



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

**TESI DI LAUREA IN TECNOLOGIE FORESTALI E
AMBIENTALI**

Invasione di specie alloctone.

Presenza del gambero rosso (*Procambarus clarkii*) nella Bassa Padovana.

Invasion of non indigenous species.

Presence of red crayfish (*Procambarus clarkii*) in Veneto region.

Relatore: Chiara De Fassi Negrelli Rizzi

LAUREANDO

Simone Pietrobon

Matricola n. 557170

ANNO ACCADEMICO 2012 - 2013

SOMMARIO

RIASSUNTO.....	3
ABSTRACT.....	4
1. INTRODUZIONE.....	5
1.1. Presenza del gambero d' acqua dolce in Europa.....	8
1.2. Specie alloctone di gambero introdotte in Europa.....	10
1.3. Impatto del gambero rosso sulle macrofite.....	13
1.4. Effetto del <i>P. clarkii</i> sulle popolazioni di macroinvertebrati.....	14
1.5. Relazione tra <i>Procambarus clarkii</i> e predatori.....	15
1.6. Il <i>Procambarus clarkii</i> come vettore di agenti patogeni.....	16
1.7. La pesca del <i>Procambarus clarkii</i>	17
1.8. Aspetti anatomici e fisiologici del gambero rosso.....	17
1.8.1. Organi di senso.....	20
1.8.2. Sistema neuromuscolare.....	20
1.8.3. Apparato digerente.....	20
1.8.4. Apparato circolatorio.....	21
1.8.5. Apparato respiratorio.....	21
1.8.6. Apparato genitale.....	21
1.8.7. Aspetti riproduttivi.....	22
1.9. Storia dell' allevamento del gambero rosso.....	26
1.10. Introduzione del gambero rosso nei vari continenti.....	27
2. OBIETTIVI.....	33
3. MATERIALE E METODI.....	34
3.1. Siti di rilevamento.....	34
4. ELABORAZIONE STATISTICA.....	38
5. RISULTATI E DISCUSSIONE.....	39
5.1. Descrizione della zona oggetto di studio.....	39
5.2. Condizioni ambientali della zona durante il periodo di studio.....	39
5.3. Entita' delle catture e rapporto tra i sessi nel periodo di studio.....	41
5.4. Caratteristiche morfometriche dei gamberi nel periodo oggetto di studio.....	48
6. CONCLUSIONI.....	57
7. BIBLIOGRAFIA.....	59
TESTI.....	59
8. SITI INTERNET.....	62
9. RINGRAZIAMENTI.....	63

RIASSUNTO.

Il gambero rosso, *Procambarus clarkii* è un crostaceo di origine Nord americana, presente nelle aree palustri della Louisiana e introdotto nel continente europeo verso il 1900 e in Spagna nel 1973. Da qui si è diffuso in diversi stati europei compresa l'Italia. Data la sua notevole aggressività e adattabilità a diverse condizioni ambientali attualmente la popolazione è in espansione e sembra costituire una minaccia alla biodiversità animale e vegetale.

Sulla base di tali premesse si è dato avvio nel 2011 ad uno studio volto ad un iniziale monitoraggio del gambero nella Bassa Padovana. Il periodo di studio ha considerato un intervallo di tempo compreso tra giugno e novembre ed è stato condotto su tre scoli consortili ricadenti nel bacino gestito dal Consorzio di Bonifica Adige Euganeo. Le catture avvenivano tramite gabbie con rete a maglie di 4x4 mm dotate di esca per attirare gli animali.

Gli esiti ottenuti hanno messo in evidenza differenze significative per quanto riguarda il numero di soggetti catturati e le dimensioni somatiche in funzione dei siti ed in funzione della stagione. Limitatamente agli scoli e all'intervallo di tempo presi in esame, si è rilevata una presenza del gambero rosso non troppo elevata e come detto più sopra differenziata tra gli scoli. Le ragioni di tali differenziazioni sembrano principalmente riconducibili ai lavori di manutenzione ruotinalmente condotti, nonché alla tipologia degli scoli e alle caratteristiche del fondale e della qualità dell'acqua.

Le catture più abbondanti si sono verificate con un range termico compreso tra i 18°C e 23°C e livelli idrici all'interno dei canali di scolo non inferiori a 15 cm. Lo studio si è limitato ad una zona alquanto ristretta (circa 10 km²) nell'ambito di un bacino molto più ampio e pertanto gli esiti ottenuti costituiscono una prima indicazione sulla popolazione di *Procambarus clarkii* nel bacino oggetto di studio, ma non può essere ritenuta rappresentativa dell'intera area.

I risultati ottenuti necessitano comunque di ulteriori approfondimenti al fine di valutare le strategie di controllo di tale specie considerando anche una possibile azione di cattura programmata in determinati periodi dell'anno per ridurre il numero di soggetti presenti in una determinata zona.

ABSTRACT

The Red Crayfish (*Procambarus clarkii*) is a crustacean of North American origin, diffused in marshy areas of Louisiana and introduced on the European Continent around 1900 and - in particular – on Spain since 1973 and then it spread to many European countries, including Italy. For its aggressiveness and adaptability to different environmental conditions, at present, the population is growing and represents a threat to the local - animal and vegetal - biodiversity.

The trial started in 2011, for an initial monitoring work of Red Crayfish, in a area near Padova called “Bassa Padovana”. The research period started in June and lasted until November and was conducted on three drainage channels managed by the “Consorzio di Bonifica Adige Euganeo”, who followed the research in some aspects. The catches were done by means of cages with mesh nets - size 4x4 millimeters - equipped with baits to attract animals.

The results obtained showed significant differences for numbers of subjects captured and crayfish size, in relation to the sites and to the season of sampling. The reasons of these differences could be mainly attributable to the seasonal maintenance works on the drainage channels carried out by the Consorzio, to the typology of drainage channels, to the characteristics of backdrop and to the water quality.

The catches more abundant occurred at a temperature range of 18-23°C, with a water level, inside the channels, not inferior to 15 centimeters.

The study considered an area of about 10 km² placed inside a much larger dock; for this reason, the results obtained are preliminary informations about the population of *Procambarus clarkii* in Bassa Padovana.

Finally, the results obtained require further study, also for considering a possible control strategy of populations by means captures throughout the year, with the aim to reduce the number of crayfish and the negative impact on the biodiversity of this area.

1. INTRODUZIONE.

Una delle maggiori minacce alla biodiversità sono le invasioni biologiche che si manifestano attraverso l'influsso negativo sulle comunità presenti in una determinata zona e su tutto l'ecosistema. L'impatto ecologico di un invasore dipende anche dalla posizione che occupa nel contesto trofico dell'ecosistema oggetto di invasione (Geiger et al., 2005).

Specie che interagiscono con parecchi livelli trofici, influenzano la struttura dell'ecosistema ed hanno un impatto più intenso rispetto a quelli che interagiscono con un singolo livello trofico. Secondo Power e Tilman (1996) le specie con forti interazioni o specie chiave, avranno un maggiore impatto rispetto a quelle con deboli o poche interazioni.

La rimozione di una specie che ha già stabilito dei contatti trofici con specie locali (autoctone) potrebbe produrre effetti secondari non prevedibili sulla comunità invasa, pertanto una comprensione del ruolo di una specie aliena nel contesto trofico è cruciale, non solo per scopi predittivi ma anche per stimare le conseguenze delle misure di controllo.

I gamberi sono stati introdotti in molti corpi idrici per lungo tempo; sono onnivori notevolmente attivi e occupano posizioni chiave sia negli ecosistemi naturali che in quelli dove sono stati rilasciati (Holdich, 2002).

Foto 1. Esemplare di *Procambarus clarkii*



L'impatto e le variazioni ecologiche che essi causano in ecosistemi naturali una volta introdotti sono elevati. Questi organismi mancano di efficienti sistemi di dispersione (uova facilmente trasportabili dalla corrente o stadi larvali altamente mobili), hanno così un basso potenziale naturale di dispersione rispetto alle piante o agli invertebrati quali insetti o molluschi.

L'uomo tuttavia è stato d'aiuto nel far superare questo punto svantaggioso del gambero attraverso continue traslocazioni. Una volta introdotto in un nuovo ambiente forma popolazioni stabili seguite da rapide espansioni nel contesto idrico occupato. Una specie invasiva presenta diverse caratteristiche biologiche ed ecologiche che determinano sia il processo di dispersione che quello di stabilità in un nuovo habitat.

Per quanto attiene il gambero della Louisiana, o gambero rosso (*Procambarus clarkii* foto 1) il successo riproduttivo è assicurato dalla produzione di spermatofores nei maschi e da un elevato numero di uova prodotte nelle femmine (circa 600 uova/femmina). Non sembra che ci sia riproduzione asessuata o partogenica. Il gambero rosso si può riprodurre più di una volta l'anno se le condizioni ambientali sono favorevoli, adattando la taglia corporea della maturità sessuale alle condizioni ambientali (periodo idrico, condizioni alimentari).

Nelle prime fasi di vita, dopo la schiusa delle uova, i giovani sono trasportati dalla madre durante il periodo in cui sono più vulnerabili per i predatori e raggiungono la maturità entro alcuni mesi. Le condizioni ambientali della zona in cui vivono sono simili a quelle delle zone umide, con acque a lento corso e stagnanti di palude con possibilità di aridità estiva. In particolare il (*Procambarus clarkii*) si adatta molto bene a superare questi periodi siccitosi scavando profonde tane nel terreno (fino a 2 m di lunghezza), che possono raggiungere anche la falda acquifera sottostante, permettendo ai gamberi di rimanere in vita fino alla successiva stagione piovosa.

Il gambero rosso è una specie opportunistica, onnivora che accetta velocemente nuovi alimenti e questo è un ulteriore punto favorevole quando arriva in un nuovo habitat. Per queste caratteristiche che si concretizzano in un facile allevamento e in alta produzione viene utilizzato come fonte alimentare, come esca e come animale da laboratorio e pet.

Nella tabella 1 vengono riassunte le varie caratteristiche ecologiche che consentono al gambero rosso la dispersione e la conquista di nuovi habitat, essendo considerato una specie invasiva.

Tabella 1. Caratteristiche ecologiche del *Procambarus clarkii* (Geiger et al, 2005)

	Assente	Bassa	Media	Alta
Alta capacità di dispersione attraverso uova o stadi larvali molto mobili		X		
Capacità di riprodursi assessualmente	X			
Alta fecondità			X	
Breve tempo generazionale e stadio di sviluppo giovane			X	
Veloce adattamento a stress ambientali				X
Alta tolleranza alla eterogeneità				X
Interesse da parte dell'uomo (edibilità e pesca)				X
Alimentazione onnivora				X
Cure alla nidata				X

Inoltre predilige il detritico ricco di batteri. Invertebrati bentonici e planctonici, e materiale verde succulento.

Questa specie tollera:

- Basse concentrazioni di ossigeno.
- Periodi di siccità.
- Ampio range di salinità e acidità.

In Italia si sta diffondendo in alcune zone del Po, in particolare in Piemonte, e nel fiume Reno in Emilia Romagna, e in tutta la Bassa Padovana e Rovigo.

Sono molto diffusi nelle risaie di Vercelli e Pavia i danni sono legati alla presenza di tane profonde che inducono al collassamento degli argini oltre all'utilizzo delle piante adulte di riso. È diffuso anche in Toscana dopo che un allevamento ha disperso i soggetti nel lago di Massaciuccoli (LU) da cui poi si è spinto in diverse zone della regione.

Tale specie è in grado di vivere anche a elevate altitudini.

1.1. Presenza del gambero d'acqua dolce in Europa.

La pesca dei gamberi d'acqua dolce in Europa per il consumo umano era un'abitudine diffusa in molte zone del continente. Avveniva anche uno scambio tra le varie specie di gambero per aumentarne l'utilizzo e questo influì sull'estinzione di alcune popolazioni. Per rimpiazzare la scomparsa si introdussero specie alloctone. Questo in particolare durante il 19° secolo (Lodge et al., 2000).

L'America centro-settentrionale ospita il maggior numero di gamberi viventi: 12 generi appartenenti a due famiglie e 320 specie e sottospecie.

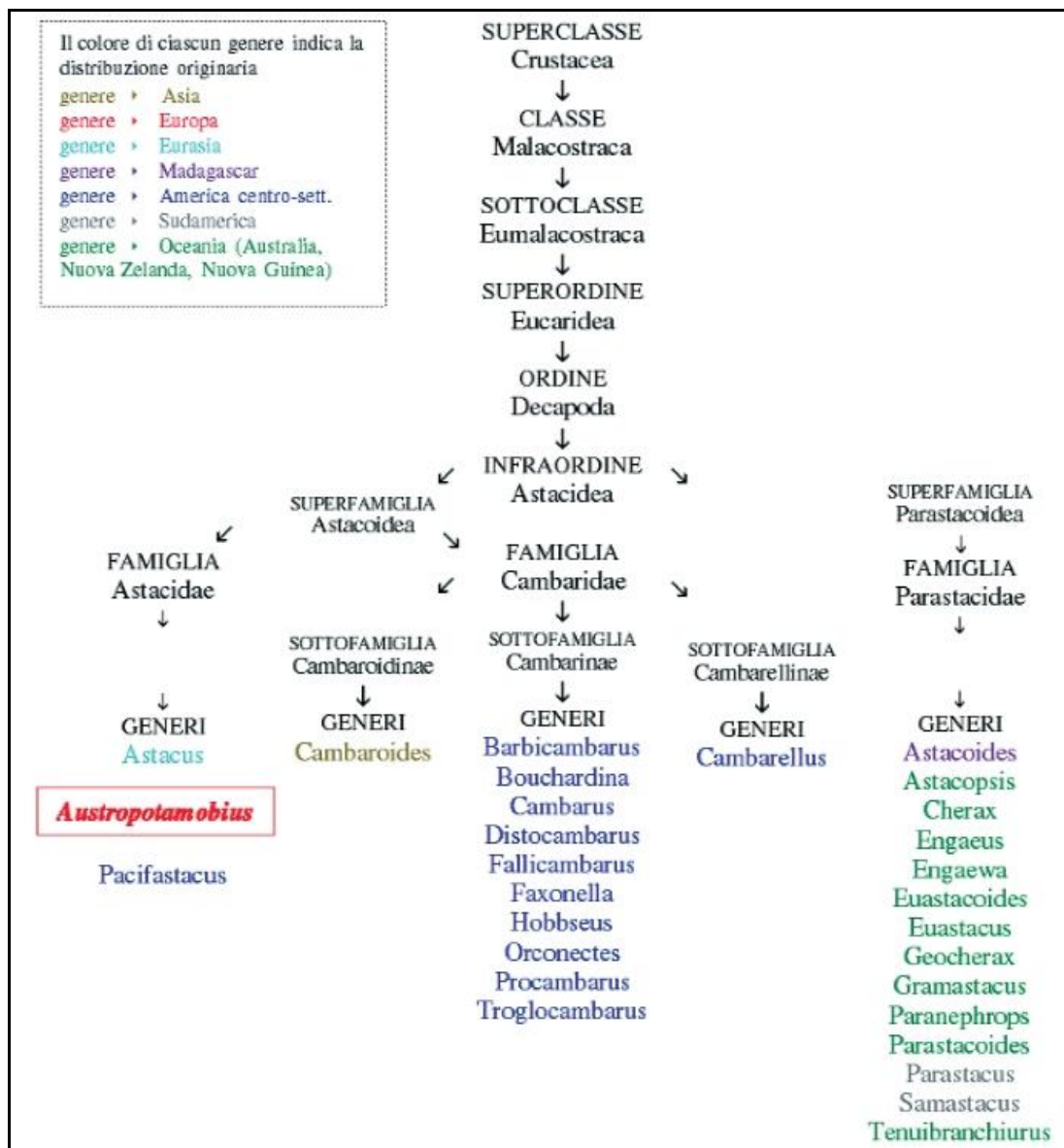
In Australia vivono i più grandi gamberi del mondo: l'*Astacopsis gouldi*, anche se ormai raro, può raggiungere il peso di 4 kg circa, mentre il più diffuso *Cherax tenuimanus* raggiunge circa 2,3 kg di peso. Sembra che tutti i gamberi derivino da un progenitore di acque marine (*Prostacus*) che si è differenziato in due forme, una boreale (che dà origine agli Astacoidei) e una australe (Parastacoidei) che poi si è insediata in acque dolci. La terza forma si sarebbe fermata nelle acque salate (astici e scampi).

