

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA  
SCUOLA DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E  
NATURALI**

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN  
CONSERVAZIONE E GESTIONE DELLA NATURA**



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI GENOVA**

**Tesi di Laurea in Conservazione e Gestione della Natura**

**ANALISI DELLE STRATEGIE TROFICHE DELLE  
POPOLAZIONI DI *SPELEOMANTES STRINATII* &  
*SALAMANDRINA PERSPICILLATA* DELLA  
VALBREVENNA**

Relatore:  
Prof. Sebastiano Salvidio

Correlatore:  
Prof. Bavestrello Giorgio

Candidato:  
Bedotti Giulia 4364966

ANNO ACCADEMICO 2020/2021

## Indice

1. Introduzione .....	3
2. Generalità .....	4
3. Area di Studio .....	7
3.1. Valbrevenna .....	7
3.2. Inquadramento climatico.....	12
4. Materiali e Metodi .....	14
4.1. Specie studiate .....	14
4.2. <i>Speleomantes strinatii</i> (AELLEN, 1958) .....	14
4.3. <i>Salamandrina perspicillata</i> (SAVI, 1821) .....	18
4.4. Campionamento .....	22
4.5. Laboratorio .....	35
4.6. Analisi dei Dati .....	43
5. Risultati .....	56
5.1. Regressioni .....	60
5.2. Shannon & Evenness .....	64
5.3. Indice $O_{jk}$ di Pianka .....	69
5.4. Metodo Grafico di Amundsen.....	77
5.5. ANOSIM .....	85
5.6. SIMPER .....	86
5.7. Non-Metric Multidimensional Scaling (nMDS) .....	87
6. Conclusioni .....	89
7. Bibliografia e Sitografia .....	93
8. Ringraziamenti .....	95

## INTRODUZIONE

L'obiettivo della seguente tesi è quello di analizzare le diverse strategie trofiche delle popolazioni di Geotritone di Strinati, *Speleomantes strinati* (AELLEN, 1958), e di Salamandrina di Savi, *Salamandrina perspicillata* (SAVI, 1821), in Valbrevenna.

Lo studio della nicchia trofica delle diverse popolazioni aiuterà a comprendere meglio l'adattamento ecologico delle due specie in habitat eterogenei.

In questo lavoro sono state analizzate le strategie trofiche e le disponibilità trofiche delle popolazioni presenti nei siti presso le località di Casareggio, Ghiaion e Gordena.

In tutti i siti, è stata effettuata l'analisi dei contenuti stomacali individuali nelle diverse popolazioni di salamandre attraverso "stomach flushing", inoltre, in tutti i siti sono stati analizzati i diversi popolamenti di invertebrati effettivamente disponibili nell'ambiente, attraverso l'utilizzo di trappole a caduta.

In seguito, tutti i campioni ottenuti sono stati analizzati in laboratorio utilizzando uno stereoscopio.

I dati ottenuti hanno permesso di analizzare le strategie trofiche sia a livello della singola popolazione, sia tra le popolazioni di zone diverse.

## GENERALITÀ

Numerose popolazioni di anfibi sono attualmente in regressione per via di problematiche di carattere conservazionistico che variano dall'inquinamento, al riscaldamento climatico e alla riduzione di habitat idonei. In aggiunta, negli ultimi anni si è assistito ad un incremento delle patologie emergenti, tra cui la chitridiomicosi, causata per esempio da *Batrachochytrium dendrobatidis* e *B. salamandrivorans*. Proprio per questi motivi lo studio e la conservazione di questi animali risultano particolarmente urgenti e necessari (DI NICOLA, 2021).

È possibile fare una distinzione tra specie o popolazioni generaliste e specie o popolazioni specializzate. Le prime sono composte da individui che sfruttano le risorse ambientali in proporzioni simili a quelle disponibili nell'ambiente stesso, mentre le popolazioni specializzate selezionano una gamma limitata delle risorse che l'ambiente gli mette a disposizione (cfr. ROSA et al., 2019). Sia *S. strinatii* che *S. perspicillata* sono tendenzialmente specie generaliste e, come tutte le popolazioni di salamandre, giocano un ruolo ecologico fondamentale nella catena trofica dell'ambiente. In particolare, *S. perspicillata* risulta generalista nel periodo primaverile, diventando, invece, più specializzata nel periodo autunnale (ROSELLA et al., 2015).

