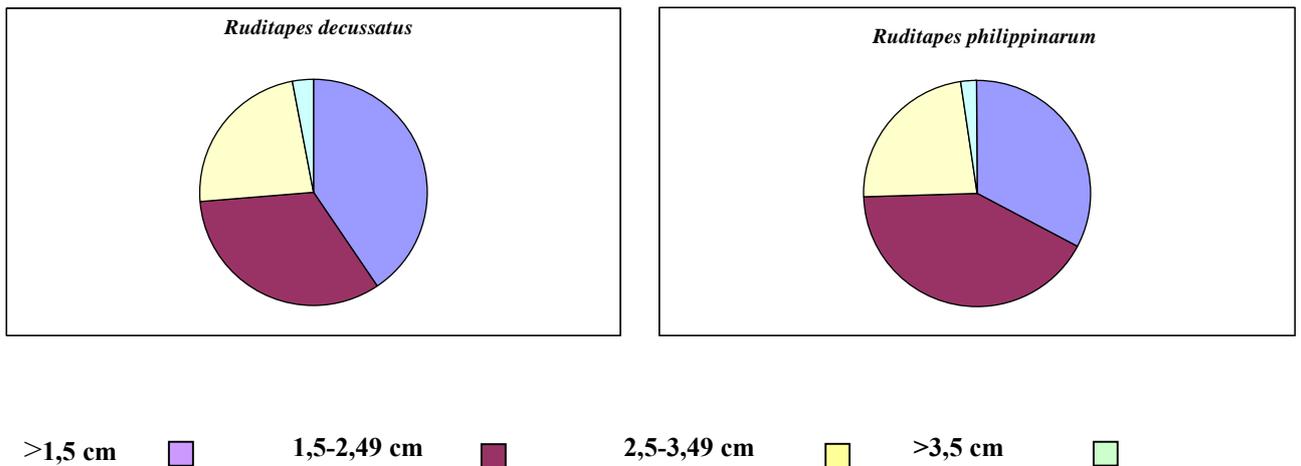


Figura 79 - Ripartizione in classi di lunghezza degli esemplari di *R. decussatus* e *R. philippinarum* catturati nei campionamenti casuali. Golfo di Olbia - autunno 2008 - estate 2009.

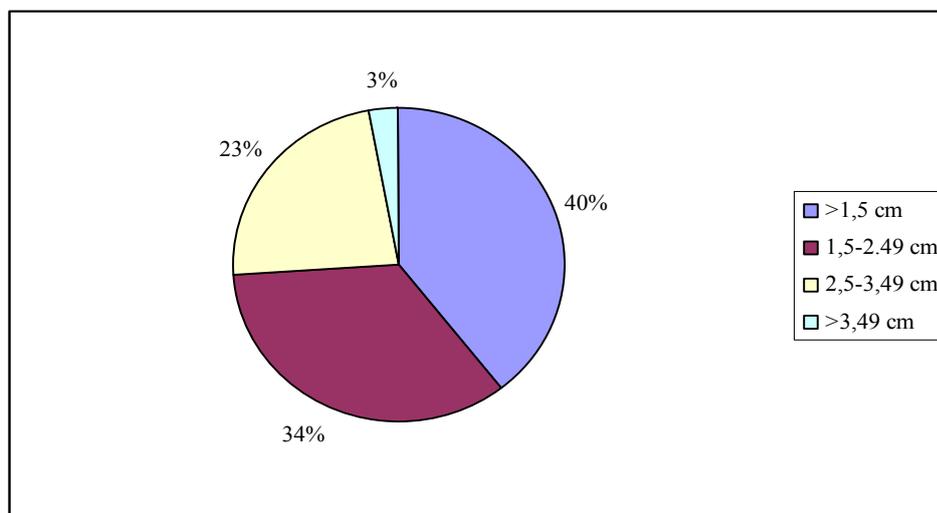


Figura 80 - Ripartizione percentuale delle diverse classi di lunghezza di *Ruditapes decussatus* e *Ruditapes philippinarum* (somma delle due specie)

Nell'aerogramma in Figura 80 che considera assieme le due specie, si può notare che il 26% è superiore alla taglia commerciale prevista dalla legislazione nazionale ($\geq 2,5$ cm), mentre solo il 3% raggiunge la taglia prevista dalla legislazione regionale ($\geq 3,5$ cm). Ciò conferma l'intenso sforzo di pesca esercitato su questa risorsa già visto per il *R. decussatus*.

Per meglio comprendere la differenza nella percentuale di individui della prima classe di lunghezza, si è analizzata la situazione per stagione (Figura 81). Il test χ^2 dimostra che la differenza nella percentuale delle diverse classi di lunghezza tra le due specie è sempre statisticamente significativa ($P < 0,05$) tranne in inverno.

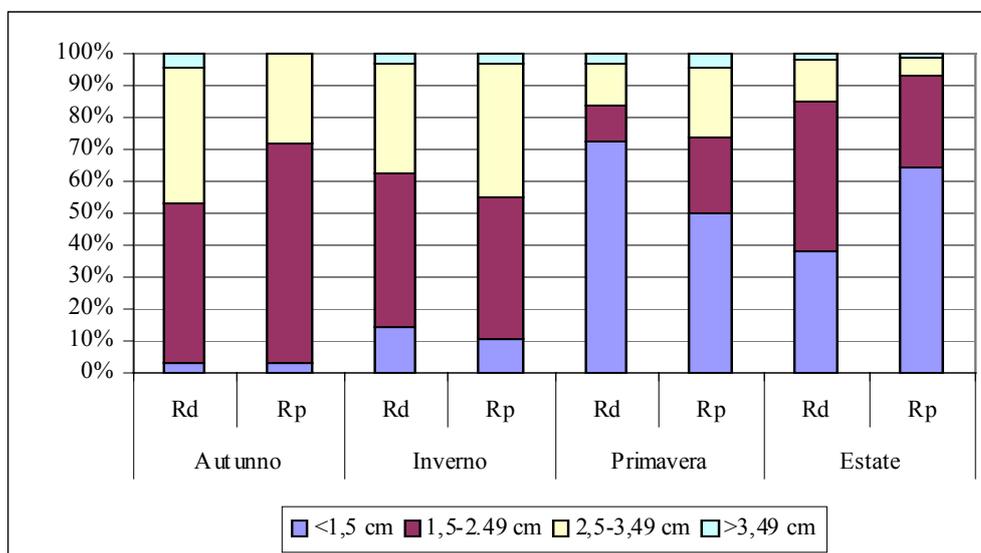


Figura 81 - Distribuzione percentuale delle diverse classi di lunghezza di *R. decussatus* (Rd) e *R. philippinarum* (Rp) nelle diverse stagioni. Golfo di Olbia, autunno 2008 - estate 2009.

In primavera la percentuale di reclute è maggiore per *R. decussatus*, mentre in estate questo accade per *R. philippinarum*. Questa differenza lascia supporre una sfasatura temporale nei cicli riproduttivi delle due specie, con un ritardo della filippina rispetto alla specie autoctona.

5 DISCUSSIONE

5.1 Distribuzione e abbondanza

L'analisi degli stock di *Ruditapes decussatus* nei diversi siti studiati mostra una situazione molto eterogenea sia sotto il profilo spaziale che temporale. Il fattore che ha determinato questa variabilità è stato il reclutamento che ha inciso pesantemente sulla densità totale degli individui. Inoltre l'intensità dello sforzo di pesca è stata differente nei vari siti studiati.

Il valore massimo di densità è stato rilevato a San Giovanni (CA), ove in un campione del prelievo estivo si è raggiunta la densità di $1.315 \cdot m^{-2}$ esemplari. Lo stesso sito ha raggiunto la massima densità anche considerando media tra diverse stazioni, con $507 \cdot m^{-2}$ esemplari rilevati nel periodo estivo (Tabella 43); questo valore è vicino a quello rilevato nel del golfo di Olbia e nello stagno di Corru s'Ittiri in primavera. Nelle altre lagune le densità sono state inferiori, ma hanno sempre corrisposto al periodo primaverile o estivo, ad eccezione di Marceddì ove il valore massimo è stato rilevato nel prelievo invernale. Come spiegato nella descrizione di quest'ambiente, (paragrafo 4.3.5), l'eccessiva piovosità ha infatti comportato la completa dolciificazione della Valle e la morte della quasi totalità dei *Ruditapes* presenti.

Tabella 43 – Densità massime di *Ruditapes decussatus* ($n \cdot m^{-2}$) rilevate tra le stazioni nei diversi siti durante l'anno di campionamento (Primavera – estate 2009).

	Olbia	Tortoli	S. Giovanni	S. Gilla	Marceddì	Corru s'ittiri	Calich
stagione	Prim.	Estate	Estate	Estate	Inv.	Prim.	Prim.
$n \cdot m^{-2}$	487± 368	167±159	507±343	154±61	204±79	444±256	141±38

I riferimenti bibliografici sulla densità di *R. decussatus* sono limitati. Per quanto riguarda la Sardegna, essa è stata studiata da Chessa *et al.*,(1999) nello stagno del Calich ove hanno rilevato valori massimi di $600 \cdot m^{-3}$ esemplari corrispondenti a $12 \cdot m^{-2}$. I valori rilevati al Calich durante questo studio sono stati molto superiori con densità medie di $116 \cdot m^{-2}$ esemplari in primavera.

Cannas *et al.*, (2001) hanno studiato la densità di *R. decussatus* nelle aree classificate per la molluschicoltura del golfo di Olbia, della Valle di Marceddì e dello

stagno di Corru s'ittiri negli anni 1999 - 2000. Nel caso del golfo di Olbia, certamente il sito più interessante tra quelli studiati, le densità riportate nel lavoro del 2001 sono in generale paragonabili a quanto emerso nel corso di questo studio. La maggiore densità era stata rilevata alle stazioni di fronte alla foce del fiume Padrongianus (377 *m⁻² esemplari in primavera) e nell'area dell'isola di Cavallo (268 *m⁻²), quest'ultima oggi sottratta alla pesca perché in essa è stato realizzato il porto turistico. Le maggiori densità rilevate in questo studio riguardano invece zone non classificate, come la peschiera di Sos tramezzos (stazione 2) e l'isola di mezzo, riva ovest (stazione 8), mentre alla foce del fiume Padrongianus le densità attuali sono inferiori a quelle degli anni 1999-2000.

Per quanto riguarda la Valle di Marceddi, il confronto tra i risultati di questo studio e quelli ottenuti da Cannas *et al.*, (2001) può riguardare il solo periodo autunnale e invernale visto che, nella primavera ed estate 2009, come detto, la produzione è stata compromessa dall'eccessiva piovosità. Marceddi si è riconfermato un ambiente molto instabile e il fatto che le densità rilevate in autunno siano inferiori a quanto accaduto nel lavoro del 2001 dipende probabilmente dalla variabilità delle condizioni ambientali da un anno all'altro. In generale comunque le densità sono piuttosto basse sia nel 1999-2000 (Cannas *et al.*, 2001) sia nel 2008 – 2009 e inferiori a quelle rinvenute negli altri siti sardi studiati. Riguardo allo stagno di Corru s'ittiri, i valori massimi di densità riportati nel lavoro del 2001 sono vicini a quelli rinvenuti in questo studio e riguardano la medesima zona (stazione 1) vicina alla bocca a mare settentrionale. Questa zona, con una densità vicina a 450*m⁻² esemplari, si conferma un'importante area nursery.

Una differenza tra i risultati di questo studio e il precedente è che a Corru s'ittiri in Cannas *et al.*, (2001) la distribuzione della specie nello stagno risultava molto più capillare. Durante i rilevamenti compiuti nel 2008-2009 è emerso che diverse zone in passato utilizzate per la pesca erano coperte di detrito di *Posidonia oceanica*, oppure con un fondo molto compatto che probabilmente ha ostacolato l'insediamento della specie.