I gamberi d'acqua dolce sono a grandi linee suddivisibili in base al tipo di habitat:

- 1) Astacidi: acque temperate (calme o correnti a seconda delle specie);
- 2) Cambaridi e parastacidi: acque temperate e tropicali;
- 3) Specie cavernicole: *Cambarus*, *Orconectes*, *Procambarus*;
- 4) Acque sotterranee: *Troglocambarus*

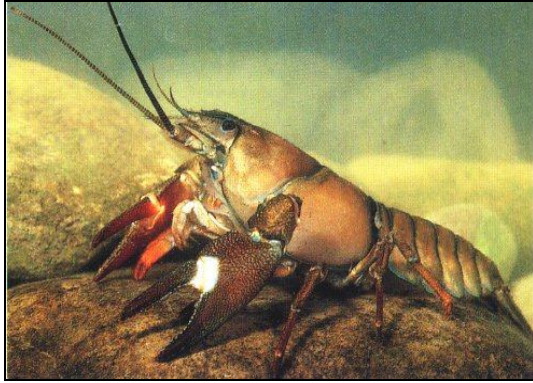
Nella figura 1 vengono descritte le varie posizioni tassonomiche dei gamberi d'acqua dolce presenti nel mondo. La legenda in alto a sinistra indica con il colore l'origine di provenienza dei generi.

Figura 1. Classificazione dei gamberi d'acqua dolce (secondo Bowman e Abele, 1982 e Hobbs, 1974)



1.2. Specie alloctone di gambero introdotte in Europa.

Foto 2. *Pacifastacus leniusculus*. Origine: Nord-America. Nome comune: astice della California



Fonte: www.aquasnail.blogspot.it

Foto 3. *Orconectes immunis*. Origine: Nord America



Fonte: www.commonswikimedia.org

Foto 4. *Astacus leptodactylus*. Origine: Est Europa. Nome comune: gambero turco



Fonte: www.zoology.fns.uniba.sk/poznavacka/crustacea.htm

Foto 5. *Orconectes limosus* .Origine: Nord America. Nome comune: gambero americano



Fonte: www.neozoen-bodensee.de/neozoen/orconectes-lim

Foto 6. *Procambarus clarkii*. Origine: Nord America. Nome comune: Gambero rosso della Louisiana



Fonte: www.pubblicitaitalia.com

Foto 7. *Cherax destructor*. Origine: Australia Nome comune: Yabby



Fonte: www.nswaqua.com.au/fish-species/crayfish/

Va ricordato che lo sfruttamento indotto dalla pesca con finalità sia ricreativa che commerciale non è stata l'unica causa della drammatica riduzione delle popolazioni di gambero locale europeo che in alcune zone si è estinto. Altre cause che hanno contribuito in maniera sostanziale al suo declino sono riconducibili all'alterazione di natura antropica della qualità dell'ecosistema fluviale dovuto alla contaminazione, al cambiamento della vegetazione fluviale o al fatto di dragare il fondale (Alderman e Polglase, 1988; Taugbol et al., 1993), l'introduzione di specie esotiche portatrici di patologie (Smith e Soderhall, 1986; Taugbol e Skurdal, 1993; Dieguez-Uribeondo et al., 1997; Holdich 1997, 1999) e competitori con la specie autoctona per rifugi e alimento (Hill e Lodge, 1999).

La più diffusa patologia portata dal gambero nord americano è l'afanomicosi, prodotta da un micete *Aphanomices astaci*, che risulta letale per i gamberi autoctoni europei (Unestam, 1972; Dieguez-Uribeondo et al., 1995; Alderman, 1996).

La presenza di tale micete ha ridotto drasticamente le specie autoctone europee inducendo l'introduzione di gamberi alloctoni per rimpiazzare gli stock d'origine.

L'introduzione del *Procambarus clarkii* (foto 6) in Europa è avvenuta nel 1973, in Spagna, per due finalità: la prima per questioni commerciali, la seconda per compensare la perdita del gambero locale o inserito dove non era presente. Su quest'ultimo caso si pensava che l'introduzione di tale specie dove mancava non avrebbe indotto problemi presupponendo che avrebbe occupato una nicchia vuota.

In realtà in 30 anni il gambero rosso ha occupato l'intera regione mediterranea e l'Europa.

Per molti fattori legati alle attività umane, l'importanza economica di questa specie, la sua commercializzazione in vivo e le ripetute traslocazioni per finalità economiche e ricreative hanno portato ad un'ampia diffusione.

Dalla Spagna ha quindi raggiunto le isole Baleari, Canarie e il continente europeo con Portogallo, Cipro, Regno Unito, Francia, Italia, Olanda, Svizzera (Geiger et al 2005).

1.3. Impatto del gambero rosso sulle macrofite.

In molti ecosistemi il gambero occupa una posizione centrale nel contesto trofico con un ruolo sia di predatore che di preda. Come animale opportunista, onnivoro, esso include nella sua dieta macrofite sommerse, alghe, invertebrati, e materiale detritico (Lodge e Hill, 1994; Momot, 1995; Guteierrez- Yurrita et al., 1998). Mangia insetti, crostacei, molluschi e anellini che è in grado di cacciare (Huner, 1981).

Le specie invasive di gambero puliscono il letto dalle macrofite alterando pertanto le caratteristiche dell'ecosistema quali l'eterogeneità dell'habitat o la composizione di invertebrati associati con le macrofite stesse, inoltre si nutrono di molte specie di invertebrati riducendo la loro abbondanza (Nystrom et al., 1996; Perry et al., 1997). La dieta del gambero varia con la taglia corporea e quindi con l'età. Quello di piccole dimensioni è principalmente carnivoro, mentre l'individuo più grande è principalmente erbivoro (Abrahamsson- 1966; Lorman e Magnuson, 1978). Il cibo di origine animale è molto importante per gli stadi giovanili più che per gli adulti (Marcal-Correia, 2003). Poiché il gambero non può nuotare i soggetti per pascolare si concentrano sulla zona del fondale dove con particolare riferimento ai giovani, possono cacciare organismi planctonici tramite le parti della bocca che agiscono come filtri. Il materiale vegetale vivente verde è un'importante fonte di carotenoidi alimentari ed è parte della dieta (Huner, 1981).

Altri studi indicano che il principale alimento per il gambero rosso sia il detrito vegetale (Lorman e Magnuson, 1989); una volta morte le piante sommerse si coprono velocemente di uno strato di batteri e funghi che usano il suddetto materiale come fonte energetica. Il materiale morto è di scarso valore energetico per il gambero rosso, ma rappresenta un buon apporto proteico dato dallo strato di batteri e funghi.

Molti autori riportano come l'impatto sulle macrofite dipenda dalla densità del gambero la cui dieta è rappresentata per circa il 75% da piante (Geiger et al., 2005). In generale l'impatto dell'alimentazione del gambero sulle macrofite dipende dalla combinazione di tre fattori:

- 1) Il tipo di macrofita (differenza tra specie, biomassa iniziale, forma di crescita, palatabilità);
- 2) Tipo di gambero (differenza tra specie, tra sessi, taglia individuale e attività individuale);
- 3) Abbondanza di prede alternative.

Il gambero rosso ha un carattere alimentare prevalentemente erbivoro nei suoi luoghi di origine, la Louisiana. La sua alimentazione è a livello bentonico, disturba e rispinge il sedimento che porta ad un aumentato rilascio di nutrienti. Questo porta ad un deterioramento della qualità dell'acqua, aumentata torbidità e contenuto di nutrienti e ridotta disponibilità di

luce per le macrofite sommerse. Si ciba prevalentemente di invertebrati acquatici, con una chiara preferenza per gli artropodi (copepodi e ostracodi) e gasteropodi, larve di insetti e pesce (Gutierrez-Yurrita et al., 1998).

Il cannibalismo è diffuso tra i soggetti di grandi dimensioni (> 30 mm di lunghezza del carapace) e pari a circa il 20%. Non vi sarebbero differenze nelle preferenze alimentari tra maschi e femmine. Se la zona dove il gambero è presente è povera di fauna invertebrata, l'assunzione di alimenti proteici avviene attraverso il cannibalismo o predazione di pesce.

1.4. Effetto del *P. clarkii* sulle popolazioni di macroinvertebrati.

Sembra che la presenza del gambero rosso abbia portato all'estinzione di due specie di gasteropodi in Spagna (Montes et al., 1993): *Lymnaea stagnalis* (foto8) e *Lymnaea peregra* (foto9).

Foto 8. *Lymnaea stagnalis*



Fonte: www.freenatureimages.eu

Foto 9. *Lymnaea peregra*.



Fonte: www.animalspot.net

Foto 10. *Austropotamobius pallipes*



Fonte: www.wikipedia.org

Va ricordato che è stato introdotto in Kenia per ridurre la popolazione di lumache e di patologie portate da queste ultime (Rosenthal et al., 2001) e in America per contenere la lumaca gigante *Marisa cornuarietis*. Sembra sia responsabile anche della scomparsa del gambero autoctono (*Austropotamobius pallipes* foto 10).

Va tuttavia chiarito se tale fatto è da attribuire ad una diretta competizione con la specie indigena o se il *Procambarus clarkii* ha invaso zone dove il gambero locale si era già rarefatto per altri meccanismi. Bisogna ricordare che le esigenze ambientali, temperatura, qualità dell'acqua e substrato tra le due specie sono profondamente diverse (Geiger et al., 2005) Il *P. clarkii*, preferisce elevate temperature, substrati di argilla-limo per costruire le tane ed è più tollerante alla bassa qualità dell'acqua, mentre l' *Austropotamobius pallipes* vive in acque temperate fredde con substrato grossolano ed è sensibile a bassi livelli di ossigeno ed elevate concentrazioni di nutrienti (Gil-Sanchez e Alba-Tercedor, 2002). Il ripristino di popolazioni di gambero locale dove questo è scomparso, può risultare sconveniente, perché la specie aliena è un vettore di afanomicosi, così la specie autoctona è vulnerabile (Geiger et al., 2005).

1.5. Relazione tra *Procambarus clarkii* e predatori.

Il *P. clarkii* fa parte della dieta di pesci, uccelli e mammiferi (tabella 2) che lo utilizzano in modo diverso a seconda della specie, della stagione e del tipo di studio (Geiger et al., 2005).

Nei mammiferi la percentuale di presenza nella dieta è più bassa in inverno (1,6%) perché durante questa stagione c'è meno disponibilità di gamberi, mentre è più alta in estate (76.3 %) preferendo individui di taglia medio-piccola.

Anche per gli uccelli che utilizzano il gambero le maggiori presenze nello stomaco si ritrovano in estate quando la densità è elevata. Come i mammiferi, gli uccelli utilizzano soggetti sopra la taglia minima per la maturità, ma sotto quella di adulti maturi. In tale modo si riduce la competizione intraspecifica tra gamberi e tale fatto produce adulti di grande taglia che potranno produrre un più elevato numero di soggetti (Correia, 2001).

La predazione da parte di mammiferi e uccelli sortisce quindi l'effetto di rinnovare la popolazione e non di influenzarla negativamente.

Tabella 2. Specie animali che predano il gambero rosso (geiger et al., 2005)

MAMMIFERI	NOME COMUNE
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Lutra lutra</i> • <i>Vulpes vulpes</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Lontra • Volpe
UCCELLI <ul style="list-style-type: none"> • <i>Gelochelidon nilotica</i> • <i>Nycticorax nycticorax</i> • <i>Egretta garzetta</i> • <i>Ardea cinerea</i> • <i>Ardea purpurea</i> • <i>Black-backed gull</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Sterna zampenere • Nitticora • Garzetta • Airone cenerino • Airone rosso • Gabbiano zafferano
PESCI <ul style="list-style-type: none"> • <i>Esox lucius</i> • <i>Micropterus salmoides</i> • <i>Anguilla anguilla</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Luccio • Persico trota • Anguilla

Tra i pesci l'anguilla (*Anguilla anguilla*) sembra essere il più importante predatore, che può essere considerato un efficace organismo di controllo biologico come è avvenuto in un lago svizzero.

Purtroppo l'anguilla risulta essere anche predatrice di uova di pesce di avannotti oltre che di anfibi e rettili e pertanto la sua utilizzazione va considerata attentamente.

Altre due specie ittiche predatrici del gambero sono il luccio (*Esox lucius*), il quale cattura esemplari di dimensioni pari a circa 7-9 cm di lunghezza totale, e il persico trota (*Micropterus salmoides*) entrambe alloctone.

1.6. Il *Procambarus clarkii* come vettore di agenti patogeni.

Le specie alloctone di gamberi, risultano essere vettori di numerose malattie che colpiscono quello autoctono riducendone la presenza (Geiger et al., 2005)

Il primo è il più diffuso *Aphonomices astaci*, un fungo parassita saprolegnaceo adatto a vivere sulla cuticola del gambero. La sua azione devastatrice in Europa risale al 1890 poi acuitasi negli anni 1960-70.

Tre specie di gambero del Nord America presenti in Europa sono portatori di questo fungo (*Pacifastacus leniusculus*, *Orconectes limosus*, *Procambarus clarkii*).

Un'altra patologia è data dalla psorospermiasi, prodotta da *Psorospermium haeckeli*, un protista. Resta ancora in dubbio se il gambero rosso possa trasmettere patologie all'uomo quali la tularemia *Francisella tularensis*.

1.7. La pesca del *Procambarus clarkii*.

L'utilizzo di questi gamberi presenti nell'ambiente naturale come alimento potrebbe essere una soluzione per consentire il controllo di questa specie che presenta un' elevata capacità di adattamento nei periodi di asciutta.

Tutta la pesca di questi gamberi comporta problemi di alterazione dell'habitat dovuta al continuo uso dell'area da parte dei pescatori e la pesca di specie non-target che entrano nelle gabbie di cattura (Geiger et al., 2005).

L'aumento annuale dei gamberi è altamente stagionale con punte massime nella tarda primavera e nella tarda estate. La pesca del gambero va quindi attentamente valutata sotto diversi punti di vista.

1.8. Aspetti anatomici e fisiologici del gambero rosso.

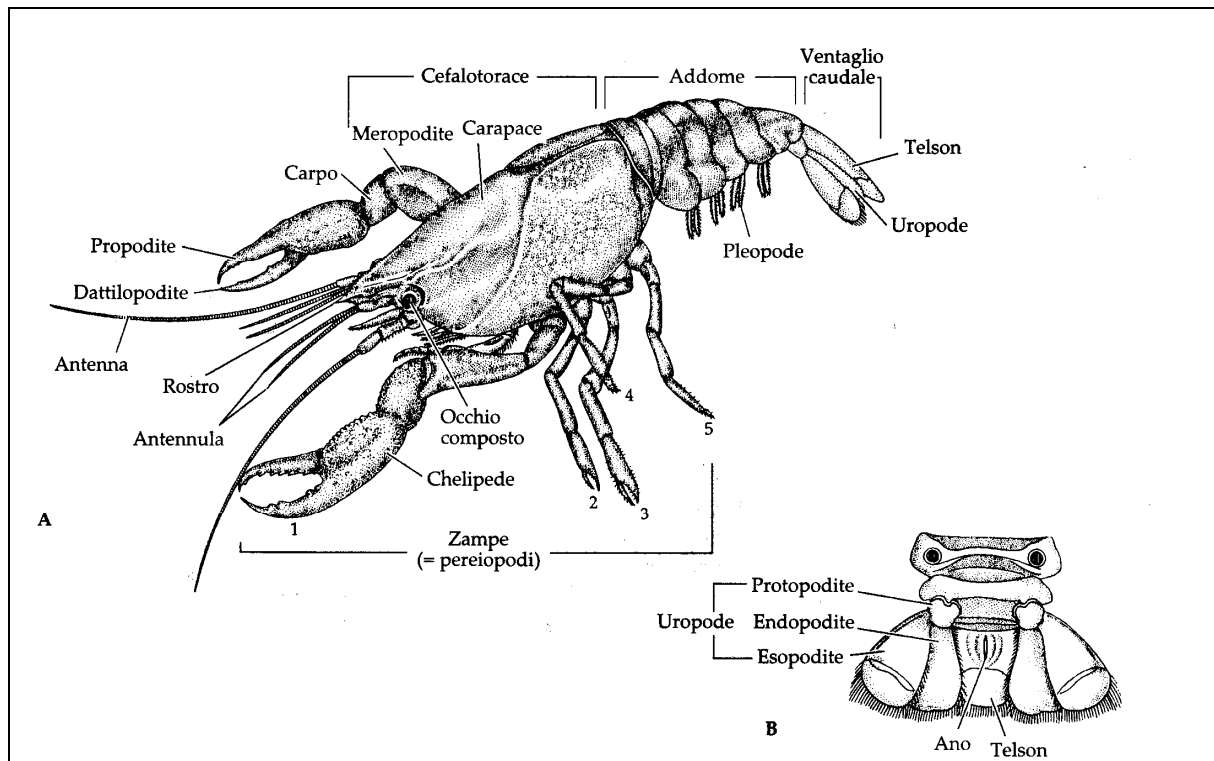
il corpo dei gamberi è rivestito da esoscheletro chitinoso, notevolmente irrobustito dall'infiltrazione di sali di calcio ed è diviso in 20 segmenti, di cui 14 costituiscono il cefalotorace e sei la regione addominale.