In particolare, come afferma BURTON T. M., le popolazioni di *Plethodontidae* come *S. strinatii* svolgono la funzione di regolatori top-down per quanto riguarda la comunità della pedofauna e, contemporaneamente, sono una preda per gli ordini di consumatori superiori (e.g. piccoli mammiferi, uccelli e altri anfibi), formando così una connessione fondamentale a livello della catena alimentare, mettendo in contatto la pedofauna e la fauna epigea.

Inoltre, i diversi tessuti delle salamandre presentano alti contenuti di proteine, grazie alla loro capacità di convertire buona parte dell'energia assunta con l'alimentazione (60% ca.) nella formazione di nuovi tessuti, rinnovandoli così più volte l'anno. Proprio per questo motivo rappresentano un'ottima fonte di proteine per i predatori potenziali. In aggiunta, le salamandre presentano un home-range molto contenuto che gli impedisce di trasportare energia all'interno o al di fuori dell'ecosistema stesso.

È importante chiarire che molte popolazioni generaliste sono composte da individui specializzati che a livello fenotipico e comportamentale sono differenti tra loro e quindi possono dimostrare differenze anche sul piano ecologico a livello dei singoli individui (ARAÚJO et al., 2009).

Questo scenario è particolarmente presente nelle popolazioni di anfibi in ambiente temperato. Infatti, le loro attività riproduttive e trofiche sono particolarmente legate a quelli che sono i modelli stagionali di precipitazioni e di umidità, portando a grandi variabili a livello ecologico (HUTTON et al., 2019).

Tenendo conto che le popolazioni di anfibi a livello globale sono in declino, è importante capire quale sia il loro ruolo nella catena trofica e quali conseguenze potrebbe comportare una variazione nell'abbondanza di queste popolazioni (o una loro estinzione locale) a livello della cascata trofica stessa (BONDI et al., 2015).

Lo studio del comportamento trofico negli anfibi fornisce dati affidabili e risulta di facile esecuzione, poiché i dati necessari possono essere ottenuti facilmente e attraverso tecniche poco invasive come lo "stomach flushing", ovvero una lavanda gastrica dei contenuti stomacali sugli animali vivi (COSTA et al., 2014). Questa tecnica, se effettuata correttamente, si può ritenere non invasiva anche nel caso di campionamenti ravvicinati nel tempo sulle stesse popolazioni, arrivando a ottenere interamente i contenuti gastrici presenti nel 95% dei casi (BONDI et al., 2015) e non porta all'eutanasia dell'animale, comportando dei grandi vantaggi sia sul livello etico che sul livello organizzativo. Queste metodologie non invasive sono infatti da preferire ad altre tecniche più impattanti (CROVETTO et al. 2012).

La strategia trofica delle salamandre può essere utilizzata per comprendere la risposta della disponibilità e l'acquisizione di prede al variare di fattori esterni, sia a livello di popolazione che del singolo individuo (e.g. variazioni stagionali) (HUTTON et al., 2019). Inoltre, il comportamento di foraggiamento degli anfibi sembra un argomento ottimale per comprendere meglio le relazioni tra la specializzazione individuale e l'adattabilità delle popolazioni al loro ambiente (BOLNICK et al., 2007).

In particolare, nelle salamandre terrestri la digestione totale delle prede avviene in 4 giorni (cfr. CROVETTO et al., 2012), quindi i contenuti stomacali ottenuti in seguito allo stomach flushing rappresentano più giorni di predazione differenti e garantiscono un'accettabile integrità potenziale dei campioni per l'identificazione.