Per quanto riguarda la densità di *R. decussatus* in altri siti nazionali ed europei, in bibliografia non esistono molti dati, probabilmente a causa della rarefazione che la specie ha subito perché sostituita dall'alloctona, *R. Philippinarum*, su cui le ricerche sono invece numerose ma riferite soprattutto a zone in cui si attua l'allevamento, con la semina e l'aratura del fondo. Banchi consistenti della specie autoctona si trovano ancora nei paesi baschi; in questa zona Bald & Borja (2001) hanno studiato la densità della popolazione di *R. decussatus* in una baia e in una foce fluviale trovando densità primaverili ed invernali

non superiori a $80 \text{ individui} \cdot \text{m}^{-2}$, in generale inferiori rispetto a quelle rilevate nei siti sardi.

Le differenze di densità qui emerse rispetto ad altri studi possono essere attribuite, oltre che alla differenza di habitat, anche alla metodologia utilizzata. Infatti, per questa ricerca, si è utilizzato un rastrello costruito allo scopo capace di raggiungere una profondità di 30 cm; nei Paesi Baschi si è giunti a soli 15 cm di profondità, mentre per il Calich è stato usato un rastrello professionale che di norma non raggiunge profondità superiori a 15-20 cm. Nei siti sardi di Marceddi e Corru s'ittiri monitorati nel lavoro del 2001, invece, la metodologia utilizzata consentiva di raggiungere maggiori profondità e ciò spiegherebbe perché le densità riportatevi sono paragonabili a quelle rilevate in questo studio. Il fatto che *Ruditapes decussatus* si possa trovare a profondità ben superiori a 15 cm, per lo meno negli ambienti della Sardegna, è stata più volte verificata nell'ambito di questa ricerca, pertanto si ritiene che anche la profondità di 30 cm sia insufficiente per giungere a una accurata stima della densità, soprattutto nei periodi freddi quando i *Ruditapes* tendono ad approfondirsi nel fondo. Sarebbe stato più proficuo utilizzare attrezzi capaci di giungere a livelli inferiori, ma essi sono molto complessi e il loro costo non era compatibile con la realizzazione di questa tesi.

5.2 Struttura di Popolazione di *Ruditapes decussatus*

Come detto, il principale fattore che ha differenziato le popolazioni di *Ruditapes decussatus* nei vari siti studiati, è stato il reclutamento. Esso è avvenuto in modo abbastanza generalizzato all'interno dei diversi siti, ma in genere si sono individuate delle aree particolarmente vocate. Gli aspetti che hanno variato sono stati sia l'intensità del reclutamento sia la scansione temporale con cui esso è avvenuto.

In tutti gli stagni studiati, esclusi Calich e Marceddi, il reclutamento è stato evidente in primavera e nella maggior parte di essi è proseguito anche nell'estate; San Giovanni è stato l'unico caso in cui gli individui di lunghezza della conchiglia inferiore a 1,5 cm sono stati rilevati tutto l'anno. Nei diversi siti esaminati sono state evidenziate numerose aree nursery nelle quali il fenomeno è stato particolarmente intenso. A titolo d'esempio, la stazione più interna del golfo di Olbia, situata a ridosso di un'isoletta nota come "Isola di mezzo" (stazione 8) è quella che ha presentato le massime densità di reclute riscontrate nel corso dello studio ($487 \cdot \text{m}^{-2}$).

La situazione del reclutamento nel golfo di Olbia si è differenziata da quella di altri siti per due fattori. Il primo è la presenza di *R. philippinarum*. La specie non sembra avere inciso sul reclutamento, va notato in ogni modo che nella stazione 8 prima citata per l'intensità del reclutamento di *R. decussatus*, le densità di *R. philippinarum* sono molto basse ($2 \cdot m^{-2}$ esemplari).

Il secondo fattore è la constatazione che in alcune stazioni le reclute, particolarmente numerose, hanno pressoché rappresentato la sola classe di lunghezza presente. In questi casi una circostanza che potrebbe aver favorito l'insediamento delle postlarve è proprio il fatto che, mancando quasi del tutto le taglie commerciali, è venuto meno, oltre al calpestio e al rimescolamento del sedimento causato dall'attività di pesca, l'effetto della competizione degli esemplari adulti, che possono interferire con la presenza delle reclute. Bertignac (2003) segnala, infatti, per il sito di Archachon (Francia), una possibile relazione inversa tra l'abbondanza di giovanili e quella degli adulti. Il calcolo della correlazione tra il numero di reclute e il numero di individui adulti effettuata sui dati di questo studio relativi a tutti i siti studiati (esclusi Marceddi e Calich perché eccessivamente condizionati dalle anomalie meteorologiche) non ha messo però in evidenza alcuna relazione né diretta né inversa tra la densità delle reclute e quella delle classi commerciali. L'unica cosa che si può notare è che ad Olbia le stazioni con la maggiore abbondanza di reclute, hanno mostrato una frequenza di individui commerciali nulla o molto bassa (Figura 49); questa relazione negli altri siti non è però così evidente.

L'eterogeneità spaziale e temporale che ha contraddistinto il reclutamento può essere meglio compresa analizzando, a titolo d'esempio, la Figura 82, che mostra la distribuzione in classi di lunghezza della conchiglia in due stazioni del golfo di Olbia, situate entrambe nella sponda meridionale, la prima di fronte allo stagno di Gravile, la seconda davanti alla foce del fiume Padrongianus. Si può notare che la situazione primaverile diverge per due aspetti; il primo è la differente intensità del reclutamento, molto più efficace nella stazione 3, il secondo è la quasi totale assenza d'individui di lunghezza commerciale nella stessa stazione. Questo potrebbe essere causato dal fatto che la stazione 3 è facilmente raggiungibile senza bisogno di un'imbarcazione e quindi più interessata dalla pesca abusiva.

La situazione estiva delle due stazioni differisce anch'essa in modo netto. Nella stazione 3 il reclutamento sembra essersi quasi interrotto e la classe di lunghezza più evidente era costituita dalle reclute primaverili che si sono accresciute; nella stazione 4

invece, sono apparse evidenti diverse coorti. La presenza di più coorti nella stessa stagione riproduttiva è stata verificata anche da Chicaro & Chicaro (2001) nel rio Formosa (Faro, Portogallo) ove gli autori hanno seguito ben nove coorti larvali nel corso della medesima stagione riproduttiva; Gli stessi autori hanno verificato una corrispondenza delle deposizioni con i giorni di marea di quadratura. Anche ad Olbia appaiono numerose coorti, ma la frequenza dei prelievi eseguiti non consente di verificarne il numero.

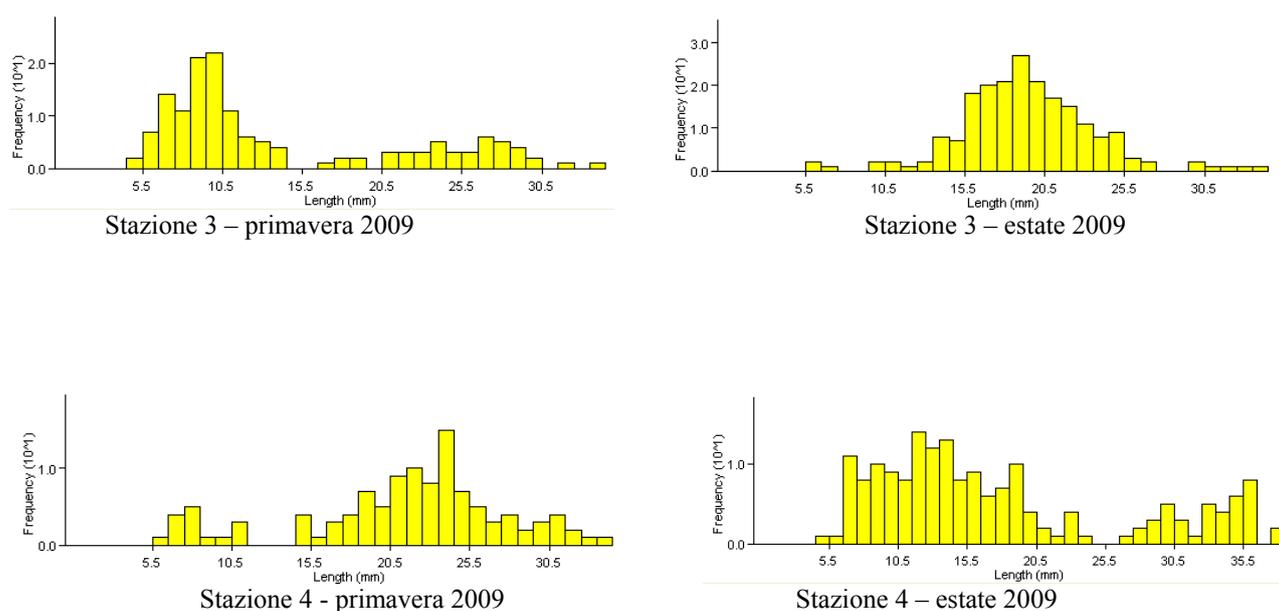


Figura 82 - Distribuzione in classi di frequenza della lunghezza della conchiglia di *R. decussatus* nel golfo di Olbia (OT) nei prelievi della primavera ed estate 2009.

L'analisi della struttura di popolazione nei siti studiati porta alla formulazione di due domande. La prima è la seguente: ogni coorte è il risultato della deposizione d'individui di differenti aree del golfo che si riproducono contemporaneamente, oppure dipende della deposizione in una o più zone che, in quel momento hanno raggiunto condizioni microclimatiche tali da consentire l'emissione dei gameti?

E' noto, infatti, che la deposizione è fortemente condizionata dalla temperatura; i valori citati come limite inferiore per la deposizione sono diversi nelle varie fonti bibliografiche e sono stati riassunti nell'introduzione di questa tesi. E' opinione dei vari autori comunque che una soglia esista e certamente in un ambiente variegato come il golfo di Olbia queste condizioni di temperatura non si raggiungono contemporaneamente in tutte

le aree. E' probabile infatti, che nei bassi e tortuosi canali che formano, ad esempio, parte dello stagno di Gravile, il microclima adatto alla riproduzione si raggiunga molto più precocemente di quanto non accada nelle aree più profonde. Questo fatto potrebbe spiegare le alte densità di reclute della stazione 3, situata proprio di fronte alle bocche dello stagno; le larve provenienti da esso, grazie alla marea e alle correnti, potrebbero facilmente colonizzare il tratto di mare antistante. Inoltre lo stagno di Gravile, non compreso in questa ricerca per la differenza rispetto alle altre aree (è uno stagno di proprietà privata, gestito, da cui si è potuto avere solo un campione di esemplari di lunghezza commerciale) è ricco di riproduttori. D'altra parte, che esista una forte variabilità nella durata del periodo riproduttivo tra sito e sito e anche all'interno dello stesso sito è stato rilevato anche in altre aree; a titolo d'esempio Serdar *et al.*, (2010) riportano il caso delle lagune turche nelle quali i *Ruditapes* presentano periodi di emissione di durata molto diversa.