La struttura di ogni arto è riconducibile, malgrado l'apparente eterogeneità, ad una organizzazione comune: una parte basale divisa da coxopodite e basipodite denominata protopodite, da cui si dipartono un ramo esterno (esopodite) ed uno interno (endopodite), sono elementi più o meno facilmente riconoscibili nelle diverse appendici.

Nel cefalotorace sono distinguibili cinque paia di arti toracici o pereiopodi, di cui uno trasformato in chele, robuste e ben sviluppate in quasi tutte le specie; le successive due paia sono fornite di piccole chele con funzionamento prensile (chelipedi) mentre le ultime due ne sono generalmente sprovviste (figura 2) . Gli arti addominali sono esili e poco sviluppati, ad eccezione delle prime due paia nei maschi trasformate in arti copulatori (gonopodi), mentre nelle femmine il primo paio è ancora più ridotto degli altri; ne sono presenti cinque paia, cui va aggiunto un sesto paio trasformato in uropodi a forma di paletta, la cui funzione è quella

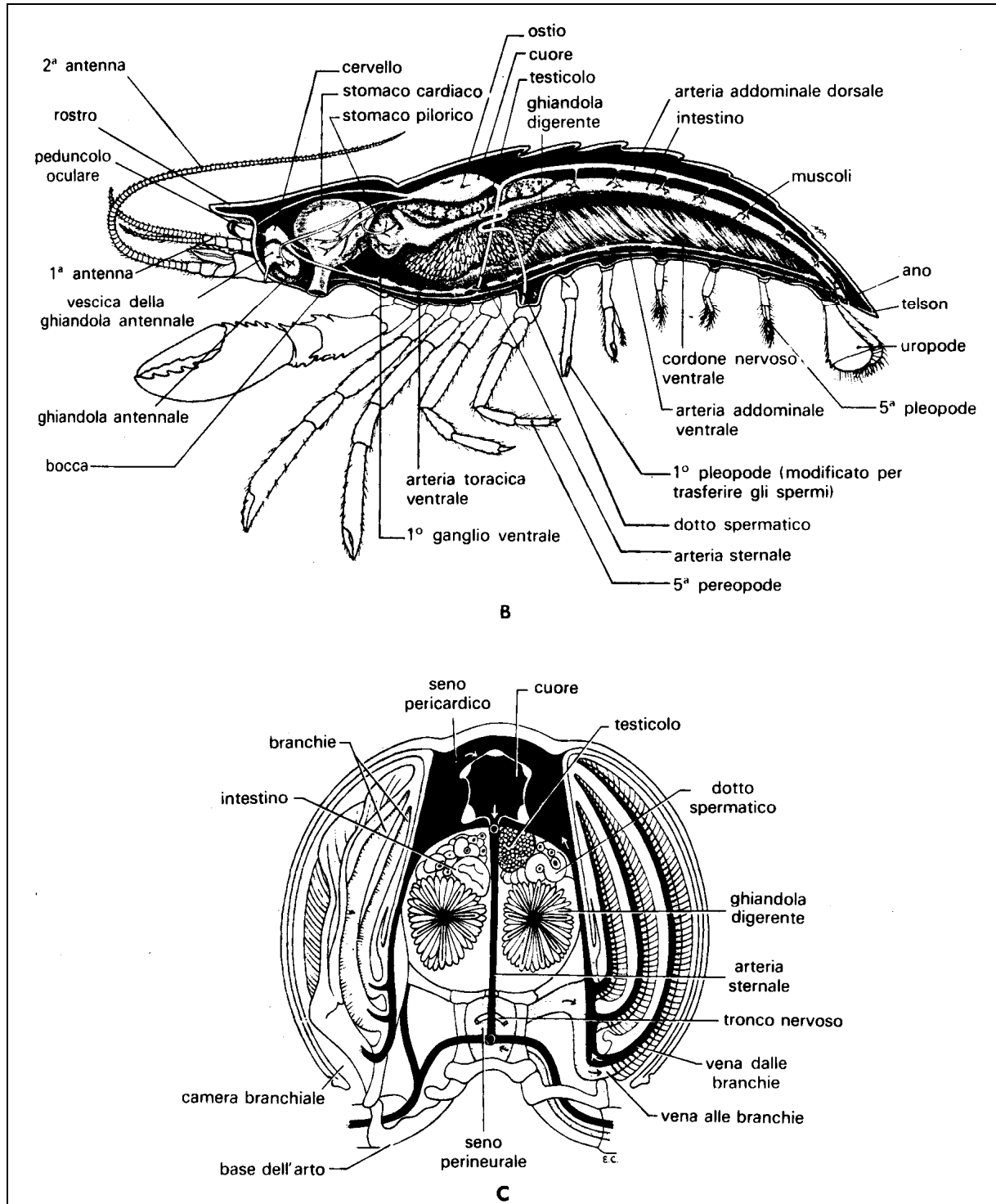
di aumentare ulteriormente la spinta propulsiva della coda, e nelle femmine di proteggere le uova quando l'addome viene ripiegato. I maschi hanno una taglia maggiore delle femmine (ma non sempre), chele più sviluppate, addome più stretto. Tali differenze assumono grande importanza durante il periodo riproduttivo (Mancini, 1986).

Figura 2. Struttura esterna dell'esoscheletro



Fonte: www.invertebrati.info/articoli_file/anatomiacrostacei_file/anatomiaesterna.htm

Figura 3. Anatomia interna del gambero



Fonte: www.invertebrati.info/articoli_file/anatomiacrostacei_file/anatomiaesterna.htm

1.8.1. Organi di senso.

Gli occhi del gambero sono posti all'estremità di peduncoli mobili localizzati ai lati del rostro (figura3).

L'organizzazione dell'occhio fornisce al gambero una visione a mosaico risolvendosi però in condizione di scarsa luminosità, in visione continua, sia pure nel complesso meno nitida di quella a mosaico. Odori e stimoli tattili provenienti dall'esterno vengono recepiti da un esteso sistema pilifero; peli tattili, proiezioni della cuticola collegate a cellule nervose, sono soprattutto in corrispondenza degli arti, del telson, della bocca e delle antenne, mentre deputati alla percezione degli odori sono anche i peli delle antennule, oltre che delle appendici corporee sopra citate (Mancini, 1986).

1.8.2. Sistema neuromuscolare.

Il sistema nervoso del gambero, è di tipo gangliare (figura3), con un paio di gangli per ogni segmento riuniti da una commissura trasversale e collegati da una connessura longitudinale alle coppie adiacenti.

È presente inoltre un complesso gangliare sottoesofago, localizzato dietro la bocca, cui segue una catena gangliare ventrale, costituita da sei paia di gangli addominali: questi ultimi innervano soprattutto i robusti muscoli motori dell'adome (flessori ed estensori), costituenti la porzione più cospicua della muscolatura del crostaceo la quale, come avviene tipicamente negli artropodi, prende attacco sull'esoscheletro (Mancini, 1986).

1.8.3. Apparato digerente.

Il cibo viene portato con le chele alla bocca, dove sono presenti numerosi peli tattili che hanno il ruolo di captare le particelle alimentari. Attraversato il corto e ampio esofago, il cibo si riversa in un vasto sacco stomacale, dove sono insediati numerosissimi microrganismi che favoriscono la degradazione delle sostanze vegetali. All'interno dello stomaco sono presenti formazioni calcificate simili a denti che servono per tritare ulteriormente il cibo prima che esso passi nell'intestino vero e proprio, dove viene sottoposto all'azione dei succhi digestivi che lo rendono atto all'assimilazione (figura 3). Le feci vengono espulse attraverso l'ano, aprendosi nella faccia inferiore del telson (Mancini, 1986).

1.8.4. Apparato circolatorio.

Nei gamberi la circolazione è di tipo aperto lacunare. I pigmenti respiratori del liquido circolatorio (emolinfa) sono associati alla frazione liquida (plasma) e non agli elementi cellulari (corpuscoli ameboidi). Il cuore (figura 3) è situato nel seno pericardico ed è provvisto di 3 aperture riceventi, e munite di valvole che impediscono il reflusso dell'emolinfa. Dal cuore si dipartono anteriormente: un'arteria oftalmica (al cervello), un paio di arterie epatiche; posteriormente si dipartono: un'arteria addominale posteriore (irrorante muscoli addominali e intestino) ed un'arteria sternale irrorante sia le appendici toraciche che quelle addominali (Mancini, 1986).

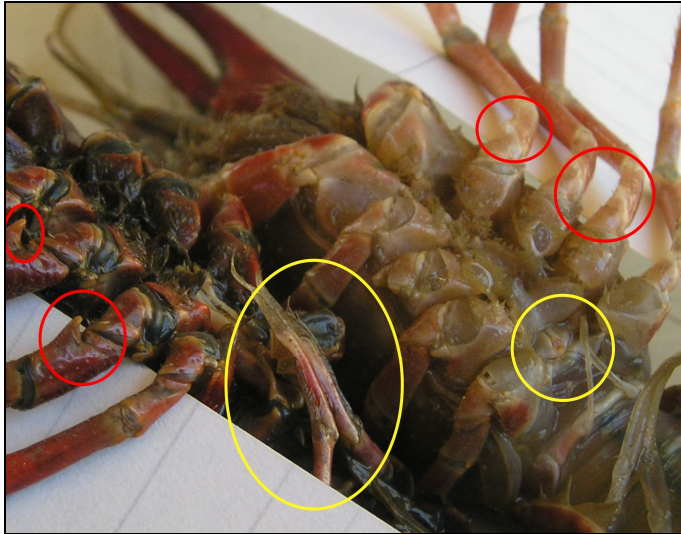
1.8.5. Apparato respiratorio.

Le camere branchiali (figura3), delimitate dal carapace del cefalotorace, sono ampiamente comunicanti con l'esterno e attraversate da una corrente d'acqua costante prodotta dall'azione di un'appendice della seconda mascella (scafognatite). In ogni camera branchiale sono identificabili 18 appendici branchiali ben sviluppate: due prendono origine alla base degli ultimi due massillipedi, quattro alla base dei primi quattro arti toracici, 11 attaccate alla membrana delle articolazioni tra le appendici e un corpo e, infine, una pleurobranchia attaccata alla parete del torace, all'altezza del terzo segmento (Mancini, 1986).

1.8.6. Apparato genitale.

Nel maschio è composto da due testicoli, due canali deferenti e relative ghiandole androgene. I testicoli, situati dorsalmente nella regione toracica sono fusi posteriormente (figura 3), assumendo una caratteristica configurazione a Y: da ciascuno di essi si diparte uno spermidotto assai lungo, che sbocca in prossimità di una papilla genitale a livello del quinto paio di pereopodi (ultimo segmento toracico). Nei maschi, le prime due paia di pleopodi (arti addominali) sono robuste e sclerificate, nettamente distinguibili dalle altre e trasformate in organi copulatori (gonopodi) i quali trasferiscono lo sperma alla femmina, il primo paio di gonopodi trasferisce il seme mentre il secondo paio preme posteriormente per facilitare l'ejaculazione. Il numero di uova deposte varia in funzione della specie nonché della taglia della riproduttrice: in pratica da poche decine di unità fino ad oltre un migliaio (Mancini, 1986).

Foto 11. Due esemplari di *Procambarus clarkii*: a destra la femmina, a sinistra il maschio.



■ Differenza degli organi riproduttori tra maschio e femmina

■ Differenza delle zampe tra maschio e femmina

Nel maschio di sinistra (foto 11) si può notare (evidenziato in giallo) il primo pleopode modificato per trasferire alla partner gli spermatozoi durante l'accoppiamento, mentre nella femmina a destra vengono evidenziati, sempre in giallo, gli orifizi genitali.

Indicati in rosso (foto 11) nel maschio a sinistra, vengono evidenziati piccoli denti uncinati alla base del terzo e quarto paio di pereopodi, che nella femmina sono assenti. Attraverso queste sporgenze il maschio durante l'accoppiamento riesce a trattenere meglio la femmina.

1.8.7. Aspetti riproduttivi.

La maturità sessuale viene raggiunta a 3-4 mesi di vita. L'accoppiamento (foto 12) ha luogo 2-3 volte in un anno nelle regioni tropicali, 1-2 volte in quelle subtropicali e nel nostro paese. Ogni femmina può portare fino a 700 uova per ogni ciclo riproduttivo. L'incubazione delle uova può durare, a seconda della temperatura ambientale, da 20 giorni a tre mesi.

Lo sviluppo embrionale avviene in 2-3 settimane a 22° C e in latitudini più calde, le femmine sono in grado di produrre più covate in un anno

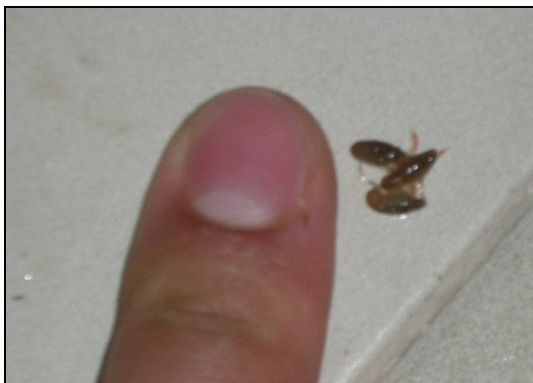
Foto 12. Accoppiamento



Foto 13. Femmina con giovani



Foto 14. Giovani di *P. clarkii*.



La strategia riproduttiva è un punto essenziale dell'ecologia delle specie invasive, in quanto determina il potenziale per l'aumento della popolazione ed il range di espansione. La riproduzione sessuale ed elevati livelli di fecondità, sono alcune delle caratteristiche più frequentemente citate, quando si elencano i criteri che promuovono l'invasione di una specie. Recenti studi hanno dimostrato che la paternità multipla è frequente tra gli invertebrati che tra i vertebrati. Il significato generale dal punto di vista evolutivo della paternità multipla e i

fattori che causano la sua variabilità come frequenza tra specie, continua ad essere fortemente dibattuto.

Il periodo riproduttivo varia in relazione al periodo idrografico e alle condizioni ambientali che determinano la maturazione di maschi e di femmine. La taglia al momento della riproduzione è in relazione alla temperatura dell'acqua, alla densità di popolazione, e alla lunghezza del periodo idrico. Il numero di uova per femmina è in relazione alla misura dell'animale, con le più elevate produzioni in quelle con maggiori dimensioni che provengono da corpi d'acqua permanenti. Una femmina sana e di grandi dimensioni produce oltre 200 giovani (foto 13-14).

Si ritiene che alcune caratteristiche della vita di questi animali quali la rapida crescita, l'elevata fecondità, il polimorfismo, la resistenza a malattie, all'inquinamento e alle condizioni ambientali estreme, facciano del *Procambarus clakii* un animale invasivo invincibile

Il contributo di ciascun maschio al numero di piccoli per ciascuna nidiata è diverso: la maggior parte della prole proviene da un primo maschio e la femmina gravida è la madre esclusiva della progenie. La maggior parte delle femmine si accoppia con maschi (da 2 a 4), nel gambero, durante la copula, viene trasferita al ricettacolo seminale della femmina una spermatofores. La paternità multipla costituisce una chance per la femmina ad assicurare la fecondazione di più uova o di selezionare lo sperma di elevata qualità per la fecondazione, migliorando il numero e la qualità dei piccoli nati.

E' importante mantenere un' elevata variabilità genetica per assicurare la produzione di un alto numero di piccoli di buona qualità e per tenere una certa dimensione della produzione; questo fatto promuove la capacità di espandersi in nuovi habitats.

La condizione di padre risulta numericamente diversa all'interno di una stessa nidiata, con un maschio responsabile della paternità della maggiore parte della stessa.