## AREA DI STUDIO

### Valbrevenna

La Valbrevenna è situata all'interno dell'alta Valle Scrivia ed è compresa nel Parco Naturale Regionale dell'Antola, in provincia di Genova, Liguria (IT). Il territorio coincide quasi completamente con il bacino idrografico del torrente Brevenna, ad eccezione del tratto finale della valle, che fa parte dei comuni di Casella e Savignone.

La valle si sviluppa da est verso ovest; i suoi ripidi versanti sono in gran parte ricoperti di boschi di castagno (*Castanea sativa*), rovere (*Quercus petraea*), carpino (*Ostrya carpinifolia*) e frassino (*Fraxinus ornus*), mentre alle quote più alte si trovano prati e pascoli. Le poche aree coltivate sono organizzate a terrazzamenti con muri a secco, molti dei quali in stato di abbandono.

Confina a nord con i comuni di Crocefieschi, Vobbia e Carrega Ligure (AL), a sud con Montoggio e Torriglia, ad ovest con Savignone e Casella e ad est con Propata.

Oltre a Molino Vecchio le principali frazioni che costituiscono il comune sono: Carsi, Clavarezza, Frassinello, Nenno, Pareto, Tonno e Senarega per una superficie totale di 34,67 km<sup>2</sup>.

Secondo i dati ottenuti dall'andamento termo-pluviometrico, la zona è caratterizzata da un clima sub-mediterraneo in transizione verso il tipo continentale, con precipitazioni distribuite durante tutto l'anno, con un minimo in estate e un massimo in autunno, dettaglio ottimale per favorire la vita agli anfibi. Inoltre, nella valle è stato misurato un'importate surplus di acqua. La distribuzione annuale delle isoiete (curve chiuse che indicano le aree interessate dalla stessa quantità di precipitazioni) ha un andamento solo in parte crescente con l'altitudine e influenzato dalla circolazione marittima, con valori più elevati in prossimità della dorsale ligure e valori massimi concentrati sul settore orientale influenzate dalla circolazione atmosferica intorno al Mar Ligure.

A livello geologico, quest'area è caratterizzata da diverse formazioni e Unità Tettoniche che si sviluppano lungo il nodo alpino-appenninico. Le formazioni geologiche affioranti risalgono alle Ere che vanno dal Cretaceo al Miocene: la più antica è rappresentata dalle Unità Flysch della Valpolcevera, risalenti al Cretaceo e caratterizzate da scisti (scisti di Mignanego, Montanesi e Ronco) affioranti nel settore medio della Valle Scrivia tra Casella e Ronco Scrivia. Il Flysch della formazione del Monte Antola (Unità Antola, Cretaceo superiore) sovrasta le formazioni di questa Unità nel settore di alta valle tra Torriglia e Montoggio. Questi flysch sono costituiti principalmente da calcari marnosi, e presentano un complesso di base (Scisti di Montoggio), che affiorano in modo discontinuo tra Montoggio e Isola del Cantone, generalmente in settori ristretti.

Inoltre, sono presenti delle formazioni oligo-mioceniche in alcuni settori della Valle che appartengono al Bacino Terziario Piemontese (BTP) e possono essere indicate come i Conglomerati di Molare e Savignone. Queste formazioni sono caratterizzate da conglomerati poligenici di delta a ventaglio (SACCHINI et al., 2016).

Le carte seguenti sono state realizzate utilizzando l'EPSG: 3003 (Monte Mario/Italy Zone 1). I diversi layers sono stati scaricati dal Geoportale della Regione Liguria e dal Geoportale della Regione Piemonte.