La seconda domanda che scaturisce dall'osservazione della distribuzione delle classi di lunghezza nei diversi siti è la seguente: quando sono nate le reclute presenti in primavera? Esistono pochi studi sulla maturazione sessuale di *R. decussatus* in Sardegna. Mistri (2007) ha verificato attraverso un'indagine condotta su riproduttori prelevati nello stagno di Corru s'ittiri (in prossimità della stazione 4 considerata in questo studio) che la deposizione aveva inizio nel mese di giugno e proseguiva fino al mese di settembre. Mascia (2009) ha ottenuto risultati simili studiando riproduttori provenienti dallo stagno di Santa Gilla. Quindi, in conformità a questi risultati, si dovrebbe concludere che le reclute presenti in primavera siano nate nell'autunno precedente. Una simile situazione è stata verificata per il *R. decussatus* nello stagno di Thau (Francia) da Arnaud & Rimbauld (1963) che hanno studiato le distribuzioni di frequenza della lunghezza della conchiglia nell'anno 1960. Essi sostengono che una prima corte rilevata nel mese di maggio con moda 13 mm corrispondeva agli individui nati nell'anno precedente, mentre la coorte con uguale moda relativa al mese di settembre era relativa a individui nati nell'anno in corso. Anche nel bacino di Archachon (Francia), la prima coorte di *R. philippinarum* con dimensioni di 5-15 mm è stata attribuita a individui nati nell'anno prima (Bertignac *et al.*, 2001).

Questa ipotesi però nel caso del golfo di Olbia non sembra probabile per il fatto che, nel corso del prelievo invernale, l'osservazione attenta dei sedimenti passati attraverso il filtro di 3 mm, non ha consentito di osservare *Ruditapes* di piccola taglia e quelli trattenuti dal setaccio e considerati quindi in questo studio erano in numero molto

ridotto. Si ritiene più probabile l'ipotesi già ventilata in precedenza, che la situazione riproduttiva sia diversa nelle varie zone a che all'interno dello stesso sito, per cui, il fatto di trovare riproduttori non maturi in una determinata zona non esclude che ve ne siano invece in altre.

Confrontando l'andamento delle temperature rilevate ad Olbia con quelle riportate per il Portogallo nel lavoro di Chicaro & Chicaro (2001) (Figura 83), pur col limite derivante dal fatto che i rilevamenti si riferiscono ad archi temporali diversi, si può verificare che nei mesi inverno – primaverili le temperature sono minori a Olbia rispetto al Rio Formosa, mentre a partire dal mese di maggio fino all'autunno i valori sono quasi sovrapponibili.

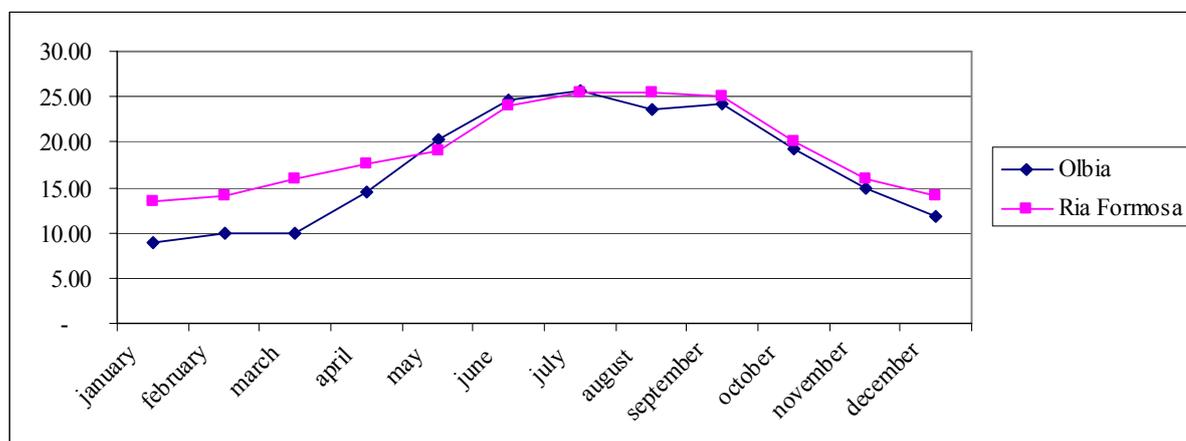


Figura 83 - Temperature medie mensili °C) nel golfo di Olbia (dati CEDOC Regione Sardegna, staz 4, media 2003-2006) e temperature rilevate in Ria Formosa (Portogallo) da Chicaro & Chiaro (2001) nel maggio – dicembre 1990 – gennaio – aprile 1991.

La soglia di 20° per la deposizione riportata da Borsa & Millet (1992) non sembra corrispondere alla situazione del Rio Formosa nel quale questo valore di temperatura si raggiunge nel mese di maggio, ben due mesi dopo l'avvio dell'insediamento larvale nella laguna portoghese ove le prime coorti sono state rinvenute già da marzo. Le temperature riscontrate ad Olbia nei mesi di marzo – aprile sono inferiori a quelle del Rio Formosa e non consentono di ipotizzare un avvio sincrono delle deposizioni nei due siti; considerato però che secondo diversi autori (Delgado & Perez Camacho, 2007; Serdar *et al.*, 2010) la soglia inferiore per permettere la riproduzione in *R. decussatus* è 14°C si può comunque supporre che a Olbia l'insediamento larvale possa iniziare durante i mesi di marzo-aprile almeno in alcune aree del golfo e che pertanto le reclute rinvenute nel prelievo effettuato a

maggio possano essere nate nel 2009. D'altra parte non è solo la temperatura, ma anche altri fattori, come la salinità, la concentrazione di clorofilla a (Gozler *et al.*, 2000) e il fotoperiodo (Devauchelle 1990) a condizionare la deposizione dei gameti del *Ruditapes*; come è visibile dal boxplot in Figura 16, la concentrazione di clorofilla nel golfo di Olbia può essere abbastanza elevata nei mesi di febbraio e marzo. D'altra parte Flye-Sainte-Marie *et al.*, (2007) sottolineano che la concentrazione di clorofilla a nella colonna d'acqua non è un perfetto estimatore della disponibilità di cibo per specie che si alimentano vicino al fondo come *Ruditapes* spp. La salinità invece sembra aver pesantemente condizionato l'avvio del periodo riproduttivo nello stagno del Calich e nella Valle di Marceddi.

Quanto rilevato in Sardegna conferma quindi che le differenti condizioni ambientali esistenti nei diversi siti, possono spiegare la variabilità nel reclutamento, ma per avere una risposta definitiva, sarebbe necessario o un vasto studio istologico su riproduttori provenienti da diverse aree dello stesso sito, o meglio ancora una ricerca delle larve allo stadio planctonico. In conformità a tutte le considerazioni precedenti si ritiene quindi che le reclute presenti nella primavera 2009 siano nate nello stesso anno, e pertanto le curve di accrescimento sono state calcolate sulla base di questa considerazione.

Per quanto riguarda le classi di taglia commerciali, quelle legali in base alla legislazione regionale sono rare in quasi tutti i siti; in alcuni sono poco rappresentate anche quelle legali in base alla legislazione nazionale. Le differenze riscontrate sono naturalmente legate alla diversa intensità dello sforzo di pesca che vede, in alcuni casi, la rotazione delle aree (S. Gilla), o la sospensione in alcuni mesi dell'anno (Corru s'ittiri), o ancora l'assenza totale di regole.

Infine si evidenzia quanto è accaduto nella stazione n. 6 del golfo d'Olbia, (Figura 49) nell'autunno 2008; in essa, densamente popolata in autunno, tra la fine dell'inverno e la primavera, periodo di reclutamento, si è svolta una intensissima attività di pesca. Nel prelievo primaverile ed estivo si è potuto verificare la pressoché totale assenza di stadi giovanili che potrebbe essere stata causata, oltre che dalla torbidità dell'acqua dovuta all'esecuzione di lavori nel porto di Olbia, anche dal continuo calpestio e rimescolamento del sedimento che ha interessato l'area proprio nel momento dell'insediamento delle postlarve. Una simile situazione è stata rilevata anche dagli stessi pescatori che hanno verificato, anche in altri siti e occasioni, come zone sottoposte ad un'intensa pressione di pesca spesso negli anni successivi abbiano presentato produzioni molto limitate. Sarebbe

importante verificare se un'eccessiva pressione di pesca, possa avere effetti negativi sull'insediamento delle postlarve nel substrato e sulla loro sopravvivenza.

5.3 Accrescimento e mortalità

L'accrescimento di *R. philippinarum* è stato studiato da molti autori, mentre le ricerche che riguardano la specie autoctona sono più rare. L'esame della bibliografia dimostra che l'accrescimento di *R. decussatus* è molto variabile sia nei diversi siti, sia all'interno dello stesso sito. Per questo motivo in questo studio, che ha riguardato il golfo di Olbia, è stato necessario calcolare le curve di crescita per le singole stazioni: l'analisi della distribuzione in classi di lunghezza dell'intero campione non ha infatti consentito l'individuazione delle diverse classi d'età perché le differenze nella crescita, sia pure lievi tra una stazione e l'altra, ne causavano la parziale sovrapposizione. Questa situazione è stata verificata anche da Perez-Camacho (1980) in Galizia (Spagna) dove l'analisi di campioni mensili non ha evidenziato una serie di mode atte ad indicare l'esistenza di distinte classi d'età della popolazione. Lo stesso autore ha determinato i parametri della curva di accrescimento con altri metodi, sia utilizzando dati ricavati da esperimenti di marcaggio e ricattura, sia attraverso l'esame degli anelli di crescita. I risultati ottenuti mostrano una costante K ($0,24 \text{ anni}^{-1}$) inferiore a quelle rilevate a Olbia, risultato plausibile vista la differenza climatica tra i due siti. Circa il valore di L_{∞} , quello ottenuto a Olbia è basso (in Galizia L_{∞} era superiore a 60 mm in tutti i siti) ed è possibile che la crescita calcolata sia in realtà inferiore a quella effettivamente raggiungibile, in quanto l'elevato sforzo di pesca ha forse impedito, nella maggior parte delle stazioni, di recuperare animali d'età superiore a 3 anni in numero sufficiente.

Bald *et al.*, (2003) hanno verificato sempre in Galizia l'accrescimento di *R. decussatus* lunghi mediamente 6 mm sia sottoposti all'effetto dell'attività di pesca (calpestio, manomissione del sedimento) sia in un gruppo di controllo. Gli autori non hanno rilevato differenze di crescita della conchiglia statisticamente significative nelle tre situazioni; l'accrescimento rilevato nel gruppo di controllo è stato inferiore a quello rilevato a Olbia (17 mm contro 20 mm nel primo anno).

Serdar *et al.*, (2007) hanno studiato in Turchia l'accrescimento di *R. decussatus* di lunghezza media di 26,25 mm con diversi sistemi d'allevamento, rilevando una crescita massima di 7,44 mm in 13 mesi. I risultati ottenuti mostrano che nel golfo di Olbia la

crescita è più rapida, pari a $10,7 \pm 1,46$ mm per passare da una lunghezza di $25,6 \pm 1,4$ mm a una di $36,1 \pm 2,4$ mm.

Breber (1985) ha verificato in *R. decussatus* di 21 mm, allevato in laguna di Venezia, una crescita di 10 mm nel primo anno, inferiore quindi a quella rilevata a Olbia per esemplari della stessa taglia, pari a 12,8 mm, mentre per il secondo anno la crescita nei due siti è paragonabile. Ciò stupisce in quanto le condizioni climatiche della laguna di Venezia sono senza dubbio meno favorevoli rispetto a quelle sarde. E' possibile che le condizioni ambientali critiche che spesso caratterizzano il golfo di Olbia durante l'estate possano influenzare negativamente la crescita proprio nei periodi in cui in altre zone le condizioni sono particolarmente favorevoli.