Il primo è l'ordine di accoppiamento, per il gambero il successo di fecondazione è influenzato verso l'ultimo maschio, mentre nei mammiferi avviene l'opposto, cioè verso il primo; tuttavia non si sa ancora bene per il gambero quale sia l'ordine di utilizzo dello sperma e l'intervallo di tempo durante il quale lo sperma può sopravvivere stoccato nella femmina.

Si può pertanto concludere che la paternità multipla è comune in differenti habitats che si differenziano per condizioni ambientali, il numero medio di maschi per nidiata ed il numero di piccoli per femmina non risulta differente in habitats e aree con condizioni ambientali diverse.

Un secondo fattore che influenza la qualità della prole è la taglia sia del maschio che della femmina.

Nelle condizioni di laboratorio, la taglia corporea è selezionata da entrambi i sessi. La competizione maschile e quella dello sperma sono tipiche di molti sistemi di accoppiamento poliandrici con una trasversalità di accoppiamento da parte dei maschi. La paternità multipla può sostituire l'opportunità per le femmine di selezionare maschi differenti per accoppiarsi o selezionare il migliore sperma per la fecondazione delle loro uova comportando così, l'obliquità riproduttiva maschile e aumentando le prestazioni delle nidiatae. L'obliquità della paternità multipla sembra essere il maggiore meccanismo che guida l'evoluzione. Nel gambero rosso il contributo di maschi trasversali per prole aumenta la fitness della progenie. Esistono studi che dimostrano che le condizioni ambientali potrebbero influenzare la paternità multipla.

Alcune specie possono riprodursi solo in habitats specifici, mentre altre utilizzano un ampio range di condizioni ambientali. Una riproduzione di successo è una preconditione per la sopravvivenza di specie alloctone e per la loro espansione in nuovi ambienti.

Anche in acque qualitativamente scarse, la riproduzione si può verificare con successo, e pertanto si può concludere con le risposte riproduttive delle femmine che sono indipendenti alle condizioni ambientali.

L'incidenza della paternità multipla può essere relazionata a diversi fattori:

- Dimensione corporea della femmina;
- Numero di spermatozoi dei maschi;
- Densità di popolazione;
- Condizioni ambientali.

Alcuni studi hanno considerato che i maschi preferiscono individui di grandi taglie per l'accoppiamento. Si è osservato che il numero di piccoli per nidiata non è associata al numero di maschi per nidiata, suggerendo che la limitazione di spermatozoi non è un fattore che causa la paternità multipla. Dato che la densità di soggetti per unità di superficie nei due ambienti esaminati era diversa, ma non era tale la frequenza di paternità multipla o il numero di maschi per nidiata, è emerso che le molteplici generalità paterne sono indipendenti dalle condizioni ambientali.

Da indicazioni di altri autori sembra che il gambero prediliga zone con fondale fangoso/limoso e caratterizzate dalla presenza di argini piuttosto ripidi ove costruire le tane.

Va considerato la presenza di predatori ittici quali, pesce gatto e luccio che potrebbero essere attivi nei periodi di piena e restare invece confinati nelle zone più profonde durante i periodi di magra (estate- inverno).

1.9. Storia dell'allevamento del gambero rosso.

L'allevamento dei gamberi d'acqua dolce, viene chiamata anche astacicoltura, risale a non prima del 1800 e la sua nascita e il suo sviluppo risulta estranea alla cultura e alle tradizioni dell'estremo oriente, a differenza della piscicoltura (Mancini, 1986). I primi tentativi di allevamento sono stati compiuti in Francia e successivamente si sono affermati negli U.S.A., in Luisiana e in Turchia, che sono i paesi dove è più diffuso, questa attività. Si tratta di un allevamento prevalentemente estensivo che si basa sullo sfruttamento naturale di vaste regioni allagate (laghi, paludi, risaie) opportunamente seminate a gamberi. Va ricordato che l'allevamento intensivo non si è mai diffuso largamente anche per alcuni aspetti negativi che caratterizzano i crostacei, quali l'elevato cannibalismo e la muta.

Per i gamberi d'acqua dolce inoltre vi è scarsa prolificità e crescita lenta. La prolificità è inferiore a quella dei crostacei marini (migliaia di uova l'anno rispetto a centinaia di uova dei gamberi di fiume), la crescita può essere lenta nel caso di specie in acque temperate mentre, ma è più veloce nel caso di quelle di acque calde (Mancini, 1986).

Le fasi giovanili sono del tutto simili agli adulti anche dal punto di vista dell'alimentazione.

Esistono tre famiglie di gamberi (Hobbs, 1988):

Astacidi: si trovano principalmente in Eurasia, ma anche in America occidentale;

Cambaridi: principalmente diffusi in Nord America, ma anche in Asia dell'Est;

Parastacidi: principalmente circoscritti nell'emisfero meridionale.

I gamberi d'acqua dolce sono presenti in Africa, India e gran parte dell'Asia. La loro presenza in questi paesi è dovuta alle traslocazioni tra i continenti.

1.10. Introduzione del gambero rosso nei vari continenti.

Il *Procambarus clarkii* per le sue doti di adattabilità a qualsiasi clima è stato portato in vari parti del mondo per l'allevamento. La tabella 3 indica sia i continenti che i paesi coinvolti da tale fenomeno.

Tabella 3. Paesi in cui è stato introdotto il gambero rosso

AFRICA	CENTRO-SUD AMERICA	REGIONE INDO-PACIFICA	EUROPA
Sud Africa	Messico	Hawaii	Spagna
Kenya	Belize	Taiwan	Maiorca
Zimbabwe	Costa Rica	Cina	Portogallo
Uganda	Repubblica dominicana	Giappone	Francia
Sudan	Nicaragua	Hong Kong	Olanda
Zambia	Guatemala	Singapore	Germania
	Brasile	Malesia	Inghilterra
	Guyana	Tailandia	Svezia
	Venezuela	Filippine	Italia
	Colombia		Cipro
	Ecuador		

Il principio dell'uso sostenibile della biodiversità è formalizzato nell'articolo 10 del 1993 della convenzione della diversità biologica. Tra le azioni citate dichiara di “adottare misure relative all' uso delle risorse biologiche per evitare o minimizzare impatti negativi sulla diversità biologica” e “proteggere e incoraggiare l'uso doganale di risorse biologiche in accordo con le pratiche culturali della tradizione che sono compatibili con le richieste di conservazione e uso sostenibile” (Gherardi, 2011).

Un'ampia definizione di uso sostenibile compare nell'art. 2 della Convenzione della Biodiversità come “ l'uso di componenti della diversità biologica con modalità che non arrechino un declino a lungo termine della biodiversità, mantenendo pertanto il suo potenziale per coprire i fabbisogni e le aspirazioni delle generazioni presenti e future”. Più precisamente

nel documento dei Principi e Linee Guida per un Uso Sostenibile della Biodiversità di Addis Abeba (2004), l'uso sostenibile viene visto come “un mezzo valutabile per promuovere la conservazione della diversità biologica”, dato che in molte situazioni essa fornisce incentivi per la conservazione ed il ripristino legati ai benefici di natura sociale, culturale ed economica che la gente ne trae dall'uso di questa. Rilevanti evidenze dimostrano che il gambero è soggetto a numerose minacce e l'azione antropica è responsabile della perdita dell' habitat. Di 569 specie di gambero, circa il 25% è stato classificato secondo Global IUCN Red List in stato di minaccia, comprese 4 specie dichiarate estinte.

I gamberi sono una componente chiave della biodiversità nei laghi, fiumi e zone umide, il loro ruolo ecologico è cruciale per un funzionamento appropriato di tutti gli ecosistemi di acqua dolce che essi abitano.

Per molta gente, con il termine gambero, si identifica un alimento pregiato. Un'analisi dei dati più recente pubblicata dalla FAO, mette in evidenza un aumento, dall'anno 2000, della produzione globale di gambero d'acqua dolce, con un valore che supera 400 000 tonnellate nel 2008. Questo dato è dovuto esclusivamente alla cresciuta produzione di gambero rosso nella repubblica popolare cinese, in cui venne introdotto e allevato dal 1930, superando la produzione degli U.S.A.

Il gambero entra a far parte di vari usi, diretti e indiretti. Gli utilizzi diretti si riferiscono al consumo e alla produzione impiegandoli direttamente dopo la pesca e spesso su base locale.

Il secondo si riferisce alla produzione venduta in mercati nazionali e internazionali.

In Italia alla fine del XIX secolo ci fu un elevato consumo di gamberi in particolare nelle province di Belluno, Sondrio, Aquila, Perugia e Salerno, poi si instaurò anche un commercio estero con la Francia. Un'altra insidia che decimò il gambero autoctono furono le malattie tutto questo portò alla riduzione dei soggetti (Gherardi, 2011). Il suggerimento del Prof. Vinciguerra fu quello di importare il gambero rosso dagli USA perché resistente alla malattia che decimava i gamberi autoctoni, tale patologia come noto in tutta Europa. Prima del 1850 circa, epoca in cui si manifestò l'epidemia responsabile della grossa moria di gamberi, tutta l'Europa occidentale era autosufficiente nella produzione di gambero basata principalmente su *Astacus astacus* e su *Astacus pallipes*; la Svezia e Finlandia ne erano addirittura esportatori. La produzione del genere *Astacus* si è ridotta sia per eccessivo sforzo di pesca che per la micosi presente, e così ci si è rivolti alla specie nord americana *Procambarus (leniusculus e clarkii)* resistente alla micosi introdotto nel 1960 nel Nord Europa e nel 1970 nell'Europa meridionale (Gherardi, 2011).

Almeno fino al 1999, l' *Astacus astacus* rappresentava il 2-3% delle catture annuali europee (7000-8000 t) e il 27% della produzione annuale di acquacoltura europea (160 t), mentre la specie più pescata sia in ambiente di allevamento che non, era il *Procambarus clarkii* .

Tuttavia il gambero nobile (*Astacus astacus*) rappresenta il 10-20% del valore di tutti i gamberi pescati.

Va ricordato che in Norvegia, ad esempio, è vietata la cattura di *P. leniusculus* dato che non vi è ancora una presenza stabile (Gherardi, 2011).

Secondo Gherardi (2007) la produzione di specie alloctone non è un'attività sostenibile perché si verificano fughe dai siti di allevamento nell'ambiente esterno con conseguenze drammatiche per l'integrità degli ecosistemi invasivi. Le popolazioni selvatiche di gamberi non autoctoni possono determinare costi diretti alla società. Il comportamento che caratterizza il *P. clarkii*, riconducibile alla capacità di scavare gallerie è un problema nell'ambiente agrario, e nei campi da golf, fiumi, e laghi (Anastacio e Marques, 1997; Anastacio et al., 2005).

I tentativi di controllo delle specie alloctone sono estremamente costosi da indicazione di autori scozzesi il costo per eradicare il *P. leniusculus* è di circa 250 000 sterline ogni cinque mesi.

Sono altrettanto costosi i tentativi di reintroduzione di specie autoctone estinte, per effetto di quelle alloctone: in California si parla di 4.5 milioni di dollari.

D' altra parte le specie alloctone minacciano la salute umana e quella degli animali domestici o semi-domestici. Un esempio è rappresentato dal *P. clarkii* che:

spesso vive in aree contaminate da fognature e residui tossici industriali accumulando elevate quantità di metalli pesanti nei tessuti (Geiger et al., 2005);

consuma cianobatteri che possono produrre intossicazioni letali agli animali e umani (Carmichael, 1988);

Può fungere da agente di trasmissione del batterio *Francisella tularensis* responsabile della tularemia (Anda et al., 2001).

Può essere un'ospite intermedio di elminti parassiti dei vertebrati (Gherardi, 2007).

Nonostante vi siano indicazioni che riportino come i gamberi siano indicatori di ambienti poco alterati dall'uomo, sia in termini di vegetazione che di qualità dell'acqua, esistono evidenze recenti che attestano come *A. pallipes* in alcuni paesi sia considerato un gambero di fogna in grado di vivere in acque di qualità alterata. I gamberi possono essere visti anche come specie sentinella nei riguardi di contaminazioni chimiche e biologiche dell'acqua. Vengono utilizzati per monitorare la presenza di metalli pesanti dato che sono abitanti del

fondale. Tale accumulo è dose e tempo dipendente e pertanto può riflettere i livelli ambientali dei singoli metalli (Allert et al.,2009).

Va considerato anche la dimensione del gambero per avere una quantità sufficiente per le analisi e l'home range in modo da valutare il livello di metalli riferito ad una particolare zona. Alcuni stati basano la classificazione della qualità delle acque sulla base della comparsa di alcune specie alloctone invasive.

Figura 4. *Astacus leptodactylus*, in Europa

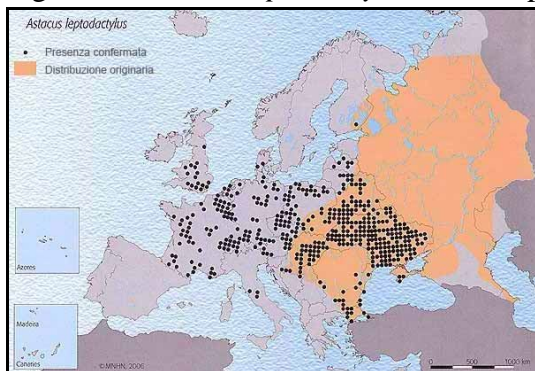


Figura 5. *Astropotamobius pallipes*, in Europa

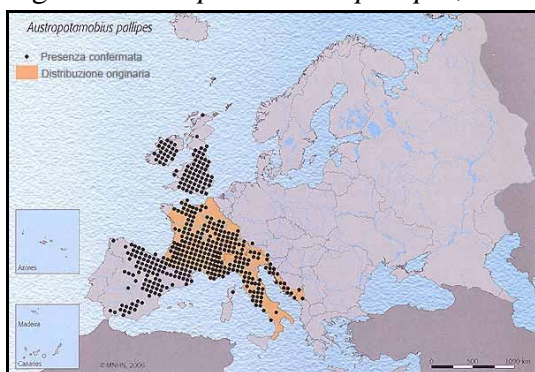


Figura 6 *Orconectes limosus*, in Europa

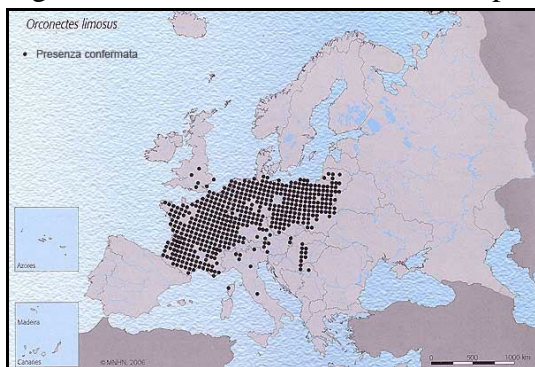
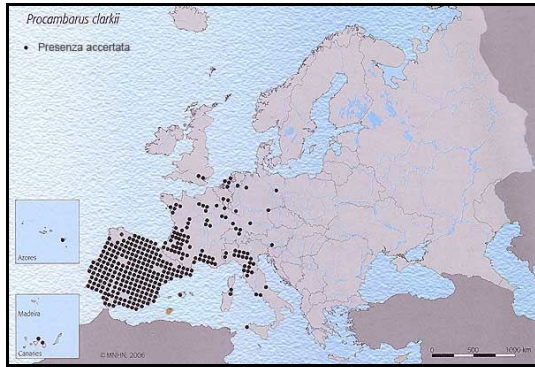


Figura 7. *Procambarus clarkii*, in Europa



Per esempio la presenza in UK di *O. limosus*, *P. leniusculus*, *Procambarus* sp. e *Procambarus clarkii*, induce a classificare le acque in uno status non elevato, dato che sulla base di esperienze passate la comparsa di queste specie determina severi impatti sull'ecosistema.

L'introduzione di gamberi alloctoni ha suscitato notevole interesse da parte di biologi. In Italia sono stati segnalati parecchi gamberi alloctoni (immagini 4-6-7). Il *P. clarkii* ha fatto riscontrare la più ampia diffusione, dovuta alla capacità di adattarsi ad un ampio range di habitat e di fonti alimentari (immagine 7).

La diffusione di specie alloctone di gambero d'acqua dolce nei diversi sistemi fluviali dell'Europa è stato motivo di recente discussione a livello europeo dato il severo impatto negativo sulle specie di gambero autoctono.