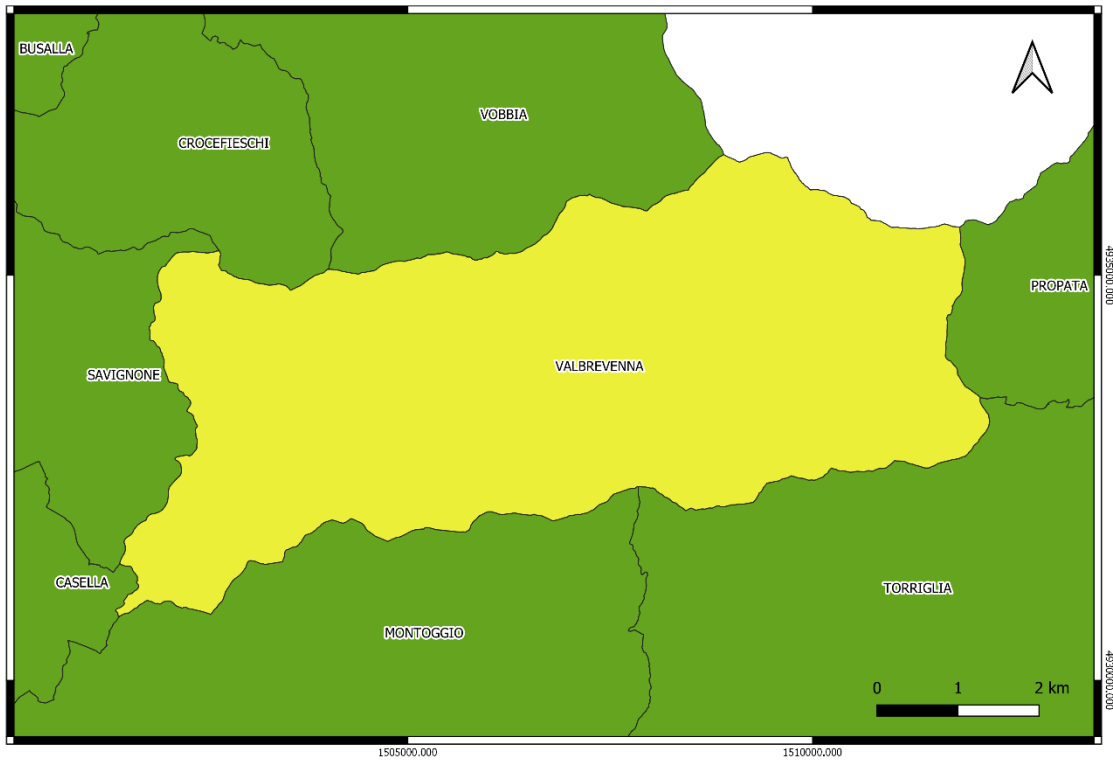


Figura 1 - Inquadramento della Valbrevenna in Liguria. Carta realizzata con il software QGis.