Per quanto riguarda la Sardegna, Chessa *et al.*, (2005) hanno studiato l'accrescimento di *R. decussatus* nello stagno del Calich, uno dei sette siti studiati in questa ricerca. Per ovviare all'inconveniente dato dalla rarità delle classi di taglia maggiori gli autori hanno studiato la curva con due modalità: la prima ricavando matematicamente tutti e tre i parametri dell'equazione (L_{∞} , K, L_0) la seconda, imponendo arbitrariamente L_{∞} al fine di ottimizzare gli altri parametri. Le due curve differiscono notevolmente ma la seconda sia avvicina, per la lunghezza raggiunta nel I anno d'età, ai valori trovati nel golfo di Olbia durante questo studio e, a Santa Gilla, da Mascia (2009).

In generale, quindi, la velocità di crescita di *R. decussatus* non sembra essere strettamente correlata alla latitudine del sito ma piuttosto alle condizioni ambientali locali.

L'eterogeneità spaziale e temporale che caratterizza il reclutamento di questa specie porta anche ad una conseguenza nello studio delle curve di accrescimento.

Come già detto, la classe 0+ è costituita da diverse coorti, alcune nate all'inizio della primavera, altre nell'estate inoltrata o nell'autunno. Le prime hanno quindi avuto davanti un'intera stagione calda per accrescersi, mentre le seconde, nate più avanti nell'anno, hanno potuto contare su un intervallo temporale con condizioni climatiche favorevoli alla crescita inferiore rispetto alle prime, mano a mano che ha tardato il periodo di nascita. Diversi autori, hanno infatti verificato che la crescita massima corrisponde al periodo primaverile ed estivo: ad esempio, Serdar *et al.*, (2007) hanno verificato in una laguna turca che il massimo accrescimento si è avuto con temperature tra $22,7$ e $27,7$ °C, corrispondenti al periodo tardo primaverile - estivo nelle condizioni climatiche delle Sardegna. Se pertanto in una certa zona la riproduzione è stata precoce, il risultato è che la lunghezza media della classe d'età corrispondente è maggiore, anche se

non è detto che il singolo animale si sia accresciuto più rapidamente. Le diverse coorti sono poi andate sovrapponendosi negli anni successivi, perciò già per gli animali di un anno era distinguibile una sola classe d'età. Ne consegue quindi che nel calcolo delle equazioni, l'accrescimento in una determinata stazione può apparire più veloce rispetto ad un'altra solo per il fatto che la riproduzione è avvenuta più precocemente e gli animali hanno avuto più tempo per accrescersi. Questo va tenuto presente nell'interpretare i risultati, che pertanto si riferiscono alla velocità di crescita della classe d'età e non a quella della media dei singoli individui coetanei. Risultati ottenuti sulla base della lettura degli anelli di crescita potrebbero quindi fornire risultati differenti.

I valori di K trovati sono variabili tra un minimo di 0,57 e 0,75 anni^{-1} con una media di $0,68 \pm 0,07$. Questa variabilità nella costante K e nel valore di L_{∞} è stata riscontrata anche per la vongola filippina in altri siti, come ad esempio nel sud della Francia nella baia di Archachon (Dang *et al.*, 2009), dove sono stati utilizzati animali marcati e seminati a differenti profondità e in diverse aree. In quest'ultima ricerca la differenza del parametro K , pur variando tra 0,39 e 1,21 anni^{-1} , molto più di quanto non capitò nel golfo di Olbia, non è apparsa statisticamente significativa tra i siti, mentre le differenze tra le L_{∞} erano in gran parte significative.

Per quanto riguarda le relazioni d'accrescimento della conchiglia, esse sono state calcolate da diversi autori. La maggior parte di loro, tra cui Arnaud & Rimbaud (1963) e Mascia (2009) ritengono che esse siano costanti e che l'equazione di regressione sia una retta. I risultati di questo studio invece confermano quanto rilevato da Perez – Camacho (1980) che sostiene che la crescita nelle tre dimensioni è di tipo allometrico. Ciò è evidente anche calcolando la retta di regressione per gli animali rinvenuti nei singoli prelievi stagionali, esse differiscono in modo significativo proprio in funzione della diversa composizione in taglie nelle varie stagioni.

La mortalità sembra essere piuttosto elevata, ma la letteratura in proposito è molto scarsa e non consente di fare dei confronti con situazioni simili alle sarde, riferite quindi a banchi naturali di molluschi in cui si esercita l'attività di pesca e non l'allevamento. Infatti, la maggior parte degli studi riguarda il rilevamento della mortalità in condizioni sperimentali, ad esempio con diversi tipi di sedimento (Rossi 1996), oppure riferite a materiale seminato (Bald *et al.*, 2007).

5.4 Influenza del sedimento

In tutti i siti studiati, la frazione “sabbia grossolana” è la più abbondante e ciò conferma quanto rilevato per il *R. decussatus* da Rossi (1996) che in una prova sperimentale con diversi tipi di substrato ha rilevato la maggiore idoneità di questo tipo di sedimento. Dai risultati di questo studio, svolto esclusivamente nelle aree costantemente colonizzate dalla specie, non emerge che le differenze tra le diverse tipologie di sedimento abbiano influenzato la densità delle vongole. Sono evidentemente altri i fattori che determinano l'intensità del reclutamento e quindi la densità degli animali nelle diverse zone. Alla medesima conclusione sono giunti anche Cannas *et al.*, (2001) che hanno studiato in tre siti della Sardegna, con modalità differenti, il rapporto tra la densità degli esemplari e la granulometria del substrato, nonché Chessa *et al.*, (2003) che hanno effettuato le stesse verifiche nello stagno del Calich.

I risultati ottenuti in questa ricerca confermano invece che la granulometria del substrato influenza la velocità di crescita. Rossi, (1996) ha allevato in parallelo *R. decussatus* e *R. philippinarum* su diversi substrati (100% sabbia, 50% sabbia, 50% fango, 100% fango) dimostrando che la crescita nel fango è significativamente inferiore (7-8% per la specie alloctona e 10% per l'autoctona) rispetto a quella in altri tipi di substrato.

Questo risultato è indirettamente confermato da quanto rilevato da Bald *et al.*, (2003) nel corso dei loro studi sui banchi di *R. decussatus* galiziani, ove hanno rilevato che l'effetto delle operazioni di pesca (calpestio e rimescolamento del sedimento) non incidono in modo significativo sulla densità e sopravvivenza degli animali, ma piuttosto sulla crescita e in particolare sul rapporto lunghezza-peso.

La bassa granulometria del substrato potrebbe penalizzare la crescita e la sopravvivenza a causa delle particelle di fango che, entrando in sospensione alla minima turbolenza, limitano l'efficienza dell'apparato filtrante (Rossi 1996). Va tenuto presente però che in natura il fango è più abbondante dove l'idrodinamismo è minimo, pertanto l'autore ritiene che sia quest'ultimo il fattore decisivo nel consentire la crescita.

5.5 Innesamento di *Ruditapes philippinarum*

La ricerca ha permesso di verificare l'insediamento della specie alloctona *R. philippinarum* nel golfo di Olbia, e, in fase iniziale, nello stagno di Santa Gilla. Mentre nel

golfo di Olbia la presenza di *R. philippinarum* è ormai diffusa, nello stagno di S. Gilla la specie è stata sempre rinvenuta in minime percentuali soprattutto in primavera e estate nella stazione 2, la più vicina al mare (90% degli esemplari). Il rinvenimento individui di piccole dimensioni (8 mm) anche in questo stagno dimostra comunque che la presenza a Santa Gilla non deriva da immissione accidentale di esemplari di taglia commerciale. La crescente percentuale di questa specie (0,8% nell'anno di rilevamento; 2-3% nei campioni di pescato commerciale del 2010), può far temere che la sua presenza sia in costante aumento.

Considerato che nel 1999 - 2000 la specie non è stata rinvenuta nel golfo di Olbia (Cannas *et al.*, 2001) mentre ora è presente con percentuali tra il 12% e il 19% sul totale due specie nelle diverse stagioni, è possibile che anche a Santa Gilla si stia assistendo a un progressivo aumento della sua presenza che andrebbe monitorato. Infatti, Bertignac *et al.*, (2001) hanno rilevato ad Archachon (Francia), che la specie alloctona ha largamente soppiantato quella autoctona, e, all'epoca della ricerca, la prima rappresentava il 94% dei bivalvi eduli (somma delle specie: *R. decussatus*, *R. philippinarum*; *V. aurea*) catturati nell'area. Lo stesso autore pone l'accento sull'esistenza della competizione tra le due specie e il rischio di scomparsa della autoctona. Un'importante differenza tra il sito di Archachon e il golfo di Olbia consiste però nel fatto che mentre nel primo non hanno rinvenuto reclute della specie autoctona, nel caso di Olbia il reclutamento di *R. decussatus* è ancora molto abbondante.

Anche Gollasch *et al.*, (2008) sottolineano il rischio che l'introduzione della specie alloctona comporta per la biodiversità e il fatto che sono stati segnalati ibridi tra le due specie.

Non tutti gli autori concordano però sul fatto che *R. philippinarum* soppianti *R. decussatus*. Pellizzato (comunicazione personale) autore che ha studiato a lungo il *R. philippinarum* nella laguna veneta, sostiene che la specie alloctona non sostituisce, ma semplicemente occupa spazi lasciati liberi dalla specie autoctona. In effetti un esperimento effettuato allevando le due specie nelle stesse vasche non ha dato motivo per supporre che la crescita della *R. philippinarum* inibisca quella del *R. decussatus* (Rossi, 2006) quando le condizioni di allevamento sono favorevoli; invece in caso di cali di ossigeno la maggiore resistenza della filippina rispetto alla autoctona porta vantaggi alla prima sia in termini di accrescimento che di sopravvivenza, pertanto ciò potrebbe favorire la diffusione di questa specie nei siti meno favorevoli.

Le densità massime di $63 \cdot m^{-2}$ riferita a tre bivalvi eduli, (*R. philippinarum*, *R. decussatus* e *Venerupis aurea*, ma di cui il 94% era costituito dalla prima), rilevate ad Arcachon nelle zone a maggiore densità, è più elevata di quella rinvenuta in altri siti francesi (Bertignac *et al.*, (2001), ma è in generale inferiore alle densità rilevate a Olbia e in altri siti sardi.

Per quanto riguarda i mari italiani, Casale *et al.*, (1999) hanno rilevato nel bacino lagunare centrale della laguna di Venezia densità molto elevate di *R. philippinarum* di dimensioni maggiori di 25 mm, comprese tra 500 e $1000 \cdot m^{-2}$ individui mentre nel bacino meridionale le densità erano inferiori a $100 \cdot m^{-2}$ individui. Sempre in laguna di Venezia, nelle aree di pesca gestita, Cannas *et al.*, (2008) hanno rilevato una densità di $3 \cdot m^{-2}$ esemplari di lunghezza maggiore o uguale a 34 mm, stesso valore rilevato ad Olbia nella stagione primaverile per animali della stessa taglia.

Il confronto con le densità rilevate in altri siti nazionali ha una validità limitata per diversi motivi, il primo è il sistema di prelievo, infatti, viste le dimensioni delle aree alto adriatiche, i rilevamenti nelle zone di pesca gestita sono svolti con attrezzi meccanici e su superfici di campionamento molto più ampie di quanto compiuto in questa ricerca, il secondo è che mentre nella maggior parte dei siti la vongola filippina è predominante sulla specie autoctona, questo non accade nel golfo di Olbia ove è molto più abbondante la nostrana.

6 CONCLUSIONI

Le popolazioni di *Ruditapes decussatus* in Sardegna sono ancora in buone condizioni rispetto a quanto rilevato in altri siti nazionali ed europei, ove la specie autoctona è stata quasi del tutto sostituita da *Ruditapes philippinarum*.