L' *Austropotamobius pallipes* ha subito in questi ultimi decenni una drastica riduzione e attualmente è identificato nell' IUCN (Unione Internazionale per la Conservazione della Natura) come vulnerabile e incluso nell'appendice III della convenzione di Berna e nell'indice II e V della direttiva 92/43/CE è protetto anche da leggi regionali e nazionali. In Italia (figura 5) è presente il gambero bianco la cui tassonomia e nomenclatura è stata oggetto di studio da Manganelli et al., (2006). *L. astacus pallipes* comprende due specie. *A. italicus* e *pallipes*. *A. italicus* ha quattro sottospecie *A. i. carinthiacus*, *A. i. italicus*, *meridionalis* e *carsicanus*.

Un utile punto di partenza per lo sviluppo di una strategia conservativa nei confronti di queste popolazioni è una dettagliata caratterizzazione del range geografico della specie e dei fattori che influenzano la sua distribuzione.

Queste informazioni sono necessarie per tre problematiche interconnesse:

- Conservazione delle popolazioni indigene;
- Contenimento della diffusione di specie alloctone;
- Contenimento della diffusione di agenti patogeni, con particolare riguardo per *Aphanomices astaci*, causa della letale afanomicosi o peste del gambero una delle maggiori cause di estinzione locale dei gamberi europei.

La frammentazione delle popolazioni esistenti è dovuta dai continui effetti nella distribuzione e degradazione dell'habitat, ma vi sono altre minacce alla sopravvivenza di tale specie quali malattie portate dal *P. clarkii* e *P. leniusculus*, competizione interspecifica con i granchi di fiume (*Potamon fluviatile*), la qualità dell'acqua, lo sfruttamento e la pesca di frodo.

Secondo i dati di diversi studiosi (Nardi et al., 2005; Fureder et al., 2003; Renai et al., 2006) in questi ultimi 10 anni vi è stato un declino della popolazione del 74% circa.

Numerose appaiono le condizioni emerse agli studi relativi al gambero autoctono e alloctoni (*O. limosus* e *P. clarkii*) presenti sul territorio italiano sono stati condotti da diversi ricercatori in questi ultimi anni (Chiesa et al., 2006; Fea et al., 2006; Ferri et al., 2006; Gherardi, 2006; Gherardi e Lazzara, 2006; Gherardi e Acquistapace, 2007; Scalici e Gherardi, 2007; Ligas, 2008; Bertocchi et al., 2008; Polloni e Ghezzi, 2008; Scalici et al., 2008; Casteldelli et al., 2006).

2. OBIETTIVI.

La presenza del gambero rosso della Louisiana, *Procambarus clarkii*, in alcune regioni d'Italia inizia a costituire una seria minaccia all'assetto idrogeologico e alla biodiversità animale e vegetale. Anche in Veneto è stata segnalata la presenza del gambero rosso che sembra costituire una seria problematica per l'assetto e la stabilità degli argini dei corsi fluviali e bacini idrici.

Sulla base di tali premesse si è dato avvio ad una sperimentazione atta a verificare la presenza del gambero rosso in un intervallo di tempo di cinque mesi (estate-autunno) nel comprensorio della Bassa Padovana.

3. MATERIALE E METODI.

3.1. Siti di rilevamento.

Le rilevazioni sono state effettuate nella Bassa Padovana, nel comprensorio gestito dal Consorzio di Bonifica Adige Euganeo con sede a Este.

Su indicazione del tecnico del Consorzio di Bonifica, geometra Daniele Buson, si è deciso di operare su tre canali consortili di diversa ampiezza e portata, individuabili sulla cartografia (figura 1).

Si tratta di tre canali ricadenti nei comuni di:

- Megliadino san Vitale (PD) per i siti 1 e 2;
- Merlara (PD) per il sito 3.

Figura 8 . Cartografia riportante i tre siti oggetto di rilevazione

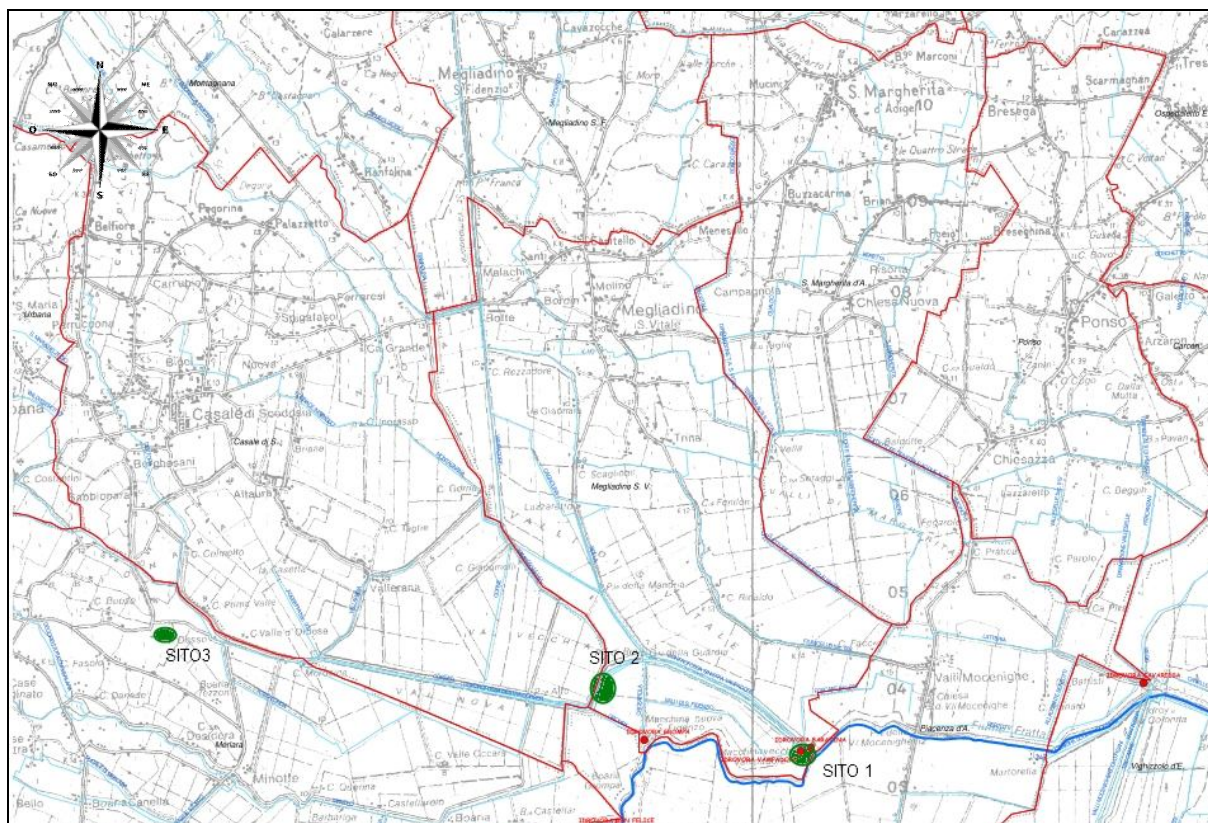


Immagine messa a disposizione dal Consorzio di Bonifica Adige Euganeo.

I tre siti erano rappresentati dai seguenti canali:

- canale idrovora Vampadore - sito1 (foto 15 a, b)
- controfossa destra Vampadore - sito2 (foto 16)
- canale in località Marcellette - sito 3 (foto 17)

Foto15 a. Sito 1 - Idrovora Vampadore. Foto 15 b. Sito 2 - Idrovora Vampadore.



Foto 16. Sito 2 - Controfossa destra Vampadore

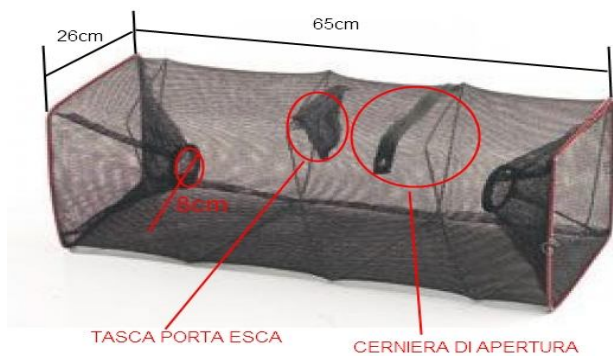


Foto 17. Sito 3 - Marcellette.



Dopo aver stabilito i tre siti dove operare le catture dei gamberi, si è provveduto a posizionare le gabbie lungo i tre scoli consortili.

Foto 18. Trappola utilizzata per lo studio



Per ogni sito sono state utilizzate cinque nasse in rete plastificata con maglie di larghezza pari a 4x4 mm. Le gabbie, a forma di parallelepipedo, avevano una sezione quadrangolare, con lato pari a 26x26 cm; la lunghezza delle gabbie era pari a 65 cm e i lati di minori dimensioni presentavano un invito a forma di imbuto con diametro pari a 8 cm (foto 18).

Le gabbie sono state posizionate lungo:

- sponda Est (sinistra orografica) per il sito 1;
- sponda Sud (destra orografica) per il sito 2;
- sponda Nord (sinistra orografica) per il sito 3.

Le gabbie venivano legate ad una corda (foto 19) collegata ad un picchetto posto prima dell'inizio della scarpata, in modo che fossero immerse nell'acqua e toccassero parte del fondale.

La distanza tra ciascuna gabbia era di 10 m.

Foto 19 . Distanza tra le gabbie



Per invitare i gamberi ad entrare nelle gabbie si è provveduto ad inserire all'interno di ognuna un cilindro di plastica forato contenente fegato di vitello, mangime per gatti e un'acciuga in modo che l'odore li richiamasse.

Le trappole venivano calate nel pomeriggio verso le 17:00 e raccolte 24 ore dopo, nel pomeriggio del giorno seguente.

Foto 20. Maschio a sinistra, femmina a destra



Foto 21. Uncini del maschio al 3° paio di pereiopodi



Foto 22. Dimensionamento gamberi



I gamberi catturati venivano posti all'interno di un recipiente per il trasporto fino al dipartimento. Qui venivano congelati e successivamente si provvedeva alla effettuazione di alcuni rilievi quali il sessaggio, alcune misurazioni morfologiche e pesatura. Per il sessaggio si è proceduto alla valutazione di alcune caratteristiche morfologiche. A livello genitale si è proceduto all'individuazione di un'apertura esterna a livello del III paio di pereopodi nelle femmine e al V o ultimo paio di pereopodi nei maschi (Yue et al., 2008). Nei maschi è stato anche valutata la presenza di uncini a livello del III paio di pereopodi (foto 20 e 21).

I soggetti scongelati sono stati sottoposti a pesata con bilancia digitale; si è proceduto poi alla rilevazione della lunghezza del cefalotorace, dalla punta del rostro al margine caudale dello stesso e alla lunghezza totale fino al margine caudale del telson, mediante calibro con livello di precisione al decimo di millimetro (foto 22).

Sono stati anche rilevati alcuni parametri relativi alle principali condizioni dei canali oggetto di studio, riportati in tabella , e le condizioni di temperatura rilevate nel corso del periodo di studio (tabella 4). Le temperature sono state fornite dalla stazione di rilevamento più vicina ai luoghi di cattura (Merlara).

4. ELABORAZIONE STATISTICA.

Tutti i dati sono stati sottoposti ad ANOVA utilizzando il modello lineare ad una via e quello fattoriale 2x5 (2 sessi, 5 prelievi) e per alcuni parametri (% maschi e % femmine) si è proceduto all'analisi tramite test χ^2 utilizzando il pacchetto statistico SAS (SAS, 2001). Per le differenze statisticamente significative si è adottato il test di Duncan.

5. RISULTATI E DISCUSSIONE

5.1. Descrizione della zona oggetto di studio.

Dalla cartografia generale della zona si può osservare come i tre siti di cattura sono posti in tre diversi canali consortili.

La distanza tra il sito 1 e il sito 2 è di circa 3 km, mentre quella tra il sito 2 e il sito 3 è di circa 7 km; i tre canali fanno parte di una rete idrica che riceve le acque del fiume Fratta e del fiume Gorzone.

I tre siti scelti non ricadono in aree ZPS (Zona Protezione Speciale) o Natura 2000; i siti più vicini sono il Parco Regionale dei Colli Euganei che si trova a Nord a circa 20 km in linea d'aria.

Va rilevato che il lago di Fimon (VI) dista circa 50 km dal bacino territoriale in cui sono avvenuti i prelievi. Da indicazioni bibliografiche tale lago risulta altamente popolato da *Procambarus clarkii* (tesi di laurea, Università di Padova).

5.2. Condizioni ambientali della zona durante il periodo di studio.

La tabella 4 riporta le date di cattura comprese in un intervallo di tempo di circa 5 mesi (giugno - novembre 2011) e riassume i dati relativi alle condizioni ambientali presenti nei giorni dei prelievi.

Tabella 4. Descrizione dei prelievi effettuati

Ordine di prelievo	Data 2011	Condizioni meteorologiche	Fase lunare	Temperatura, °C	Max	Min
I	15 giugno	Sereno	Piena	22.60 – 23.64	29.50- 30.60	13.80 -15.70
II	29 giugno	Pioggia	Calante	26.20 – 23.41	32.80 – 29.90	19.60 -18.20
III	3 agosto	Sereno	Crescente	24.18 – 24.13	31.10 – 32.10	17.10 – 17.10
IV	20 settembre	Sereno	Calante	18.24 – 18.44	26.20 – 27.20	12.80 – 10.30
V	14 novembre	Sereno	Calante	4.48 -3.05	11.80 – 4.40	-0.5 – 17.0

I dati termici riportati sono stati rilevati nelle 24 h dei due giorni tra i quali ricadeva la notte di cattura degli esemplari.

Come si può vedere le catture sono iniziate nel mese di giugno e hanno avuto inizialmente una cadenza quindicinale e successivamente mensile o bimensile.

Le condizioni meteorologiche in cui si sono svolte le catture sono state complessivamente buone con cielo sereno, e solo il II prelievo è stato effettuato con condizioni di elevata nuvolosità e pioggia.

Nella tabella 5 sono riassunti alcuni parametri relativi alle caratteristiche dei tre scoli consortili in cui si è effettuata la cattura dei gamberi.

Tabella 5. Caratteristiche dei tre scoli consortili.

		Prelievo				
		I	II	III	IV	V
Sito 1						
Direzione corrente	N-S					
Pendenza sponda, °	33					
Distanza tra le sponde, m	21					
Larghezza fondale, m	6					
Velocità corrente, m/s		0.2	0.25	0.14	0.2	0.06
Livello idrico, m		1.3	1.8	0.96	1.3	0.46
Presenza di vegetazione		Si	Si	Si	Si	Si
Sito 2						
Direzione corrente	O-E					
Pendenza sponda, °	33					
Distanza tra le sponde, m	16					
Larghezza fondale, m	7.5					
Velocità corrente, m/s		0.06	0.08	0.06	0.05	0.05
Livello idrico, m		0.8	1.1	0.75	0.62	0.45
Presenza di vegetazione		Poca	Poca	Poca	Poca	Poca
Sito 3						
Direzione corrente	O-E					
Pendenza sponda, °	39					
Distanza tra le sponde, m	5.5					
Larghezza fondale, m	1					
Velocità corrente, m/s		0.2	0.2	0.16	0.05	0.04
Livello idrico, m		0.6	0.5	0.43	0.17	0.15
Presenza di vegetazione		No	No	No	No	No

I 3 scoli non sono direttamente comunicanti tra loro e risultano diversi per alcuni parametri. Per quanto riguarda il sito 3 la pendenza originaria non era tale perché il terreno era franato a causa delle tane provocate dai gamberi.

5.3. Entità' delle catture e rapporto tra i sessi nel periodo di studio.

In tabella 6 viene riportato il numero di esemplari catturati nel corso dei cinque prelievi per ciascun sito suddivisi per sesso e totali. E' riportata inoltre la % dei singoli sessi e la densità dei soggetti catturati per metro lineare. Per il calcolo si è fatto riferimento ad una lunghezza di 60 m (50 + 5 + 5).

Tabella 6. Numerosità dei soggetti catturati nei tre siti.