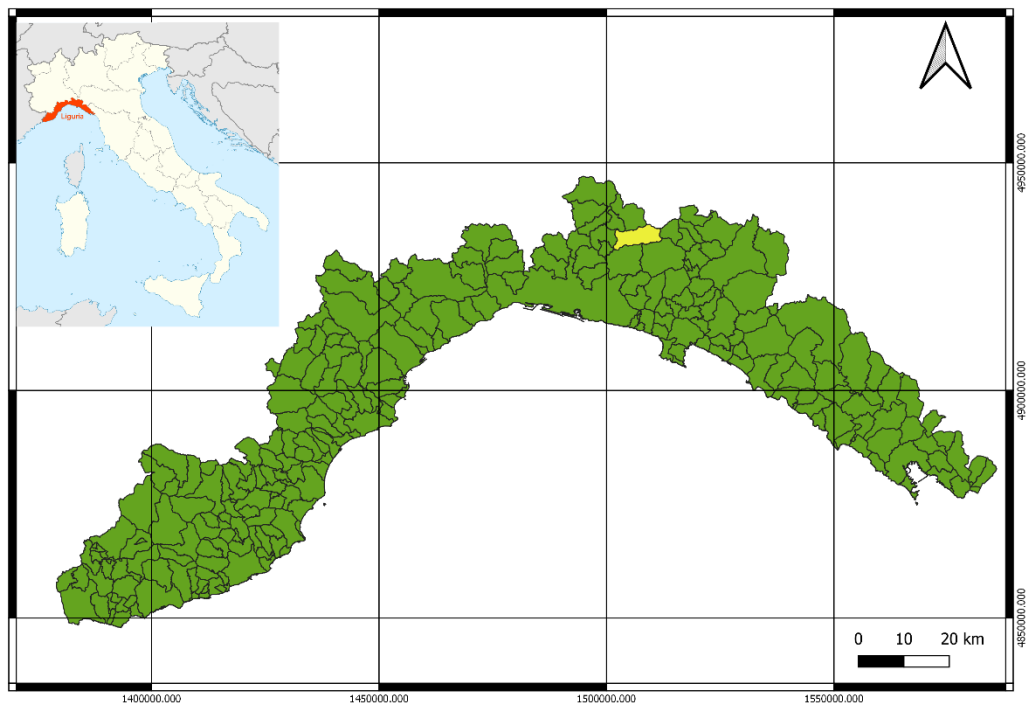
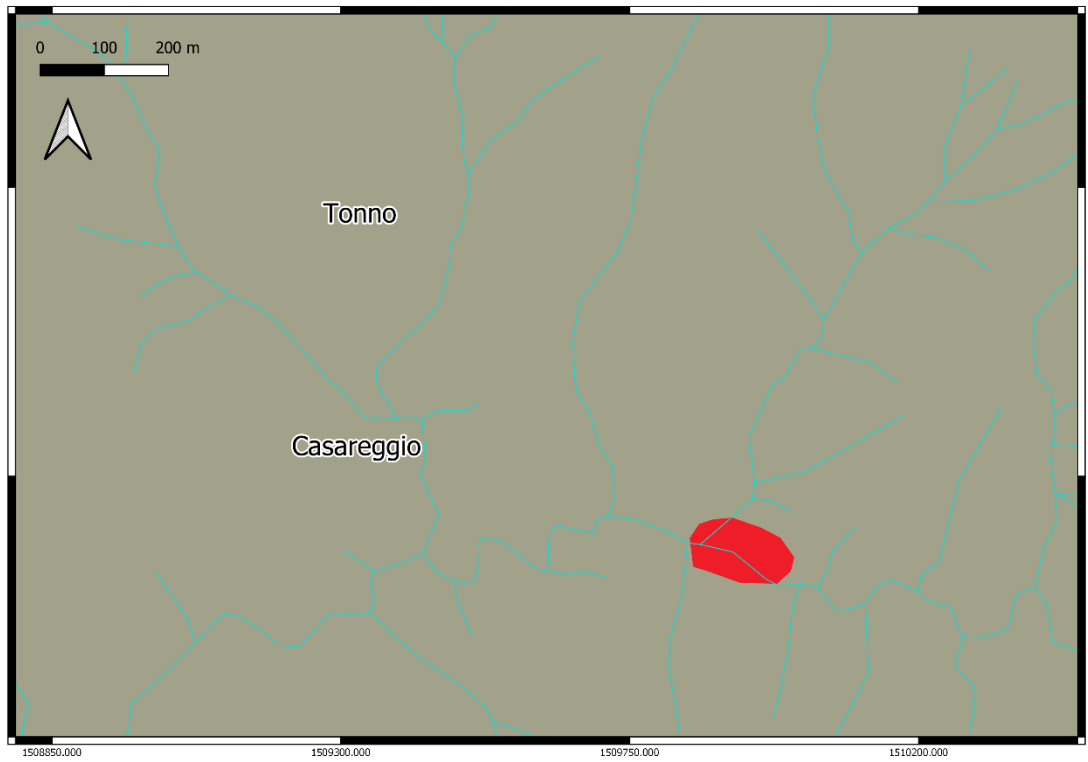