L'eterogeneità spaziale e temporale emersa dalla notevole mole di dati raccolti dimostra che l'andamento delle produzioni di vongola in Sardegna è fortemente condizionato dalla annuale disponibilità di novellame selvatico e dalle caratteristiche ambientali dei diversi siti. Il seme, infatti, proviene interamente da nursery naturali, soggette ad una notevole variabilità, sia nella localizzazione, sia nella consistenza; inoltre molti siti presentano condizioni ambientali instabili non sempre idonee alla vita della

specie. Tutto ciò, unito al mancato rispetto delle regole da parte di molti operatori, professionali e abusivi, influenza in modo determinante le produzioni.

La distribuzione delle diverse classi di lunghezza dimostra, infatti, che la pressione di pesca è eccessiva in molte aree; la rarità degli esemplari di taglia conforme alla legislazione regionale, particolarmente marcata in alcuni siti, dimostra che la sorveglianza sulle taglie minime non consente di arginare il fenomeno della pesca abusiva.

La ragione di quanto accade può essere individuata nel fatto che, nonostante la raccolta di molluschi bivalvi sia un'attività tradizionale in Sardegna, si rilevano spesso carenze nella professionalità dei pescatori, più propensi al semplice prelievo piuttosto che a una vera e propria gestione della risorsa. Tra essi infatti esiste la tendenza a considerare operazioni fondamentali, quali la semina o il trasferimento del seme, la pulizia del sito, il monitoraggio ed il servizio di guardiania, come interventi accessori, non essendo immediatamente remunerativi. È invece privilegiato il momento della raccolta, spesso eseguita in modo irrazionale, non rispettando le taglie minime di cattura. In definitiva non esiste una gestione programmata dei banchi naturali indirizzata a migliorare la produttività e quindi la redditività.

Il costante incremento delle produzioni che avviene nel delta del Po veneto ed emiliano, deriva, oltre che da cause ambientali, anche dal fatto che, in quest'area, l'attività di venericoltura è stata da subito inquadrata in una normativa chiara e definita che ha dettato e fatto rispettare precise regole per la gestione. Lo stesso non è avvenuto e ancora non avviene in molte altre aree, anche se in alcune di esse si va in questa direzione.

Sulla base di queste considerazioni preliminari, l'attuazione di questo studio suggerisce alcune raccomandazioni per eventuali provvedimenti normativi e gestionali.

In generale, si ritiene necessario che s'instauri una forma di collaborazione tra produttori, Regione Sardegna e mondo della ricerca scientifica, finalizzato allo sviluppo delle competenze dei pescatori. Per quanto riguarda le imprese va promosso l'associazionismo in modo che la gestione di grandi aree possa attuarsi sulla base di criteri che le interessino nel loro complesso. Bisognerà favorire il consolidamento della cultura dell'impresa riconoscendone la specificità, favorendo il superamento del concetto di raccolta e il passaggio alla gestione.

La varietà di situazioni su tempi e modi di reclutamento rende poco efficace pensare a delle norme specifiche di gestione uguali nel tempo per tutti i siti. I concessionari dovrebbero, d'anno in anno, verificare ove è avvenuto il reclutamento, proteggere le aree ed eventualmente procedere al trasferimento del seme. Dovrebbe essere intensificata la sorveglianza sia a terra che in mare per imporre il rispetto della taglia minima di cattura. Sarebbe utile tutelare le più importanti aree nursery evitando un eccessivo calpestio nei periodi di reclutamento per non compromettere l'insediamento larvale. Ove il reclutamento non è avvenuto si potrebbe ipotizzare la semina di esemplari provenienti da schiuditoio utilizzando solo materiale proveniente da riproduttori autoctoni.

In molti casi è emerso il distacco tra il mondo scientifico e i produttori, che non si avvalgono della competenza di tecnici specializzati. Su quest'aspetto sarebbe quindi opportuno sviluppare momenti formativi specifici e di assistenza tecnica all'impresa di molluschicoltura per favorire e guidare lo sviluppo sul campo delle applicazioni tecnologiche in relazione alla situazione ambientale specifica del sito di allevamento. La ricerca dovrebbe promuovere ed attuare iniziative scientifiche volte a migliorare le conoscenze sulle dinamiche di riproduzione, insediamento e sviluppo del novellame necessarie a definire regole di gestione che proteggano le postlarve nel momento del loro insediamento e la protezione degli stadi giovanili.

Il raggiungimento di questo obiettivo passa però attraverso interventi di diverso tipo, alcuni di natura sanzionatoria, altri legati al progresso sociale.

Il miglioramento dei sistemi di sorveglianza sia a terra (controllo della taglia minima di cattura nei ristoranti) sia in mare, potrebbe migliorare la situazione, ma il vero nodo è la possibilità di "regolarizzare" chi vive da questo lavoro.

Infine va sottolineato l'insediamento di *Ruditapes philippinarum* nel golfo di Olbia. Il pericolo che esso possa soppiantare la specie autoctona esiste, considerato che non c'è concordanza di opinione tra gli autori che ne hanno studiato la diffusione; sarebbe pertanto opportuno evitare il trasferimento altrove di seme proveniente da Olbia in modo da evitarne la propagazione anche in altre lagune sarde.

Visto quanto è accaduto ad Olbia, ove la causa più probabile di diffusione è l'immissione in mare di materiale di scarto degli impianti di stabulazione, sarebbe inoltre opportuno sensibilizzare gli operatori sulla pericolosità di questa pratica.

7 BIBLIOGRAFIA

- A.A.V.V., 1990. *Tapes philippinarum*. Biologia e Sperimentazione. Regione Veneto. E.S.A.V.: pp.299.
- Arnaud P. Raimbault R., 1963. Note préliminaire sur la palourde (*Tapes decussatus* L.) de l'étang de Thau. Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes, 27(2), 196-202.
- A.R.P.A.S., 2009. Analisi agrometeorologica e climatologica della stagione piovosa 2008-2009 in Sardegna. http://www.sar.sardegna.it/pubblicazioni/periodiche/analisi_10.2008-04.2009.pdf
- A.s.a.p., 1997. Attrezzi e sistemi di pesca nella Provincia di Venezia. A cura di Pellizzato M. & Giorgiutti E. La Tipografica, Venezia.
- As.a.p., 1999. Studio per la razionalizzazione delle attività di pesca e di molluschicoltura nel bacino di Chioggia - Laguna di Venezia. 53 pp.
- Bacher C., Gouletquer P., 1989. Comparaison des relations trophiques de *Ruditapes philippinarum* en milieux estuarien et océanique a partir d'un modèle de croissance. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46: 1160-1170.
- Bald J., Borja A., 2001. Estudio de lo recursos de Almeja y Berberecho en Mudaka y Plentzia (1998-2000). Inf téc. Gov Vasco,: 93 80 pp
- Bald J., Borja A., Murua J, Muxica I., 2003. Ensayo del efecto de la alteracion del substrato en la explotacion de recursos bivalvos. Inf téc. Gov Vasco,: 98 59 pp
- Bald J., Borja A., 2004 – Estudio del l'estado de los recursos de almaja y berberecho en los estuarios Mundaka, Plentzia y Txingudi (1998 – 2004) .Inf téc. Gov Vasco,: 105 72 pp.
- Bartoli M., Nizzoli D., Viaroli., Turolla E., Castaldelli G., Fano E. A. & Rossi R., 2001. Impact of *Tapes philippinarum* farming on nutrient dynamics and benthic respiration in the Sacca di Goro. Hydrobiologia, 455: 203-212.
- Beninger, P.G. and A. Lucas.,1984. Seasonal variations in condition, reproductive activity, and gross biochemical composition of two species of adult clam reared in a common habitat – *Tapes decussatus* L. (Jeffreys) and *Tapes philippinarum* (Adams and Reeve). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 79(1): 19-37.
- Bertignac M., Auby I., Martin S., de Montaudouin X., Sauriau P.G., 2001. Évaluation du stock de palourdes du Bassin d'Arcachon. Rapport interne IFREMER. archimer.ifremer.fr/doc/2006/rapport-2218.pdf
- Bodoy A., Maitre-Allain T. e Riva A., 1980. Croissance comparée de la palourde européenne (*Ruditapes decussatus*) et de la palourde japonaise (*Ruditapes philippinarum*) dans un écosystème artificiel méditerranéen. Vie Marine, 2: 39-51.
- Borja Á., Bald J. Rodríguez G., 2007. Proyecto piloto de ensayo de siembra de almeja fina (*Ruditapes Decussatus*) en el estuario de Plentzia. Inf téc. Gov. Vasco, 109, 72 pp.
- Boffo L., Arcangeli G., Rossetti E. 2008. Manuale di corretta prassi igienica della produzione della vongola verace nel Veneto. GRAL, 110 pp.

- Breber P., 1980. Annual gonadal cycle in the carpet shell clam *Venerupis decussata* in Venice lagoon, Italy. Proceedings of the National Shellfisheries Association, 70(1), 31-35
- Breber P., 1985. On growing of the carpet-shell clam (*Tapes decussatus* L.): two years experience in Venice lagoon. *Aquaculture*, 44:51-56.
- Breber P. (b)., 1985. L'introduzione e l'allevamento in Italia dell'arsella del Pacifico *Tapes semidecussatus* Reeve (Bivalvia; Veneridae). *Oebalia* 11(2): 675-680.
- Bertignac M., Auby I., Foucard J., Martin S., Montaudouin de X., Sauriau P.G., 2001. Évaluation du stock de palourdes dans le Bassin d'Arcachon. Rapport Interne IFREMER DRV/RH/RST/2001-05, 35 p.
- Cannas A., Balzano L., Cara S., Casola E., Chessa L.A., D'Ambra R., Dell'aquila M., Fezzardi D., Lanera P., Lecca E., Lenti G., Livi S., Maccaroni A., Mariani A., Mariani S., Massa F., Meloni M.F., Murenu M., Ollano G., Pelusi P., Rampacci M., Sanna F., Savarino R., Serra A., Serra S., Serra S., Sini S., Valiante L.M., Vinci D., Wendelin C., 2001. Interventi di valorizzazione degli stagni costieri sardi attraverso l'applicazione di pratiche produttive ecologicamente ed economicamente sostenibili. Unimar, IV Piano triennale, relazione finale, 110 pp.
- Cannas A., 2005 – Studio di modelli gestionali innovativi per la valorizzazione della fascia costiera. Piano di potenziamento della rete scientifica e tecnologica - Cluster 08 – C - Progetto 14, 152 pp.
- Cannas A., Cataudella S., Rossi R. 2008. Gli stagni della Sardegna. Quaderni C.I.R.S.PE., 96 pp.
- Cannas A., Lecca E., Meloni F., Paesanti F., Rossi R., Sanna O., Savarino R., Wendelin C., 2001. Valutazione dello stock dell'arsella *Tapes decussatus* L. a fini gestionali in tra ambienti della Sardegna. Relazione finale della ricerca finanziata dal Ministero Politiche agricole – IV piano triennale – dattiloscritto – pp 70
- Cannas A., Mistri M., Turolla E., Cara S., Caramori G., Lecca E., Meloni F., Savarino R., Varagnolo M., 2008. Valutazione della risorsa *Tapes decussatus* (Linneo 1758) e *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) in Sardegna e in aree dell'Alto Adriatico. Relazione finale - VI piano triennale della pesca e dell'acquacoltura, MIPAF, 100 pp.
- Carrieri A., Paesanti F., Rossi R., 1992. Risultati dell'introduzione di vongola filippina *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850), nella Sacca di Goro (Delta del Po). *Oebalia*, XVII, suppl. 2: 97-104.
- Casale M., Giovanardi O., 1999. Problematiche ambientali legate allo sfruttamento della vongola filippina: analogie tra la pesca in Laguna di Venezia e nelle Back Sound del North Carolina (Usa). *Venericoltura ed impatto ambientale*. *Laguna* 4: 8-15
- Casale M., Giovanardi O., Grimm F., Pessa G., 2001. Distribuzione ed abbondanza delle principali specie di molluschi bivalvi nella lagunari Venezia nell'estate 1999. con particolare riguardo per *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850). *Biol. Mar. Mediterranea*, 8 (1): 413-423.
- Castiglione E., Del bravo F., Carbonari F., Navarra S., 2009. Il settore ittico in Italia, check-up 2009, ISMEA, 44 pp.