Prelievo		Numerosità	%	Sito 1	Sito 2	Sito3
I	Maschi	30	60		1	29
	Femmine	20	40	1	3	16
	Non sessati	-		-	-	-
	Totale soggetti	50		1	4	45
	Densità (n/ml)			0.02	0.07	0.75
II	Maschi	9	69	-	3	6
	Femmine	4	31	-	3	1
	Non sessati	-		-	-	-
	Totale soggetti	13		-	6	7
	Densità (n/ml)			-	0.10	0.12
III	Maschi	6	40	-	3	3
	Femmine	9	60	-	7	2
	Non sessati	-		-	-	-
	Totale soggetti	15		-	10	5
	Densità (n/ml)			-	0.17	0.08
IV	Maschi	22	52	-	-	22
	Femmine	20	48	-	2	18
	Non sessati	-		-	-	-
	Totale soggetti	42		-	2	40
	Densità (n/ml)			-	0.03	0.67
V	Maschi	9	47	-	9	-
	Femmine	5	16	-	5	-
	Non sessati	5	37	-	-	5
	Totale soggetti	19		-	14	5
	Densità (n/ml)			-	0.23	0.08
	Densità totale			-	0.60	1.61*

*Non tiene conto dei soggetti non sessati; tutte le densità sono espresse per metro lineare (n/60 m).

Nel corso della sperimentazione si è provveduto a modificare il posizionamento delle gabbie portandone 2 in una nuova area dello scolo, mantenendo tuttavia la stessa distanza iniziale (10 m).

Nella tabella 7 ogni sito riporta la suddivisione delle due zone che è avvenuta a partire dal III prelievo.

Tabella 7. Numerosità dei soggetti catturati nei tre siti con postazioni diversificate.

Prelievo		numerosità	Sito 1		Sito 2		Sito 3	
			1	1A	2	2A	3	3A
I	Maschi	30	-	no	1	no	29	no
	Femmine	20	1	no	3	no	16	no
II	Maschi	9	-	no	3	no	6	no
	Femmine	4	-	no	3	no	1	no
III	Maschi	6	-	-	1	2	3	-
	Femmine	9	-	-	4	3	2	-
IV	Maschi	22	-	-	-	-	6	16
	Femmine	20	-	-	-	2	12	6
V	Maschi	9	-	-	3	6	-	-
	Femmine	5	-	-	3	2	-	-
	Non sessati	5	-	-	-	-	-	5

Come si può osservare, delle tre localizzazioni scelte solo in una non è stata rilevata presenza di gamberi: nel sito 1 è stato infatti pescato un solo soggetto, all'inizio della sperimentazione. I motivi di tale esito potrebbero essere dovuti ad un livello di acqua estremamente e costantemente elevato durante la fase di osservazione e tutto l'anno dato che le gabbie erano state posizionate in prossimità dell'impianto idrovoro con una notevole portata d'acqua e corrente. Avendo catturato un solo esemplare nel primo sito le trappole sono state posizionate più a monte (30 m) nella stessa sponda e zona, purtroppo sempre con esiti negativi.

Come infatti indicato da altri autori (da Wizen et al., 2008) tale specie predilige zone dove le acque sono molto lente e il livello dell'acqua presenta delle fluttuazioni: quando quest'ultimo raggiunge valori minimi i gamberi manifestano comportamento fossorio.

Nel sito 2 il canale era stato risezionato l'inverno precedente (2010) mentre nel sito 3 a causa le tane di gambero presenti, le sponde erano franate; il primo canale divide appezzamenti con colture estensive, mentre il secondo si trova tra un fondo oggetto di intervento di forestazione e una capezzagna a servizio di un vigneto. La capezzagna era alberata (salici e pioppi) e le radici degli alberi costituivano la sponda.

Si può notare come le catture più abbondanti si siano verificate complessivamente per l'intero periodo nel sito 3.

L'andamento osservato non è stato tuttavia sempre costante nel corso dei 5 prelievi. In alcuni di essi si è osservata una cattura numericamente inferiore; vanno quindi fatte alcune considerazioni sull'entità delle catture e i possibili fattori coinvolti. Si ritiene utile ricordare che per l'irrigazione del vigneto del sito 3 - Marcellette (foto 17), era presente una pompa per estrarre l'acqua dal canale, e tale disturbo potrebbe aver influito sulla cattura dei gamberi. Infatti nella notte del II prelievo con tutta probabilità il rumore del motorino della pompa in funzione potrebbe aver indotto i gamberi ad allontanarsi dalla zona, o a non uscire dalle tane e quindi a non essere catturati.

Foto 23. Stadio giovanile del V prelievo



Oltre a disturbi antropici, va considerato per il V prelievo, la condizione fisiologica della popolazione presente in quel momento nella zona. La cattura solo di soggetti di ridotte dimensioni e non sessabili, sembra attribuibile al livello di acqua presente nel canale e ai livelli termici ridotti; in tale situazione infatti i gamberi tendono ad infossarsi, probabilmente meno quelli più giovani.

Questa specie nelle prime fasi di vita sfrutta il sedimento del fondale in particolare se ricco di microorganismi, oltre che di invertebrati bentonici e planctonici (da Barbaresi e Gherardi, 2000). Va sottolineata comunque la presenza di una popolazione caratterizzata da nuove nascite che all'epoca del V prelievo erano ancora ad uno stadio giovanile (foto 23).

Con riferimento ad entrambi i siti, il numero di soggetti catturati ha presentato un andamento poco costante: solo nel I e IV prelievo si sono raggiunti i valori massimi. La ragione di tale esito sembra riconducibile principalmente alle condizioni ambientali e allo stato fisiologico degli animali. Il numero ridotto di soggetti catturati nel corso del II e III prelievo può essere attribuito a due cause. In particolare, per il II prelievo può essere riconducibile alle condizioni meteorologiche che possono aver indotto i gamberi a non muoversi e cercare cibo. La seconda potrebbe fare riferimento alle condizioni dell'acqua degli scoli che, anche se non oggetto di misurazione, probabilmente presentavano livelli termici elevati risentendo dei livelli termici esterni. Tale condizione in molti animali acquatici determina un rallentamento del ritmo metabolico con conseguente riduzione dell'ingestione alimentare. Non va tuttavia dimenticato anche il livello idrico nei due scoli che ha presentato variazioni nell'ambito del periodo preso in esame nei diversi corsi d'acqua.

Dalla letteratura emerge come il gambero rosso sia in grado di tollerare bassi livelli di ossigeno (2 mg/l) e un ampio range termico (5-38°C) (da Wizen et al., 2008) ed in presenza di bassi livelli idrici e di temperature non adeguate manifesta un comportamento estremamente fossorio presente direttamente anche durante la fase di muta. Nelle analisi fatte una quota degli animali catturati presentavano evidenti segni di muta, in accordo con quanto osservato da Hudina et al. (2011) su un'altra specie di gambero d'acqua dolce alloctono. Tale condizione fisiologica rende i gamberi molto vulnerabili e pertanto essi tendono a restare nelle tane. La maggiore presenza di soggetti con evidenti variazioni della colorazione dello scheletro chitinoso, caratterizzato anche da una minore rigidità e consistenza, è stata osservata proprio in prossimità del II e III prelievo e in misura minore anche del IV. I soggetti in muta erano di entrambi i sessi e sono stati osservati in entrambi i siti (tabella 8). Inoltre i soggetti in tale condizione presentavano tutti una lunghezza del cefalotorace intorno a 44-45 mm e pertanto possono essere definiti adulti. Va ricordato che i soggetti adulti presentano una muta in genere una volta l'anno, mentre quelli più giovani ne presentano un numero superiore legato ovviamente alla crescita corporea.

Tabella 8. Numerosità e percentuale di soggetti in muta

Prelievo	Presenza di soggetti in muta	% soggetti in muta*
I	-	-
II	4 (3 M + 1 F) (sito 2)	31
III	3 (3 F) (sito 2)	20
IV	5 (2 F + 3 M) (sito 2 e sito 3)	12
V	-	-

*calcolata sul totale dei soggetti catturati nel sito 2 e 3.

Le catture realizzate al V prelievo non numerose e comunque differenziate tra i 2 siti possono essere valutate alla luce del livello idrico diverso, ma anche per la temperatura esterna rilevata e la struttura della popolazione.

Le ragioni per le quali dai dati di cattura la popolazione presente nei due siti sia costituita da soli soggetti adulti fino al IV prelievo vanno probabilmente ricondotte al periodo preso in esame, quando vi dovrebbero essere maggiori spostamenti da parte dei maschi e minori da parte delle femmine. Secondo diversi autori (Anastacio e Marques, 1995; Fidalgo et al., 2001; Scalici e Gherardi, 2007; Scalici et al., 2010) il periodo riproduttivo di questa specie è compreso tra la fine dell'estate e l'inizio dell'autunno; non mancano tuttavia indicazioni secondo le quali vi potrebbero essere anche tre cicli riproduttivi l'anno (Huner, 2002). Va inoltre osservato come non sia mai stata catturata una femmina con uova o giovani con sé. La perdita di uova da parte di una femmina è frequentemente il risultato di una scarsa adesione delle uova causata da disturbo, infezioni fungine o interazioni aggressive con altri gamberi (da Hudina et al., 2011).

Altri autori hanno catturato femmine in tale stato fisiologico rimuovendole da una singola tana a 20 cm di profondità (Wizen et al., 2008). Il motivo per il quale non sono state catturate femmine ovigere o con la prole può essere riconducibile al fatto che le femmine in tale stato fisiologico tendono ad essere meno mobili. A differenza di quanto indicato in un precedente lavoro in cui l'assenza di soggetti giovani era stato attribuito anche alla tipologia di gabbia di cattura in cui le maglie potevano aver lasciato passare soggetti di taglia inferiore a 30 mm

(Scalici et al., 2010), nella presente prova al V prelievo sono stati catturati soggetti in stadio giovanile di taglia estremamente ridotta (foto 5).

Alla luce di tali esiti appare opportuno ricordare come la tipologia di gabbia, con particolare riferimento al materiale di costruzione e alle dimensioni delle maglie della rete, debba essere attentamente presa in considerazione per avere dati realistici delle popolazioni in fase di studio: maglie pari a 5x5 mm sembrano essere le più indicate per campionare la popolazione di gambero rosso considerando classi di tutte le taglie (Paillison et al., 2011).

Anche altri autori (Scalici et al., 2010) hanno riscontrato un andamento della numerosità delle catture in parte simile a quanto osservato nella presente prova con valori più elevati durante il periodo compreso tra maggio e luglio e una successiva riduzione.

La tabella 6 riassume le densità dei soggetti nei distinti siti di cattura. Il sito che ha fornito il numero maggiore di gamberi è il terzo. Tale esito sembra riconducibile con il fatto che tale zona non ha subito interventi di ripristino delle sponde o altro da parte del Consorzio di Bonifica e che funge da confine con un appezzamento in cui è stato effettuato un intervento di forestazione e vigneto. Ulteriori approfondimenti vanno condotti relativamente alla tipologia di prodotti chimici utilizzati nella zona e il sedimento presente sui fondali di tali scoli che, come indicato da altri autori (Rodriguez et al., 2005), costituisce gran parte dell'alimentazione di questi gamberi.

I dati di cattura rivelano quindi una densità di soggetti pari a 0.6 e a 1.7 per metro lineare per il sito 2 e per il sito 3, rispettivamente. Si tratta di valori piuttosto bassi se confrontati con quelli di una zona umida della Toscana (14 esemplari/m²) (Scalici e Gherardi, 2007 da Aquiloni e Gherardi, 2010). Prima di fare dei confronti con altre situazioni riportate in letteratura vanno tuttavia verificate le condizioni di cattura degli esemplari che possono incidere profondamente sui valori riportati.

Il rapporto maschi:femmine, anche se al test χ^2 ha presentato valori non dissimili nell'intero periodo e per ciascun prelievo (tabella 9) probabilmente anche per la bassa numerosità, è stato tendenzialmente a favore dei maschi. In una precedente ricerca condotta nel periodo compreso tra settembre e dicembre in un parco lombardo attraversato dal fiume Ticino è stato rilevato un rapporto maschi:femmine pari a 3:1 e 6:1 a seconda della zona (Savini, 2007). Il rapporto da noi evidenziato sembra indicare un comportamento più elusivo delle femmine che tenderebbero a restare rintanate, più che a una reale composizione della popolazione.

Un precedente lavoro (Scalici et al., 2010) realizzato nel centro Italia e collocato in un arco stagionale e temporale non molto diverso da quello considerato in questa prova, ha osservato

un rapporto tra sessi complessivamente pari a 1:1, anche se in alcuni periodi il rapporto è stato a favore delle femmine.

Tabella 9. Rapporto maschi:femmine di cattura nel corso della stagione

	n	n	%	%	X²	DF	Pr
Prelievo	Maschi	Femmine	Maschi	Femmine			
I	30	20	60.0	40.0	2.000	1	0.157
II	9	4	69.0	31	1.923	1	0.166
III	6	9	40	60	0.600	1	0.439
IV	22	20	52	48	0.095	1	0.757
V	9	5	63.5	35.7	1.142	1	0.285
Totale	76	58	56.7	43.3	2.418	1	0.120

Indicazioni bibliografiche riportano dati non omogenei in relazione alle regioni geografiche in cui sono stati condotti gli studi in quanto il periodo riproduttivo, l'incubazione delle uova e il periodo con comportamento fossorio presenta una notevole variabilità tra le popolazioni (Scalici e Gherardi, 2007; Ligas, 2008).

La letteratura indica come tale specie presenti un rapporto variabile in relazione alla collocazione geografica delle popolazioni e alla stagione (Anastacio e Marques, 1995; Gutierrez-Yurrita et al., 1996; Fidalgo et al., 2001; Scalici e Gherardi, 2007; Ligas, 2008; Scalici et al., 2010).

Se nel complesso esso generalmente è pari a 1:1; ove le condizioni ambientali siano più sfavorevoli (aumento della latitudine, condizioni climatiche) vi sarebbe un maggiore numero di femmine per assicurare una prole più numerosa (Anastacio e Marques, 1995).

Tale specie, come avviene per altri artropodi, presenta una paternità multipla per cui una femmina si accoppia con più maschi assicurando una maggiore fitness della progenie (Yue et al., 2010). I dati ottenuti potrebbero riflettere lo stato fisiologico e comportamentale di questa specie nel periodo stagionale considerato; i maschi vengono rilevati in maggiore quantità, giustificati da maggiore mobilità rispetto alle femmine che si trovano spesso in tane soprattutto nel periodo post-riproduttivo e durante la schiusa delle uova (Savini, 2007). Nelle nostre condizioni ambientali e climatiche il periodo estivo potrebbe coincidere con la fase riproduttiva (Aquiloni e Gherardi, 2010), periodo durante il quale la femmina resta all'interno

delle tane con le uova presenti in fase di incubazione o con la prole ancora attaccata al corpo della femmina. In una precedente esperienza sono state trovate femmine con la presenza di uova in autunno con temperature dell'acqua pari a 12-14°C inferiori all'optimum che sarebbe di 18°C (Savini, 2007). Da recenti indicazioni i soggetti di maggiori dimensioni sono particolarmente attratti da gabbie provviste di cibo piuttosto che da feromoni. La ricerca della femmina da parte del maschio avviene attraverso stimoli chimici percepiti a lunga distanza e anche con acque torbide, mentre la femmina per distinguere il sesso si basa su stimoli sensoriali chimici e visivi (Aquiloni e Gherardi, 2010). Le condizioni di torbidità dell'acqua potrebbero quindi incidere sul comportamento dei due sessi durante il periodo riproduttivo.

5.4. Caratteristiche morfometriche dei gamberi nel periodo oggetto di studio.

La tabella riporta alcuni parametri morfometrici ed il peso dei gamberi in relazione al sesso e all'epoca di prelievo.

Tabella 10. Effetto del sesso e dell'epoca di prelievo su alcuni parametri morfometrici e peso dei gamberi.

	Sesso		Prelievo					RMSE
	M	F	I	II	III	IV	V	
Numerosità	76	57	49	13	15	42	14	
Lunghezza cefalotorace, mm	43.7	42.1	42.7 ^{ab, AB}	41.7 ^{ab, AB}	46.0 ^{a, A}	45.0 ^{a, AB}	39.2 ^{b, B}	5.83
Lunghezza totale, mm	85.5	83.3	84.5 ^{a, AB}	82.4 ^{ab, AB}	89.8 ^{a, A}	89.4 ^{a, A}	75.9 ^{b, B}	10.50
Peso, g	18.3	17.7	19.5 ^{a, A}	16.3 ^{ab, AB}	21.1 ^{a, A}	21.7 ^{a, A}	11.5 ^{b, B}	7.78
Rapporto	0.511	0.506	0.503 ^b	0.504 ^{ab}	0.512 ^{ab}	0.503 ^b	0.517 ^a	0.01

^{a, b}: P<0.05; ^{A, B}: P<0.01 M = maschi; F = femmine; I-V = 1-5 prelievo;

GL = 123

Considerando tutti i soggetti di cattura nell'intero periodo i maschi e le femmine non hanno esibito caratteri morfometrici e peso corporeo diversi.