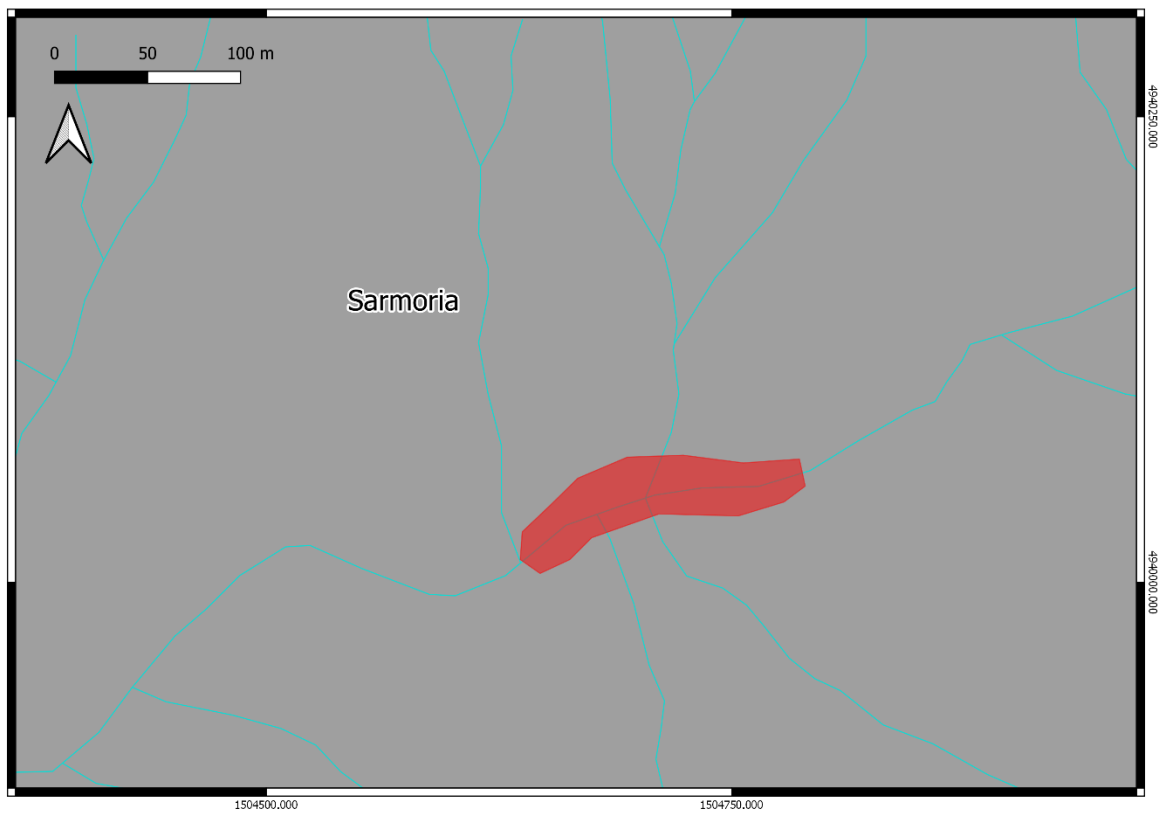