- CEDOC Regione Sardegna (centro di documentazione per i bacini idrografici). Cartografia. <http://82.85.20.58/sardegna/cartografia.asp>.
- Cesari P., Pellizzato M. (1990) Biologia di *Tapes philippinarum*. *Tapes philippinarum*, biologia e sperimentazione. ESAV., pp21- 39
- Chessa L.A, Melis P., Pais M., Scardi M., Serra S., Di Dato P., 2003. Ricerca di stadi giovanili di *Cerastoderma glaucum* e *Tapes decussatus* nello stagno di Calich (Alghero). Biol. Mar. Mediterranea, 10 (2): 663-666.
- Chessa L.A, Pais M., Scardi M., Serra S., 1999. Distribuzione dei molluschi bivalvi di fondo mobile d'interesse commerciale nel compendio ittico di Calich (Sardegna nord-occidentale). Biol. Mar. Mediterranea, 6 (1): 561-565.
- Chessa L.A, Paesanti F., Pais M., Scardi M., 2005. Perspectives for development of low impact aquaculture in a western Mediterranean lagoon: the case of the carpet clam *Tapes decussatus*. Aquaculture International 13: 147-155
- Chicaro L., Chicaro M. A., 2001. Effects of environmental conditions on planktonic abundances, benthic recruitment and growth rates of the bivalve mollusc *Ruditapes decussatus* in a Portuguese coastal lagoon. Fishery research 53:235-250
- Consiglio Regionale della Sardegna,1981. Le lagune in Sardegna: una risorsa. S.T.E.F., Cagliari.
- Cottiglia M, Masala B.,1977. L'allevamento del *Tapes decussatus* (L.) in vivai sospesi. Rend. Sem. Fac. Scienze Univ. di Cagliari . Vol XLVII fasc. 1-2.
- Cottiglia M, Masala M.L., 1988. Allevamento di *Tapes philippinarum* e condizioni mesotrofiche – Ambiente e Risorse Vol. 2.
- Cottiglia M, Masala M.L.,1988. Esperienze di allevamento di *Tapes philippinarum* in Sardegna. Quaderni Ist. Idrobiol. Acquacolt. Brunelli, 8: n.doppio 3-17.
- Dang C., De Montaudouin X., Gam M., Paroissin C., Bru N., Caill-Milly N., 2010. The Manila clam population in Arcachon Bay (SW France): Can it be kept sustainable? Journal Of Sea Research, 63(2), 108-118.
- Daou R., Gouletquer P., 1988. Effets de la turbidité sur les palourdes adultes *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve): croissance, mortalité, effort de reproduction, composition biochimique. Oceanis, 14 (4) 375-389.
- Decreto Ministeriale 7 agosto 1996. Nuova disciplina della pesca del novellame da allevamento.
- Delgado M., Pérez Camacho A.,2002. Hermaphroditism in *Ruditapes decussatus* (L.) (Bivalvia) from the Galician coast (Spain) Scientia Marina, 66, (2) : 183-185.
- Delgado M., Pérez Camacho A., 2007 Comparative study of gonadal development of *Ruditapes philippinarum* (Adams and Reeve) and *Ruditapes decussatus* (L.) (Mollusca: Bivalvia): Influence of temperature Scientia Marina, Vol 71 (3) 471-484
- Delgado M., Pérez Camacho A., 2007. Influence of temperature on gonadal development of *Ruditapes philippinarum* (Adams and Reeve, 1850) with special reference to ingested food and energy balance Aquaculture 264:398-407
- Devauchelle N., 1990. Sviluppo sessuale e maturità di *Ruditapes philippinarum*. *Tapes philippinarum*, biologia e sperimentazione, ESAV, pp 47-62.

- Donatelli M. Annichiarico P., 1997. Nota sull'analisi di dati sperimentali in Agricoltura tramite il SAS (Statistical Analysis System), Seconda Edizione. Book on line, Sipeeea.it
- Drummond L., Mulcahy M., Culloty S., 2006. The reproductive biology of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum*, from the North-West of Ireland. *Aquaculture* 254 (2006) 326–340.
- F.A.O., 1995 – Code of conduct for responsible fisheries, Fao, Roma.
- F.A.O., 2010 - Fishery statistics.
- Fava G. e Meggiato L., 1995. Genetica biochimica e caratteri morfologici in popolazioni alto adriatiche di *Ruditapes philippinarum* e *R. decussatus*. *PIM Zone Lagunari*: 203-209.
- Fischer W., Bauchot M.L., Schneider M., 1987. Fiches FAO d'identification pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vol. I. Commission des Communautés Européennes and FAO, Rome.
- Flye-Sainte-Marie J., Jean F., Paillard C., Ford S., Powell E Hofmann E., Klinck J., 2007. Ecophysiological dynamic model of individual growth of *Ruditapes philippinarum*. *Aquaculture* 266 (2007) 130–143.
- Fonda Umani S., Landri P., Martincic B., Orel G. e Salvi C., 1995. Studio sul tasso di filtrazione, sulla assimilazione e sulla biodeposizione di *Tapes decussatus* Linnè (Jeffreys) e *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve) alimentate con diverse specie algali. *PIM Zone Lagunari*: 210-218.
- Ferretti M., 1995. Sperimentazione di un rastrello vibrante per la pesca delle vongole veraci in concessione demaniale lagunare. Relazione finale Icram, 32 pp.
- Fondazione della Pesca di Chioggia – A.s.a.p., 1999. Studio per la razionalizzazione delle attività di pesca e di molluschicoltura nel bacino di Chioggia – Laguna di Venezia. 53 pp.
- Fontolan G., G. Orel, G. Pessa e A. Zentilin, 1995. Modificazioni indotte dalla venericoltura sulla struttura dei sedimenti e dei popolamenti macrozoobentonici della laguna di Marano. In: « PIM per le zone lagunari e l'Adriatico settentrionale. Ricerche e Sperimentazioni 1988-1994.». A cura di: M. Berletti, R. Rossi e E. Spreafico. 231-243.
- Garcia, F., 1993. Interprétation des stries valvaires pour l'évaluation de la croissance de *Ruditapes decussatus* L. *Oceanologica Acta* . 16: 199–203.
- Gayanilo, F.C., Sparre, P.; Pauly, D. 2005. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FiSAT II). Revised version. Software and User's guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries). No. 8, Revised version. Rome, FAO. 168 pp.
- Giorgiutti E, Pellizzato M, 1997. Attrezzi e sistemi di pesca nella Provincia di Venezia. Provincia di Venezia, Asap, Venezia.
- Giovanardi O., Pranovi F., 1999. Elementi per una gestione ecocompatibile della risorsa (*Tapes philippinarum*) in un'area sensibile quale la Laguna di Venezia. In: «Biologia Marina Mediterranea». 6: 136-139.

- Giovanardi O., Boscolo R., Casale M., Franceschini G., 2002. Studio dell'impatto della raccolta di vongole veraci filippine (*Tapes philippinarum*) nella Laguna di Venezia per una gestione razionale della risorsa e dell'ambiente. IV Piano Triennale della Pesca e dell'Acquacoltura. Mipaf, Relazione Finale.
- Gollasch S., Cowx I.G., A.D. Nunn A.D., 2008. Environmental impacts of alien species in aquaculture. Progetto IMPASSE, relazione del marzo 2008. 150 pp
- Gouletquer P., Bacher C., 1988. Empirical modelling of the growth of *Ruditapes philippinarum* by means of non linear regression on factorial coordinates. Aquat. Living Resour. 1: 141-154.
- Gosling E., 2003. Bivalve molluscs: Biology, ecology and culture. Gosling, E. (2003). Bivalve Molluscs: Biology, Ecology and Culture. Fishing News Books, Oxford: 443 pp.
- Gözler, A.M. and Tarkan, A.N. 2000. Reproductive biology of *Ruditapes decussatus* (Linnaeus, 1758) in Çardak Lagoon, Dardanelles Strait. Turkish J. Marine Sciences, 6(2): 175-198.
- Hamida, L., Medhiouband M. N., Cochard J. C., Romdhane M. S., Le Penneç M., 2004. Étude comparative du cycle de reproduction de la palourde *Ruditapes decussatus* en milieu naturel (sud Tunisie) et contrôlé (écloserie). Cah. Biol. Mar. 45:291–303.
- Hurtado N.S., Pérez-García C., Morán P-, Pasantes J.J., 2011. Genetic and cytological evidence of hybridization between native *Ruditapes decussatus* and introduced *Ruditapes philippinarum* (Mollusca, Bivalvia, Veneridae) in NW Spain. Aquaculture 311, 123-128.
- Kruskal W.H., Wallis W.A., 1952. Use of ranks in one - criterion variance analysis. J. Am. Stat. Assoc., 47:583-621.
- Laruelle, F., Guillou J., Paulet Y.M., 1994. Reproductive pattern of the clams, *Ruditapes decussatus* and *Ruditapes philippinarum* on intertidal flats in Brittany. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 74(2): 351-366.
- Mutlu Gözler A., Nuri Tarkan A., 2000. Reproductive biology of *Ruditapes. Decussatus* (Linnaeus,1758) in Çardak Lagoon, Dardanelles Strait. Turkish J. Marine Sciences 6(2) 175-198.
- Icram, 1994. Indagine preliminare sull'utilizzo della draga idraulica (turbosoffiante) per la pesca ai bivalvi in ambiente lagunare. A cura di Giovanardi O., M. Ferretti, F. Pranovi e F. Savelli. In: «Quaderni Icram». 7: 54 pp.
- Icram, 1995. Sperimentazione di un «rastrello vibrante» per la pesca delle vongole veraci in concessione demaniale lagunare. Relazione finale. Chioggia. 32 pp.
- Icram - Univ. Trieste, 1999. Studio dell'impatto della raccolta delle vongole veraci filippine (*Tapes philippinarum*) nella laguna di Venezia per una gestione razionale della risorsa e dell'ambiente. IV Piano triennale Pesca Acquacoltura. I° Rapporto Intermedio. 54 pp.
- Laruelle, F., J. Guillou, and Y. M. Paulet. 1994. Reproductive pattern of the clams, *Ruditapes decussatus* and *R. philippinarum* on intertidal flats in Brittany. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 74(2) :351-366.