L'epoca di prelievo (tabella 10) rileva soggetti con caratteristiche morfometriche variabili. La lunghezza del cefalotorace ha raggiunto i livelli più elevati al III prelievo e quelli più bassi al V. Con il medesimo trend sono variate la lunghezza totale ed il peso.

Il rapporto tra cefalotorace e lunghezza totale si è anch'esso diversificato tra i prelievi raggiungendo i valori massimi al V prelievo. L'esito indica come la popolazione abbia aumentato le dimensioni somatiche durante l'estate e come in autunno la presenza di soggetti giovani abbia contribuito a ridurre i valori.

Tabella 11 . Rilievi morfometrici e peso dei gamberi, espressi come media e deviazione standard, considerando i cinque prelievi insieme.

Prelievo		Lunghezza Cefalotorace, mm	Lunghezza totale, mm	Peso, g
I	Maschi	46.43 ± 5.40	90.93 ± 9.24	20.47 ± 10.31
	Femmine	39.25 ± 8.90	78.75 ± 16.52	18.76 ± 8.28
II	Maschi	43.39 ± 3.71	85.21 ± 6.91	17.49 ± 4.42
	Femmine	39.93 ± 9.55	79.58 ± 17.43	15.18 ± 8.91
III	Maschi	44.92 ± 4.30	86.40 ± 6.92	21.03 ± 6.50
	Femmine	47.09 ± 4.04	93.18 ± 8.19	21.18 ± 6.65
IV	Maschi	42.75 ± 4.08	85.32 ± 7.38	19.80 ± 5.68
	Femmine	47.22 ± 4.91	93.43 ± 8.56	23.50 ± 7.61
V	Maschi	39.55 ± 7.21	76.22 ± 13.11	11.84 ± 6.08
	Femmine	37.5 ± 9.70	72.10 ± 18.8	10.1 ± 7.50

Dalla tabella 11 si osserva come si tratti di soggetti adulti, facilmente sessabili data la presenza di evidenti caratteri morfologici utilizzati per la distinzione del sesso (per i maschi la presenza di uncini sul III paio di pereopodi e il cercine per le femmine), con dimensioni minime del cefalotorace che superano i valori indicati da Huner (2002) pari a 25 e 21 mm, rispettivamente, per i maschi e per le femmine e di lunghezza totale di 85-90 mm (Barbaresi e Gherardi, 2000). Si tratta di valori in linea con quanto osservato anche da altri ricercatori su esemplari presenti in Italia (Savini, 2007; Scalici et al., 2010).

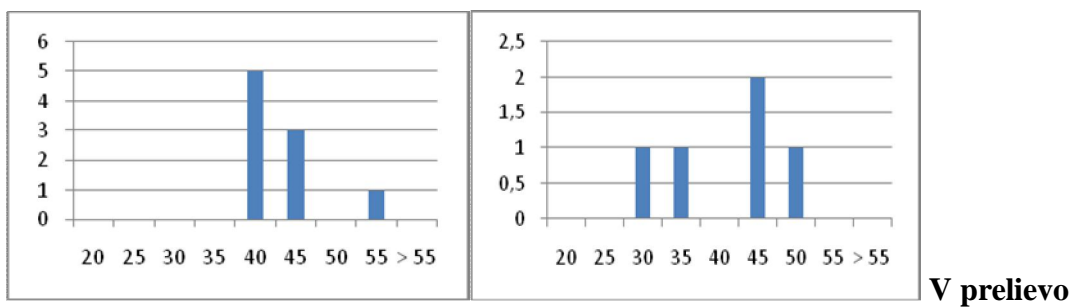
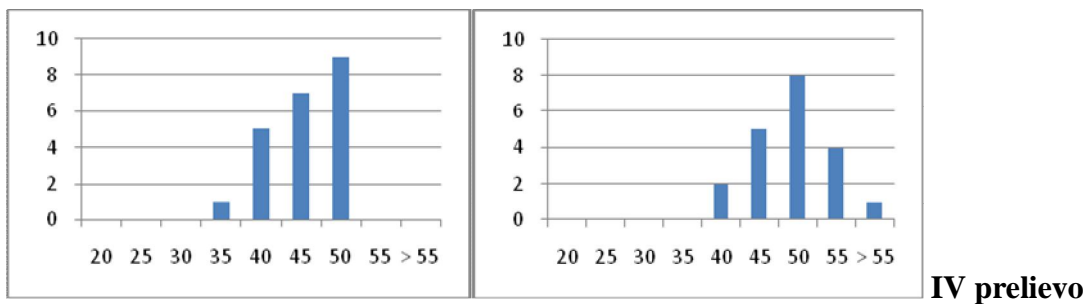
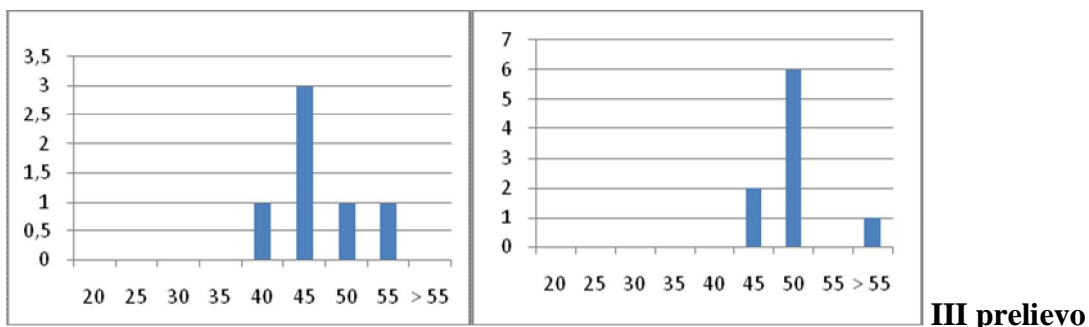
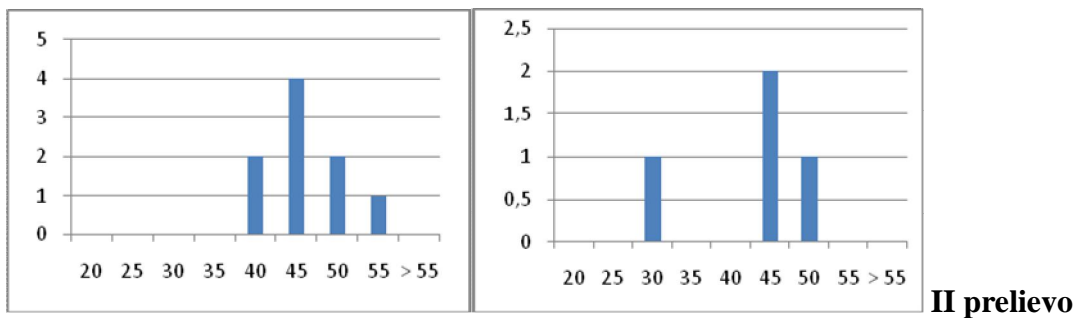
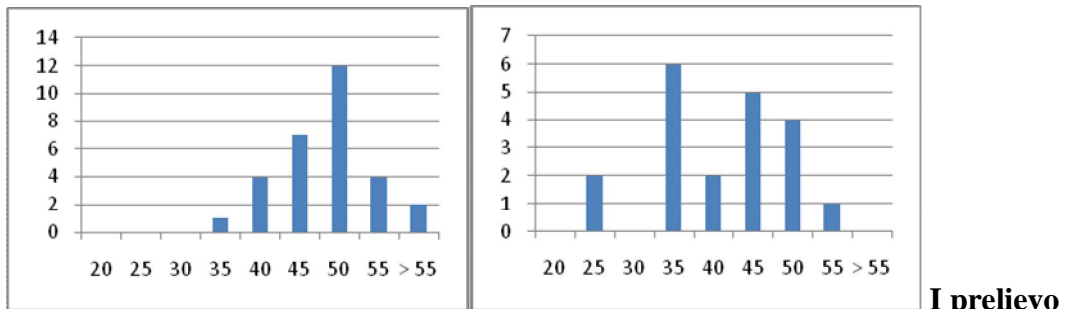
L'elevata deviazione standard rilevata al I e V prelievo indica come in questi due periodi la popolazione fosse costituita da soggetti con un'ampia gamma di valori, con dimensioni più

ridotte rispetto agli altri periodi considerati. Questo dato rilevato può riferirsi ad una duplice fase riproduttiva nell'arco dell'annata, come indicato da altri autori (Huner, 2002). La maturità sessuale viene collocata al raggiungimento di circa 10 g di peso corporeo intorno a 3-5 mesi di vita e di lunghezza totale di 55-125 mm, età che varia in funzione delle condizioni ambientali (Barbaresi e Gherardi, 2000; Paglianti e Gherardi, 2004). La taglia al momento della riproduzione è in relazione alla temperatura dell'acqua, alla densità di popolazione e alla durata del periodo idrografico.

Da indicazioni bibliografiche emerge come in ambienti con ridotte variazioni termiche dell'acqua, non troppo fredde d'inverno e troppo calde d'estate, vi sia una proporzione maggiore di gamberi di piccole dimensioni (60-80 mm di lunghezza totale) che indica la presenza di una popolazione piuttosto giovane in crescita.

Resta quindi da verificare se nelle nostre zone sono possibili due cicli riproduttivi e se l'eventuale presenza sia sostenuta anche da soggetti nati nell'annata. L'incubazione delle uova nei gamberi d'acqua dolce ha una durata variabile da 2-3 settimane a 22°C (Suko, 1956) a circa 7 mesi (Lewis, 2002; Souty-Grosset et al., 2006; Hudina et al., 2011) e che pertanto le prime schiuse potrebbero avvenire proprio in primavera. Altri autori (Scalici e Gherardi, 2007) indicano due sottogruppi per le diverse classi di età, uno primaverile e uno estivo, a seconda del differente periodo di schiusa. Gli individui della schiusa primaverile presentano un maggiore tasso di crescita e raggiungono taglie superiori a quelli di schiusa estiva in ragione del fatto di un più lungo periodo di crescita.

Grafico 1. Lunghezza del cefalotorace (mm) nel corso dei 5 prelievi (maschi a sinistra e femmine a destra). Nell'asse delle ascisse sono riportate le classi di lunghezza del cefalotorace; nell'asse delle ordinate viene indicata la numerosità.



Il grafico 1 riporta i dati in forma di istogramma delle dimensioni del cefalotorace dei soggetti di cattura nel corso dei cinque prelievi. Come si può notare le frequenze per ciascuna classe di taglia non hanno presentato lo stesso andamento nei due sessi per ciascuna epoca di prelievo. La mancanza di elevata numerosità preclude la possibilità di analizzare la popolazione di gambero rosso all'interno dei tre scoli sulla base delle classi di età. In uno studio precedente condotto in Italia centrale la popolazione era strutturata in 6 classi di età per le femmine e 5-6 per i maschi (Scalici et al., 2010). Dai dati della bibliografia si possono distinguere tre classi di età (Chiesa et al., 2006; Ligas, 2008) e secondo Huner (2002) e Scalici et al. (2010) il gambero rosso potrebbe vivere fino a 4-5 anni.

Tabella 12. Valori minimi e massimi relativi a lunghezza del cefalotorace, carapace e peso corporeo totale.

Prelievo	Sesso	Lunghezza Cefalotorace, mm	Lunghezza totale, mm	Peso totale, g
I	Maschi	35-56	74-107	4.9-42.7
	Femmine	22-52	46-103	5.4-33.8
II	Maschi	39-50.3	76-96	12.2-26.3
	Femmine	25.8-46.4	53.8-92	3.3-24.9
III	Maschi	39-52.3	74.7-95.5	14.2-32.4
	Femmine	42.1-55.4	82.2-109	12.6-33.1
IV	Maschi	33-48.8	71-97.5	11.4-35.1
	Femmine	39.5-56.8	79.6-107.4	10.9-38.5
V	Maschi	36.9-51	71.1-93.8	7.8-21.7
	Femmine	25.4-47.4	48.4-92.3	2.7-20

La valutazione delle dimensioni minime e massime raggiunte è riportata in tabella 12 .

Si tratta, per i primi quattro prelievi, di soli soggetti caratterizzati da una taglia minima di 33 per i maschi e 22 mm per le femmine, rispettivamente; indicazioni bibliografiche indicano un valore di 24 e 21 mm per definire adulto un soggetto, nell'ordine, maschio e femmina (Huner, 2002).

I valori massimi per i maschi sono risultati pari a 56 mm raggiunti nel I prelievo e per le femmine sono pari a 56.8 mm raggiunti nel IV prelievo.

A differenza di un precedente lavoro dove la mancanza di soggetti di piccola taglia era stata attribuita alla tipologia della gabbia (Scalici et al., 2010; Pailissou et al., 2010), nella presente prova all'interno delle gabbie è stata rilevata anche la presenza di gamberi di dimensioni estremamente ridotte. Il fatto di averli catturati solo al V prelievo non significa che la presenza di tali soggetti sia solo in questo periodo dell'anno. La mancata possibilità di dare una risposta precisa rende necessarie ulteriori indagini per verificare la reale presenza di soggetti giovani nei mesi precedenti e la disponibilità alimentare durante il periodo primaverile estivo autunnale che può indurre i soggetti ad attingere dall'ambiente naturale piuttosto che da quello offerto dall'uomo all'interno delle gabbie, nonché al livello dell'acqua e alla risposta comportamentale dei giovani alle condizioni ambientali.

Una ulteriore considerazione va fatta relativamente alle dimensioni e al peso di questi gamberi. Si tratta di una specie che nelle nostre condizioni climatiche non raggiunge taglie particolarmente elevate, tuttavia presenta valori di lunghezza della parte muscolare e quindi della parte edibile e del peso tali da poter essere utilizzati anche per scopo alimentare. Indicazioni bibliografiche riportano valori notevolmente diversi di gamberi d'acqua dolce pari a 7-70 \$US/kg (Holdich, 1993; Gherardi, 2011) e generalmente più bassi rispetto a quelli di *Astacus astacus*. Va ricordato che tale specie è ampiamente commercializzata in tutto il mondo a fini alimentari anche se le carni non raggiungono una elevata qualità organolettica.

Una ulteriore analisi ha preso in esame le caratteristiche morfometriche dei gamberi in relazione al sito di prelievo (tabella 13).

Gli esiti ottenuti hanno permesso di evidenziare una superiorità somatica nei soggetti del sito 3 rispetto al sito 2, sia per i maschi che per le femmine.

Come si può osservare dalla tabella 13, sia i maschi che le femmine catturati nel sito 3 hanno esibito caratteristiche morfometriche e pesi corporei più elevati rispetto a quelli osservati nel sito 2. I motivi di tali differenze non sono del tutto chiari. La popolazione del sito 3 potrebbe essere caratterizzata da soggetti di età superiore a quelli del sito 2 dato che in quest'ultimo i recenti lavori di risezionamento potrebbero avere causato una selezione dei soggetti con una riduzione dell'età media.

Tabella 13. Effetto del sito di prelievo su alcune caratteristiche morfometriche e sul peso di gamberi.

	Sito 2	Sito 3	RMSE
Maschi			
Numerosità	16	60	
Lunghezza cefalotorace, mm	42.3 ^β	44.8 ^α	4.90
Lunghezza totale, mm	82.5 ^b	88.1 ^a	8.45
Peso, g	15.1 ^b	20.1 ^a	7.75
Rapporto	0.512	0.507	0.015
Femmine			
Numerosità	20	37	
Lunghezza cefalotorace, mm	40.6 ^β	44.4 ^α	7.9
Lunghezza totale, mm	80.4 ^β	88.1 ^α	14.78
Peso, g	14.8 ^{b,B}	22.4 ^{a,A}	7.73
Rapporto	0.504	0.503	0.0154

^{α,β}: P<0.10; ^{a,b}: P<0.05; ^{A,B}: P<0.01

Altri motivi potrebbero essere riconducibili alle diverse condizioni ambientali, sia in termini di disponibilità alimentare che di livelli termici, dei due siti che potrebbero incidere in maniera rilevante sulla capacità di crescita dei soggetti come segnalato in letteratura (Hudina et al., 2011; Klose and Cooper, 2012).

La tabella 14 riassume le differenze legate al sesso delle caratteristiche morfometriche e somatiche dei gamberi per ciascuna epoca di prelievo.