- Maitre Allain T., 1982. Influence du milieu sur la croissance de deux palourdes, *Ruditapes decussatus* et *Ruditapes philippinarum*, dans l'étang de Thau (Hérault). *Vie Marine*, 4: 37-50.
- Malavasi P., Campisi S., Muru M.F., Nissardi S., Zucca C., Leinardi P., Pani F., Sanna R., 2006 - Piano di gestione del pSIC ITB 040023 "Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, laguna di Santa Gilla. Comune di Cagliari :284 pp.
- Mann R., 1979. The effects of temperature on growth, physiology and gametogenesis in the Manila clam *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850). *J. Exp. Biol. Ecol.* 38:121-133.
- Mascia D., 2009. Bio-ecologia e dinamica di popolazione di *Ruditapes decussatus* (Linneo, 1758). Tesi di dottorato, Università degli studi di Cagliari, anno accademico 2008-2009, 114 pp.
- Melia P., Del Leo G.A., Gatto M., 2000. Un modello gestionale per *Tapes philippinarum* nella Sacca di Goro. *Atti X Congresso Nazionale SItE*, 24: 11-17.
- Meloni F., 2006. Impatto della specie alloctona *Musculista senhousia* su allevamenti in un'area del centro tirreno e strategie di contenimento. *CI.R.S.PE Relazione conclusiva progetto 6.c 44 Dattiloscritto*, 73 pp.
- Meneghetti F., Moschino V., Da Ros L., 2004. Gametogenetic cycle and oocyte size in *Tapes philippinarum* from the Lagoon of Venice. *Aquaculture*, 240/1-4: 473-488.
- Mistri M. -2004. Impatto della specie alloctona *Musculista senhousia* su allevamenti di bivalvi di interesse commerciale nell'Alto Adriatico e strategie di contenimento. (ALIEN). Rapporto conclusivo – Contributo del Ministero per le politiche agricole e forestali, Direzione Generale della Pesca e dell'Acquacoltura, VI Piano Triennale.
- Mistri M., 2007. Valutazione della risorsa *Tapes philippinarum* in Alto Adriatico: localizzazione e potenzialità produttiva delle aree di nursery naturale" MIPAF, VI piano triennale, relazione finale.
- Modugno S., Rossi R., Mistri M., 2004 Qualità trofica del sedimento e biodepositi: ruolo di 2 bivalvi alloctoni. In Casagrandi R. & Melià. (Eds) *Ecologia Atti XIII congresso della Soc. italiana di Ecologia*, Como, 8-10 sett 2003, Aracne Roma pag 75-80.
- Munari C., Rossi R., Mistri M., 2009. Estimating clam recruitment potential in a nursery area in the Sacca di Goro lagoon (Italy). *Ital. Journ. Fish. Zool.* 76, (1) pp: 129-132.
- Munari C, Caramori G., Turolla E., Rossi R., Mistri M., 2007. Identificazione di aree di reclutamento per la vongola *Tapes philippinarum* nel Delta del Po. *Biol. Mar. Medit.* 14(2) 318-319.
- Munari C., Rossi R., Mistri M., 2007 - Messa a punto di un modello predittivo per il reclutamento di vongole in area di nursery nella Sacca di Goro. *Biologia Marina Mediterranea* 14(2) 320-321.
- Orel G., Boatto V., Sfriso A., Pellizzato M., 2000. Piano per la gestione delle risorse aliutiche delle lagune della Provincia di Venezia. *Provincia di Venezia*, 102 pp.
- Ojea J., Pazos A.J., Martinez D., Novoa S. Sanchez J.L., Abad M. 2004. Seasonal variation in weight and biochemical composition of the tissues of *Ruditapes decussatus* in relation to the gametogenic cycle *Aquaculture* 238 : 451–468.

- Ojea J., Pazos A.J., Martinez D., Novoa S. Garcia-Martinez P., Sanchez J.L., Abad M., 2008. Effects of temperature regime on broodstock conditioning of *Ruditapes decussatus*. J. Shell. Res. 27(5):1093-1100
- Orel G., Pellizzato M., Pessa G., Zentilin A., 1995. Prospettive di produzione della vongola verace filippina nelle lagune di Marano e Grado e nel golfo di Trieste nel quadro di un riassetto del settore della pesca e dell'Acquacoltura. Hydrores Information, 12 (13): 52-62
- Orel G., Zamboni R., Zentilin A., 2005. Impatto della pesca e della coltura di *Tapes philippinarum* sui fondali delle lagune alto adriatiche. La filiera della vongola *Tapes philippinarum* in Italia. Franco Angeli Editore. 192 pp
- Orel G., Zentilin A., Zamboni R., Grimm F., Pessa G., 2001. Evoluzione delle produzioni ed impatto di alcuni sistemi di raccolta e di pesca di *Tapes philippinarum* (Adams e Reeve, 1850) in uso nella Laguna di Marano (Adriatico Settentrionale). Biol. Mar. Medit., 8 (1): pp. 432-440.
- Paesanti F., Mantovani A., 1990. Allevamento della vongola verace (*Ruditapes philippinarum*) nella Sacca di Goro. Hydrores, VII, 8: 58-60.
- Paesanti F., Pellizzato M., 1994. *Tapes philippinarum*. Manuale sulla vongola verace di allevamento. Ed. da Esav - Ente dello Sviluppo Agricolo del Veneto.
- Pellizzato M., 1990. Acclimatazione della specie *Tapes philippinarum* e primi allevamenti in Italia. *Tapes philippinarum* - Biologia e sperimentazione. ESAV, Venezia :157-170.
- Pellizzato M., Boatto V., 2005. La filiera della vongola *Tapes philippinarum* in Italia. Franco Angeli Ed., 192 pp.
- Pellizzato M. e Mattei N., 1986. Allevamento di *Tapes (Ruditapes) philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) in alcuni biotopi lagunari veneti. Nova Thalassia, 8 (Suppl. 3): 393-402.
- Pellizzato M. Mattei N., Renzoni A., 1989. Allevamento su scala commerciale di *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) in alcune valli venete. Oebalia, Atti XIX° Congr. S.I.B.M., Napoli, 24 - 28 Sett. 1987, 15(2):735-744.
- Pellizzato M., Turolla E. Rossi R., 2002. Biology of bivalve molluscs. Proceedings of the TECAM (Technical Aspects of Mediterranean Aquaculture) Seminar on Mollusc Production in Mediterranean countries. Saragoza, Spain.
- Pérez-Camacho, A. 1980. Biología de *Venerupis pullastra* (Montagu, 1803) y *Venerupis decussata* (Linné, 1767) (Mollusca: Bivalvia) con especial referencia a factores determinantes de la producción. Bol. Inst. Esp. Oceanogr., 28: 353-358.
- Pranovi F., Giovanardi O., 1995. La pesca di molluschi bivalvi nella Laguna di Venezia: effetti e conseguenze. In. «Biologia Marina Mediterranea». 2(2): 121-122.
- Prioli G., 2001. Censimento nazionale sulla molluschicoltura. Technical Report. Consorzio Unimar, pp 97.
- Ponurovsky, S.K., Yakovlev Y.M., 1992. The reproductive biology of the japanese littleneck, *Tapes philippinarum* (A. Adams and Reeve, 1850) (Bivalvia: Veneridae). J. Shell. Res 11(2): 265-267.

- Provincia di Venezia, 2001. Concessione attività di venericoltura in acque marine interne. Anno 2001. Settore Caccia, Pesca e Polizia Provinciale. Unità operativa Caccia e Pesca. Registrazione CED n°102479. Allegato D.
- Provincia di Venezia, 1998. *Tapes philippinarum*, vongola verace filippina: nuovo problema o nuova risorsa per Venezia. In: «Piano per la gestione delle risorse alieutiche delle lagune della provincia di Venezia». Provincia di Venezia - Assessorato alla pesca, Venezia, 87-124.
- Robert R., Trut G., La borde J.L., 1993. Growth, reproduction and gross biochemical composition of the Manila clam *Ruditapes philippinarum* in the Bay of Arcachon, France. Mar. Biol. 116: 291-299.
- Rodríguez-Moscoso E., Pazo J.P., Garcia A., Fernández- Cortes F. , 1992. Reproductive cycle of Manila clam, *Ruditapes philippinarum* (Adams and Reeve, 1850) in Ria of Vigo (NW Spain). Sci. Mar., 56(1): 61-67.
- Rodríguez-Moscoso, E., Arnaíz R., 1998. Gametogenesis and energy storage in a population of the grooved carpet-shell clam, *Tapes decussatus* (Linné, 1787) in northwest Spain. Aquaculture, 162: 125-139.
- Rossi R., 1996. Allevamento di vongola verace filippina (*Tapes philippinarum*). Gestione della semina e del trasferimento in banco naturale per la ottimizzazione del raccolto. Relazione D.M 04/92 del 18.02.1993, 122 pag.
- Rossi R., Paesanti F., 1992. Vongola verace: la situazione europea. Laguna, 9: 24-27.
- Savarino R. & Turolla E. 2000. Un ospite indesiderato sbarca ad Olbia. Informare, 9 ed. Federcoopescas, 2-3
- Serdar S., Lok A., 2009. Gametogenic cycle and biochemical composition of the transplanted carpet shell clam *Tapes decussatus*, Linnaeus 1758 in Sufa (Homa) Lagoon, Izmir, Aquaculture 293: 81-88.
- Serdar S., Lok A., Kose A., Yldiz H., Acarli S. – Gouilletquer P., 2007. Growth and survival rates of carpet shell clam (*Tapes decussatus* Linnaeus, 1758) using various culture methods in Sufa (Homa) Lagoon, Izmir, Turkey. Aquacultural Engineering, 37, (2): 89-99.
- Serdar S., Lok A., Kirtik A., Acarh S., Kucukdermenci A., Guler M., Ygitkurt S., 2010. Comparison of gonadal development of carper shell clam (*Tapes decussatus* Linnaeus 1758) in inside and outside of Cakalburnu lagoon, Izmir bay. Trk.j.Fish Aquatr. Sci.10: 395 - 401
- Shafee M.S., Daudi M. 1991. Gametogenesis and spawning in the carpet-shell clam, *Ruditapes decussatus* (L.) (Mollusca: Bivalvia), from the Atlantic coast of Morocco. Aquaculture (22), 2:203-216
- Silva S., Morán N., Pasantes, J.J., 2006. Genetic evidence of natural hybridization between *Ruditapes decussatus* and *R. philippinarum*. Org. Divers. Evol. 6, Electr. Suppl. 16, part 1: 71
- Soil Survey Division Staff ,1993. Soil survey manual. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture, Handbook 18.
- SISS Società Italiana Difesa del Suolo, 1985. Metodi normalizzati di analisi del suolo. Edagricole

- Solidoro C., Pastres R., Melaku Canu D., Pellizzato M. e Rossi R., 2000. Modelling the growth of *Tapes philippinarum* in Northern Adriatic lagoons. Mar. Ecol. Prog. Ser., 199: 137-148.
- Turolla E., 1996. Effetti di alcuni parametri ambientali sull'accrescimento di *Tapes decussatus* (Linneo, 1758) e di *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850). Tesi di Laurea. Università di Ferrara. pp 89.
- Turolla E., Caramori G., Barbieri C., Pagnoni G.A., Minarelli G., Ruggeri R., Piva P.P., Rossetti E., Beltrami I., 2006. Valutazione della risorsa "vongola verace" (*Tapes philippinarum* e *Tapes decussatus*) e mappatura delle aree di prelievo in Alto Adriatico" Relazione Finale. VI piano triennale Cod 6A81, 67 pp.
- Zentilin A., 1987. L'allevamento della vongola verace in Laguna di Marano (UD). Atti della Seconda Giornata della acquacoltura Lagunare, Marano Lag. (UD), 31 Ottobre 1987.
- Zentilin A., 1995. La molluschicoltura lagunare nelle esperienze realizzate in laguna di Marano Lagunare (Nord Adriatico) Atti Convegno "Acquacoltura in Friuli: produzione, ricerca e salvaguardia ambientale", C.C.I.A.A. UD, Udine 21 settembre 1995.
- Zentilin A., Melaku Canu D., Solidoro C., Pastres R., De Leo G., Donati F., Zoppelletto M., Cerchia G., 2000. Elementi di valutazione ecologica, economica e sociale per fronteggiare la flessione produttiva di vongole filippine nell'Alto Adriatico. Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, Rapporto finale, Progetto 5C02, pp. 64.

	Autunno	Inverno	Primavera	Estate
Golfo di Olbia	14-17/12/2008	3- 10/3/2009	13- 21/5/2009	1-8/9/2009
Tortoli	5/12/2008	27/2/2009	7/5/2009	4/8/2009
San Giovanni	7/11/2008	20/2/2009	28/4/2009	7/7/2009
Santa Gilla	26/11/2008	17/3/2009	1/6/2009	14/9/2009
Marceddì	19/11/2008	5/2/2009	23/4/2009	22/7/2009
Corru s'ittiri	14/11/2008	7/2/2009	21/4/2009	28/7/2009
Calich	15/11/2008	29/1/2009	29/3/2009	1/7/2009

Allegato 2 COORDINATE DELLE STAZIONI DI RILEVAMENTO

GOLFO DI OLBIA		
Stazione		
1	40°55'55.12" N	9°30'41.88" E
2	40°54'59.30" N	9°31'55.94" E
3	40°55'05.49" N	9°33'19.19" E
4	40°55'09.09" N	9°32'30.61" E
5	40°54'58.81" N	9°31'17.10" E
6	40°55'15.99" N	9°30'47.14" E
7	40°55'02.91" N	9°32'18.06" E
8	40°55'16.11" N	9°30'39.20" E

STAGNO DI TORTOLI'		
Stazione		
1	39°57'04.28" N	9°40'35.66" E
2	39°57'02.97" N	9°40'20.18" E
3	39°56'06.61" N	9°39'54.65" E

STAGNO DI SAN GIOVANNI		
Stazione		
1	39°24' 28.28" N	9°36'56.33" E
2	39°24' 09.35" N	9°36'49.41" E

STAGNO DI SANTA GILLA		
Stazione		
1	39°14'28.15" N	9°04'57.22" E
2	39°13'12.05" N	9°04'57.22" E
3	39°13'35.74" N	9°04'54.53" E

VALLE DI MARCEDDI'		
Stazione		
1	39°42'00.09" N	8°30'56.94" E
2	39°41'55.31" N	8°32'03.59" E
3	39°42'18.87" N	8°31'52.31" E
4	39°43'30.37" N	8°31'22.76" E
5	39°43'13.49" N	8°30'22.60" E
6	39°43'41.71" N	8°30'20.50" E

STAGNO CORRU S'ITTIRI		
Stazione		
1	39°46'04.50" N	8°32'06.11" E
2	39°45'50.09" N	8°31'55.33" E
3	39°45'27.67" N	8°31'24.99" E
4	39°44'53.70" N	8°30'53.11" E

STAGNO DEL CALICH		
Stazione		
1	40°35'35.87" N	8°18'53.61" E
2	40°36'04.54" N	8°17'25.08" E
3	40°35'51.54" N	8°18'02.64" E

PRINCIPALI PUBBLICAZIONI DI ALESSANDRA CANNAS

- Cannas A., Trentadue M., Manca S., Mura L., Fois N. Insediamento di *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve) nel Golfo di Olbia (Sardegna, Italia) e distribuzione in rapporto a *Ruditapes decussatus*. Biol. Marin. Medit. (2010), 17(1):320-321
- Floris R., Manca S., Chessa M., Trentadue M., Cannas A., Fois N. Microbiological characterization of intestinal flora of gilthead seabreams (*Sparus aurata* (L.) from Tortoli lagoon (Eastern Sardinia, Italy) Biol. Marin. Medit. (2010), 17(1):384-385
- Munari C., Cannas A., Rossi R. Mistri M. (2004). *Musculista senhousia* (Bivalvia, Mytilidae): elemento strutturante o destrutturante la comunità macrobentonica?. In Ecologia. Atti del XIV Congresso Nazionale della Società Italiana di Ecologia (Siena, 4-6 ottobre 2004)
- Tidu C. Cannas A., Lecca E., Meloni M. F., Pinna M., Savarino R. Morphometric relationships of the European spiny lobster *Palinurus elephas* from northwestern Sardinia. Fisheries research 69 (2004) 371–379
- Tidu C. Cannas A., Lecca E., Meloni M. F., Pinna M., Savarino R. Catches analysis of *Palinurus elephas* (Fabricius 1787) in north western Sardinia. Biol. Mar. Medit. (2003), 10 (2): 946-948
- Cannas E. Lecca, G. Lenti – (2003) Produzione di avannotti di *Mugil cephalus* (L) per il ripopolamento di lagune sarde. Biol. Mar. Medit. (2003) 10 (2).
- Cataudella S., Tancioni L., Cannas A: L'acquacoltura estensiva. Acquacoltura responsabile (2001) Unimar, , 283-308
- Cannas A - Gli attrezzi da pesca in uso nelle marinerie italiane. Risultati del programma Mapp (Monitoraggio attività di pesca polivalente) . Unimar, 2001 81 pp.
- Cannas A., Lecca E., Meloni M.F., Pinna R., Savarino C., Tidu C. Sex ratio e catture di *Palinurus elephas* Fabr. (Crustacea decapoda) nel golfo dell'Asinara (Sardegna Nord-occidentale). Biol. Mar. Medit. (2000), 7 (1): 794-797
- Cannas A: Mestieri e attrezzi da pesca. Un mare di risorse, (2000) Consorzio Uniprom, pp102-129
- Barbato F., Cannas A., Creo, N. De Angelis N., Imperatrice M., Lecca E., Massini G., Meloni F. Controllo e mitigazione dell'impatto dei reflui di allevamenti ittici in gabbie in siti riparati. Biol. Mar. Medit. (1998), 5 (3): 1326 – 1333
- Cannas A., Pinna M, Savarino R., Secci E., Tidu C. Progetto di ripopolamento di Aragosta rossa (*Palinurus elephas*) in un'area del golfo dell'Asinara: aspetti biologici, tecnici e produttivi. Biol. Mar. Medit. (1998), 5 (3): 1442-1449
- Cannas A., Lecca E., Paesanti F. e Savarino R., 1998. Valutazione dello stock dell'arsella *Tapes decussatus* (Linneo, 1758) ai fini gestionali in tre ambienti della Sardegna: laguna di Santa Gilla, Stagno di Marcedd', Golfo di Olbia.. Biol. Mar. medit. 5(3): 441-443
- Cannas A. - 1998 Interventi di valorizzazione degli stagni costieri sardi attraverso l'applicazione di pratiche produttive ecologicamente ed economicamente sostenibili.

- Atti del convegno "Le ricerche sulla pesca e sull'acquacoltura nell'ambito della L. 41/82 (1998), (2):1299 - 1301
- Cannas A., Cataudella S., Rossi R. -1998 - Gli stagni della Sardegna. Quaderni Cirspe, 96 pp
- Ugolini R., Cannas A., Cerasi S., Manelli A., Pochetti G., Pinna R. -1998 - Modelli bioeconomici per la gestione della fascia costiera. Biol. Mar. Medit. , 5 (3) pp 823-829
- Cataudella S., Cannas A. Donati , Rossi R.-1994. Elementi per la identificazione di un modello di gestione conservativa delle lagune costiere attraverso l'uso multiplo delle risorse Atti SIBM 1994 Biol. Mar. Medit. (1995), 2 (2): 9-19
- Rossi R., Cannas A., 1991. Gli stagni sardi: dalla pesca tradizionale all'uso di nuove tecnologie. Atti del XXII congresso S.I.B.M Pula (CA. OEBAIA 1992, suppl .XVII: 1-10.
- Cannas A., Massidda P., Saba G.-1993- Primi dati sulla rimonta del novellame nello stagno di Tortoli. Biologia marina, suppl, al Notiziario S.I.B.M., pagg 265-266
- Cannas A., Trisolini R., Rossi R. -1992- la pesca nello stagno di Tortoli. Atti del XXII S.I.B.M., OEBAIA 1992, suppl. XVII: 127-128
- Tidu C., Cannas A., Lecca E., Meloni M.F., Pinna M., Savarino R. - 2003 - Catches analysis of *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) in northwestern Sardinia. Biol. Mar. Medit., 10 (2): 946-948
- Rossi R., Cannas A -1984- EEl fishing management in a Hypersaline lagoon of southern Sardinia. Fisheries Research, 2 (1984) 285-298
- Rossi R., Cannas A -1984 - Dinamica di popolazioni di pesce bianco e gestione della pesca negli stagni salati di Porto Pino (Sardegna meridionale). Nova thalassia, 6, suppl. Pagg 269-274.
- Rossi R., Cannas A. -1982- Eta' e accrescimento di alcune specie ittiche degli stagni di Porto pino". Naturalista Siciliano, SIV.VI. (Suppl) 2 1982, pp 249 - 254;
- Rossi R., Cannas A. -1982 -Influenza della salinità sul popolamento ittico degli stagni di Porto Pino. Boll. Mus. Ist.Biol. Univ. Genova, 50 suppl, 320 - 324;
- Cau A., Cannas A., Gandolfi G., Rossi R. -1982- Prime indagini sulla montata delle ceche sulle coste della Sardegna" Acta Naturalia de l'Ateneo Parmense, 18, (1982); 157-162;
- Cannas A. Acquacoltura in Sardegna: un avvenire per la pesca. Sardegna Agricoltura, anno decimo ,n°2;
- Brasola V., Kalfa A.M., Cannas A - Esperienze positive di riproduzione artificiale di *Mugil cephalus*(L.) effettuate nella laguna di Orbetello. Riv.It. Piscic. Ittiop. - A.XIV - n°1.

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio tutti coloro che mi hanno aiutato per la realizzazione di questa ricerca e in particolare:

La tutor Prof.ssa Susanna Salvadori, i professori Angelo Cau, Giuseppe Pulina, Corrado Dimauro e Remigio Rossi per l'indispensabile supporto scientifico e matematico. Ringrazio in particolare il prof. Pulina che, in qualità di direttore generale di Agris Sardegna, mi ha consentito di svolgere il dottorato presso questa struttura.

Ringrazio i dirigenti e i colleghi dell'Agris e in particolare, Gianni Piredda, Mario Lendini e Martino Muntoni, direttori, in tempi diversi, delle strutture che mi hanno ospitato. Ringrazio anche Gianluca, Lella, Marco, Annabella, Bruno, Marina, che a diverso titolo mi hanno aiutato con fatti e consigli in questi tre anni di lavoro.

Ringrazio ancora Nicola Fois, dirigente del Servizio Risorse ittiche, i colleghi Silvana Manca, Laura Mura, Simonetto Serra, Giovanna Chessa e Rosanna Floris. Ringrazio in particolare Marco Trentadue che è stato il vero artefice di tutti i rilevamenti; gli sono grata anche per avermi ascoltato per ore e ore, mentre setacciavamo il sedimento, aiutandomi, con la sua esperienza e la sua capacità di osservazione, a chiarirmi le idee su molti aspetti della ricerca.

Ringrazio Paola Pesce per avermi aiutato a utilizzare FISAT II.

Ringrazio ancora i pescatori che hanno collaborato ai rilevamenti, in particolare i presidenti delle cooperative:

Consorzio Cooperative della Pesca di Marceddi (Terralba, OR)

Consorzio Ittico Santa Gilla CA)

Il Golfo e la laguna (Alghero, SS)

Olbiense tra pescatori (Olbia, OT);

Pescatori Tortoli (Tortoli OG)

San Giovanni (Muravera, CA).

Ringrazio inoltre Giovanni, Tore, Marco, Andrea, Silvano, Pino, Matteo e tutti i pescatori che mi hanno accompagnato durante i rilevamenti contribuendo, con la loro esperienza, a migliorare il lavoro.

Ringrazio infine i miei genitori, per il supporto organizzativo, affettivo e talvolta matematico, mio marito per avermi stoicamente sopportato e per aver riletto l'ultima versione della tesi, i miei tre figli per aver allegramente fatto a meno di una madre spesso lontana.