E' stata rilevata una significatività statistica solo al I e IV prelievo con un trend opposto, con una iniziale inferiorità delle femmine e una successiva superiorità di queste ultime rispetto ai maschi. L'interpretazione di tale esito non appare facile anche se sembra riconducibile all'attività riproduttiva. La maggiore mobilità delle femmine catturate al I prelievo con dimensioni inferiori è riconducibile al fatto che i soggetti più grandi erano ancora con i piccoli adesi al corpo, successivamente hanno manifestato una maggiore mobilità quelle di taglia superiore. Se da un lato le femmine dovrebbero raggiungere dimensioni elevate velocemente per avere una elevata fecondità (il numero di uova prodotte è in relazione anche alla taglia dell'animale, Scalici et al., 2010) anche i maschi presentano tale esigenza per raggiungere una

superiorità nelle contese intrasessuali per il possesso delle femmine. La taglia corporea per entrambi i sessi è risultata oggetto di selezione solo in laboratorio, mentre per quanto riguarda l'ambiente naturale le indicazioni non sono sempre univoche (Scalici et al., 2010; Yue et al., 2010). La fecondità del gambero rosso, se paragonata a quella della specie *Austropotamobius pallipes*, risulta piuttosto elevata con 400 uova pleopodali, circa quattro volte quelle prodotte dal gambero autoctono (Hanfling et al., 2011). Non va dimenticato che gli esiti ottenuti potrebbero essere in parte attribuiti all'interazione della fauna della zona e del comportamento predatorio nei confronti di tali crostacei (Rodriguez et al., 2005).

Tabella 14. Caratteristiche morfometriche dei gamberi di cattura, in funzione dell'epoca di prelievo

Prelievo	Cefalotorace, mm		Lunghezza totale, mm		Peso, g		Rapporto	
	Maschi	Femmine	Maschi	Femmine	Maschi	Femmine	Maschi	Femmine
I (30-20)	46.4 ^a	39.3 ^b	90.9 ^a	78.8 ^{a bAB}	20.5 ^a	18.8 ^{aAB}	0.510 ^{AaBb}	0.496 ^{Bb}
II (9-4)	43.4 ^{ab}	39.9 ^{a b}	85.2 ^{AaBb}	79.6 ^{a bAB}	17.5 ^{ab}	15.2 ^{a bAB}	0.509 ^{AaBb}	0.500 ^{Bb}
III (6-9)	44.9 ^{ab}	47.1 ^a	86.4 ^{AaBb}	93.2 ^{aA}	21.0 ^a	21.2 ^{aAB}	0.520 ^{Aa}	0.506 ^{ABb}
IV(22-20)	42.7 ^{ab}	47.2 ^a	85.3 ^{AaBb}	93.4 ^{aA}	19.8 ^{ab}	23.5 ^{aA}	0.501 ^{Bb}	0.505 ^{ABb}
V (9-5)	41.0 ^b	37.5 ^b	79.7 ^b	72.1 ^{bB}	12.9 ^b	10.1 ^{bB}	0.514 ^{AaBb}	0.521 ^{Aa}
RMSE	4.6814	7.0538	8.0880	13.1107	7.7975	7.7342	0.0150	0.0142
GL.	71	53	71	53	71	53	71	53

Tra parentesi è riportato il numero di soggetti maschili e femminili per ciascun prelievo.

^{a, b}: $P < 0.05$; ^{A, B}: $P < 0.01$; In questa elaborazione non sono stati conteggiati i soggetti non sessati per dimensioni troppo piccole.

La differenziazione dei parametri considerati nelle diverse epoche di cattura è risultata significativa ($P < 0.05$) in entrambi i sessi. Nei maschi si è osservata una graduale riduzione della lunghezza del cefalotorace, tanto che il primo è risultato significativamente più elevato rispetto all'ultimo. Per le femmine il trend è stato un po' diverso e i valori più elevati sono stati osservati al III e IV prelievo in piena estate. Tale considerazione va fatta anche per la lunghezza totale dei gamberi, ma non per il peso che risente anche della presenza delle chele e delle eventuali gonadi in fase di sviluppo. Il rapporto tra cefalotorace e lunghezza totale ha messo in luce una diversificazione dei valori sia nei maschi che nelle femmine, con trend diversi e di non facile interpretazione. Per la lunghezza del cefalotorace, nei maschi si ha una graduale riduzione dei valori: questo potrebbe significare un aumento della presenza maschile giovane dovuta a maggiore mobilità di giovani maschi nati o nell'annata precedente o in

quella in atto. Nelle femmine i risultati osservati indicano soggetti pronti alla riproduzione. Nel rapporto tra cefalotorace e lunghezza totale i dati presentano delle differenziazioni non omogenee tra i due sessi, facendo pensare che un diverso rapporto tra le due parti corporee sia indice anche di un diverso stato fisiologico degli esemplari riconducibile ad un diverso sviluppo della regione gastrica o delle gonadi.

6. CONCLUSIONI.

Sulla base di quanto osservato nel corso di questo studio preliminare sembra opportuno formulare delle prime considerazioni.

Gli esiti ottenuti hanno messo in evidenza differenze significative per quanto riguarda il numero di soggetti catturati e le dimensioni somatiche in funzione dei siti ed in funzione della stagione. Lo studio si è limitato ad una zona alquanto ristretta (circa 10 km²) nell'ambito di un bacino molto più ampio e pertanto gli esiti ottenuti costituiscono una prima indicazione sulla popolazione di *Procambarus clarkii* nel bacino oggetto di studio, ma non può essere ritenuta rappresentativa dell'intera area.

Limitatamente agli scoli e all'intervallo di tempo presi in esame, si è rilevata una presenza del gambero rosso non troppo elevata e come detto più sopra differenziata tra gli scoli. Le ragioni di tali differenziazioni, anche se dovranno essere confermate da ulteriori indagini, sembrano principalmente riconducibili ai lavori di manutenzione più o meno recenti, nonché alla tipologia degli scoli e alle caratteristiche del fondale e della qualità dell'acqua.

In base a quanto si è rilevato e di quanto viene indicato in letteratura (Geiger et al., 2005; Scalici et al., 2009; Peay, 2009; Perdikaris et al., 2012) si può pensare ad un piano di cattura programmata sul territorio e nell'arco dell'anno per poter controllare le popolazioni presenti di gambero rosso che come ormai noto può rappresentare un fattore di particolare minaccia alla biodiversità animale e vegetale nonché all'assetto idrogeologico. Ulteriori indicazioni riportano, come in un piano di eradicazione di una data specie sia più facile lavorare su un territorio confinato come un lago piuttosto che su corsi d'acqua (Peay, 2010).

Per quanto attiene le modalità di cattura con gabbie, le risposte ottenute nel presente studio forniscono dati incoraggianti per quanto attiene la tipologia utilizzata, avendo catturato esemplari adulti e giovani. Non sono stati catturati esemplari appartenenti ad altre specie.

Le catture più abbondanti si sono verificate con un range termico compreso tra i 18°C e 23°C e livelli idrici all'interno dei canali di scolo non inferiori a 15 cm. Sembra quindi che attuare un piano di cattura durante i mesi primaverili o tardo estivi potrebbe consentire di ridurre il numero di soggetti presenti in una determinata zona.

Si rendono necessari ulteriori dati sulla dinamica di popolazione di questo crostaceo per poter individuare la taglia migliore di cattura e considerare le valutazioni fatte in precedenza da altri autori secondo i quali la cattura di taglie relativamente elevate potrebbe costituire una strategia per contenere la richiesta metabolica a carico dell'ambiente (Geiger et al., 2005).

L'attuazione di un simile piano va tuttavia considerata dopo aver valutato alcuni fattori quali:

- individuazione dei canali maggiormente esposti alla invasione della specie;
- condizioni idrogeologiche dei suddetti canali;
- presenza di fauna e flora nella zona interessata;
- impatto che la pesca può avere a seconda del periodi in cui si attua;
- costi richiesti.

Da ultimo non va sottovalutata la possibilità di sfruttare la presenza del gambero rosso come risorsa alimentare al pari delle specie ittiche. La sensibilità ad agenti inquinanti e la capacità di stoccare a livello di epatopancreas metalli pesanti rappresentano un altro elemento da considerare sia per quanto riguarda l'utilizzo da parte degli animali che quello da parte dell'uomo.

7. BIBLIOGRAFIA

TESTI:

- Aquiloni L. and Gherardi F. (2010). The use of sex pheromones for the control of invasive populations of the crayfish *Procambarus clarkii*: a field study. *Hydrobiologia* 649: 249-254.
- Castaldelli Gisepe., Mantovani Sara., Rizzati Elena., Lanzon Mattia., Rossi Remigio. Distribuzione del gambero rosso della Louisiana nel delta del Po. *La pagina scientifica* 93-105.
- Corotto F. S. and O'Brien M. R. (2002). Chemosensory stimuli for the walking legs of the crayfish *Procambarus clarkii* .*J. chimica Ecology*, 28, 1117-1130.
- Geiger W., Alcorlo P., Baltanas A. and Montes C. (2005). Impact o fan introduces crustacean on the trophic webs of Mediterranean wetlands. *Biological Invasions* 7. 49-73.
- Gherardi F. (2011). Towards a sustainable human use of freshwater crayfish (Crustacea, Decapoda, Astacidea). *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.* 401, 02.
- Giannetto D., Carosi A., Franchi E., Ghetti I., Pedicillo G., Pompei L. and Lorenzoni M. (2012). Assessing the impact of non-native freshwater fishes on native species using relative weight. *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.* 404, 03.
- Gutierrez-Yurrita P. J. and Montes C. (1998). Environmental factors controllino crayfish *Procambarus clarkii* activity in the Donana National park freshwater marsh (SW-Spain). *Comaprative biochemistry and Physiology , Part A* 120, 713-721.
- Hanfling B., Edwards F. and Gherardi F. (2011). Invasive alien crustacea: dispersal, establishment, impact and control. *BioControl* 56, 573-595.
- Hanfling B., Edwards F. and Gherardi f. (2011). Invasive alien Crustacea: dispersal, establishment, impact and control. *Biol. Control* 56: 573-595.
- Hanfling B., Edwards F. And Gherardi f. (2011). Invasive alien crustacea: dispersal, establishment, impact and control. *Biol. Control* 56: 573-595.
- Holdich D. M. (1993). A review of astaciculture: freshwater crayfish farming. *Aquat. Living Resour.* 6, 307-317.

- Holdich D. M., Reynolds J. D. Souty-Grosset C. and Sibley P. J. (2010). A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.* 394-395, 11.
- Hudina S., Lucic A., Zganec K. and Jankovic S. (2011). Characteristics and movement patterns of a recently established invasive *pacifastacus leniusculus* population in the river Mura, Croatia. *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.* 403, 07
- Hudina S., Lucic A., Zganec K., Jancovic S. (2011). Characteristics and movement patterns of a recently established invasive *Pacifastacus leniusculus* population in the river Mura, Croatia. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 403, 07.
- Hudina S., Lucic A., Zganec K., Jancovic S. (2011). Characteristics and movement patterns of a recently established invasive *pacifastacus leniusculus* population in the river mura, croatia. *Knowledge and management of aquatic ecosystems*, 403, 07.
- Klose K. and Cooper S. D. (2012). Contrastino effects o fan invasive crayfish (*Procambarus clarkii*) on two temperate stream communities. *Freshwater Biology* 57, 526-540.
- Lewis S. (2002). *Pacifastacus*. IN: Holdich D. (ed.), *biology of Freshwater crayfish*, 1st edition, Blackwell Science, >London, 511-534.
- Lewis s. (2002). *Pacifastacus*. In: Holdich D. (ed.), *biology of freshwater crayfish*, 1st edition, blackwell science, >london, 511-534.
- Mancini Alessandro (1986). *Astacicoltura allevamento e pesca dei gamberi d'acqua dolce*. *Edagricole* 5,11
- Paglianti A. and Gherardi F. (2004). Combined effects of temperature and diet on growth and survival of young-of-year crayfish: a comparison between indigenous and invasive species. *J. Crustac. Biol.* 24: 140-148.
- Paglianti A. and Gherardi F. (2004). Combined effects of temperature and diet on growth and survival of young-of-year crayfish: a comparison between indigenous and invasive species. *J. Crustac. Biol.* 24: 140-148.
- Paillisson J. M., Soudieux A. and Damien J. P. (2011). Capture efficiency and size selectivity of sampling gears targeting red-swamp crayfish in several freshwater habitats. *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.* 401,
- Peay S. (2010). Invasive non-indigenous crayfish species in Europe: Recomendations on managing them. *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.* 394-395, 03.

- Perdicarix C., Kozak P., Kouba A., Konstantinidis E. and Paschos I. (2011). Socio-economic drivers and non-indigenous freshwater crayfish species in Europe. *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.* 404, 01.
- Rodriguez C. F., Becares E., Fernandez-Alaez M., and Fernandez_Alaez C. (2005). Loss of diversity and degradation of wetlands as a result of introducing exotic crayfish. *Biological Invasions* 7, 75-85.
- Savini D. (2007). Rinvenimento della specie aliena invasiva *Procambarus clarkii* (Astacidea: Cambaridae) nella riserva naturale “Bosco Siro Negri” (Zerbolò – Pavia). *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.* 83: 33-37.
- Scalici M. , Pitzalis M. and Gibertini G. (2009). Crayfish distribution updating in central Italy. *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.* 394, 06.
- Scalici M. and Gherardi F. (2007). Structure and dynamics of an invasive population of the red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) in a Mediterranean wetland. *Hydrobiologia* 583: 309-319.
- Scalici M. and Gherardi F. (2007). Structure and dynamics of an invasive population of the red swamp crayfish (*procambarus clarkii*) in a mediterranean wetland. *Hydrobiologia* 583: 309-319.
- Scalici M. and Gherardi F. (2007). Structure and dynamics of an invasive population of the red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) in a Mediterranean wetland. *Hydrobiologia* 583, 309-319.
- Scalici M., Chiesa S., Scuderi S., Celauro D. and Gibertini G. (2010). Population structure and dynamics of *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) in a Mediterranean brackish wetland (Central Italy). *Biol Invasions* 12, 1415-1425.
- Souty-Grosset C., Holdich D., Noel P. et al. (2006). Atlas of crayfish in Europe. *Museum national d’Histoire Naturelle, Paris*, 187 p.
- Souty-Grosset C., Holdich D., Noel P. Et al. (2006). Atlas of crayfish in europe. *Museum national d’histoire naturelle, paris*, 187 p.
- Vioque-Fernandez A., Alves de Almeida E. and Lopez-Barea J. (2008). Assessment of Donana National park contamination in *Procambarus clarkii*: Integration of conventional biomarkers and proteomic approaches. *Science of the Total Environment* 407, 1784-1797.

- Wizen G., Galil B. S., Shlagman A. and Gasith A. (2008). First record of red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) in Israel – too late to eradicate? *Aquatic Invasions* 3, 181-185.
- Yue G. H., Li J. L., Wang C. M., Xia J. H., Wang G. L. and Feng J. B. (2010). High prevalence of multiple paternity in the invasive crayfish species, *Procambarus clarkii* . *International J. Biological Sciences* 6, 107-115.
- Yue G. H., Wang G. L., Zhu B. Q., Zhu Z. Y. and Lo L. C. (2008). Discovery of four natural clones in a crayfish species *Procambarus clarkii*. *Int. J. Biol. Sci.* 4, 279-282.

8. SITI INTERNET.

- www.animalspot.net
- www.aquasnail.blogspot.it
- www.calabriapescaonline.it
- www.commons.wikimedia.org
- www.freenatureimages.eu
- www.invertebrati.info/articoli_file/anatomiacrostacei_file/anatomiaesterna.htm
- www.invertebrati.info/articoli_file/anatomiacrostacei_file/anatomiaesterna.htm
- www.ittiofauna.org
- www.neozoen-bodensee.de/neozoen/orconectes-lim
- www.nswaqua.com.au/fish-species/crayfish/
- www.pubblicitaitalia.com
- www.wikipedia.org/wiki/File:Austropotamobius_pallipes.jpg
- www.zoology.fns.uniba.sk/poznavacka/crustacea.htm

9. RINGRAZIAMENTI.

Si ringraziano:

- Il Consorzio Agrario Adige Euganeo, in particolare il Geom. Daniele Buson, la Prof. Chiara De Fassi Negrelli Rizzi e tutto il personale del consorzio di bonifica che mi ha seguito.
- I familiari (Augusto, Fernanda e Manuel).
- Coloro che mi hanno aiutato sia moralmente che nella stesura e impostazione di questo lavoro (Monica e Giuseppe, Michele).