Figura 2 - Inquadramento nazionale e regionale della Valbrevenna. Carta realizzata con il software QGis.



*Figura 3 - Inquadramento geografico del sito di Casareggio.*



*Figura 4 - Inquadramento geografico del sito di Ghiaion.*

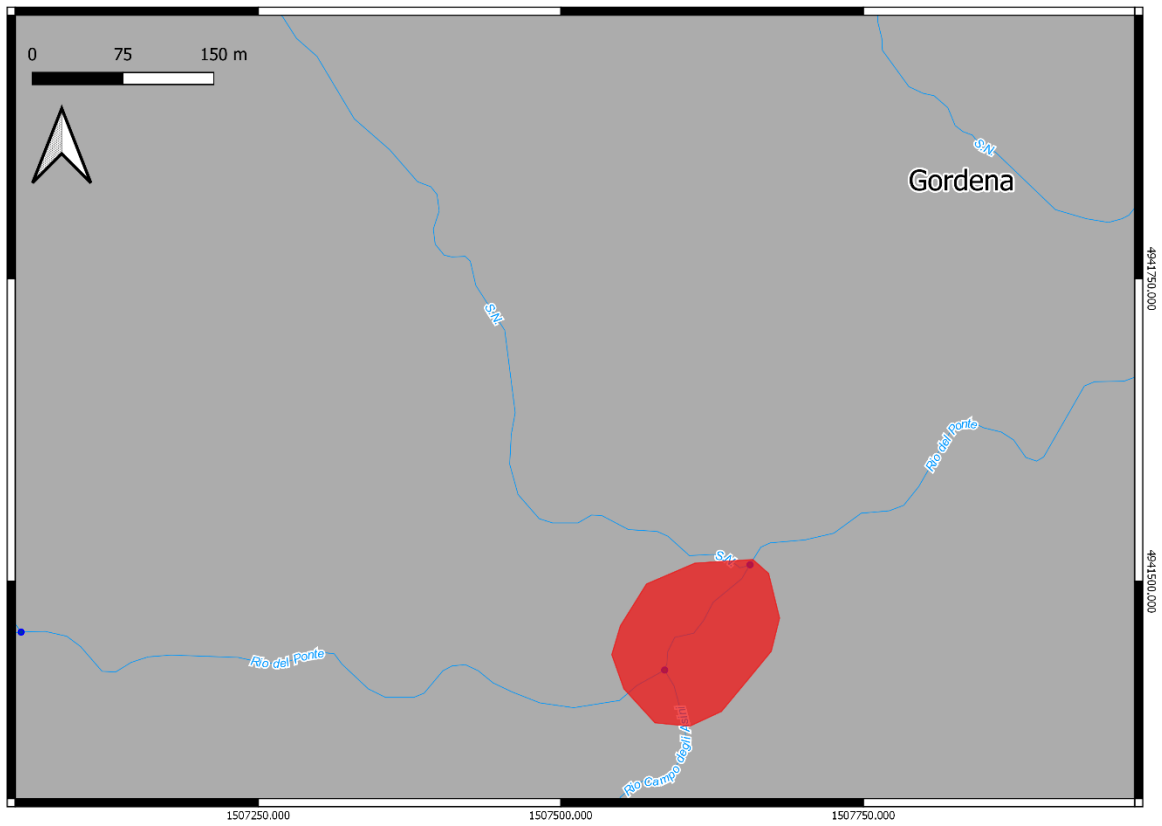


Figura 5 - Inquadramento geografico del sito di Gordena.

## **Inquadramento climatico**

Come si può vedere nel diagramma ombrotermico della Valbrevenna relativo all'anno 2020 (Figura 6), l'area presenta dei periodi autunnali e primaverili caratterizzati da forti precipitazioni e temperature relativamente basse, tra i 7,9°C e i 18°C. Queste condizioni climatiche fanno sì che l'area risulti particolarmente adatta per gli anfibi, in particolare per il periodo riproduttivo di questi animali, che avviene durante la primavera e l'autunno.

Di seguito sono riportati anche i dati dell'umidità relativa media registrati nelle giornate dei campionamenti. Nei grafici si possono osservare valori relativamente alti, in particolare nella data del 29/04/2021 dove non scendono al di sotto del 90% circa. Questa umidità particolarmente elevata va a confermare quanto detto in precedenza, ovvero che l'ambiente campionato è particolarmente adatto per la vita degli anfibi sotto l'aspetto climatico, inoltre questi valori elevati hanno permesso di campionare animali attivi anche nelle ore diurne.

I dati per il grafico ombrotermico e per i grafici dell'umidità relativa sono stati scaricati dal sito della Regione Liguria. Per la realizzazione del grafico ombrotermico è stato utilizzato Excel, inserendo in una tabella i dati relativi alla temperatura media mensile e le precipitazioni mensili per l'anno 2020. In seguito, è stato costruito un grafico composto, con i mesi sulle ascisse e sulle due ordinate le precipitazioni in mm (a sinistra) e la temperatura in °C (a destra).

### Diagramma Ombrotermico della Valbrenna Anno 2020

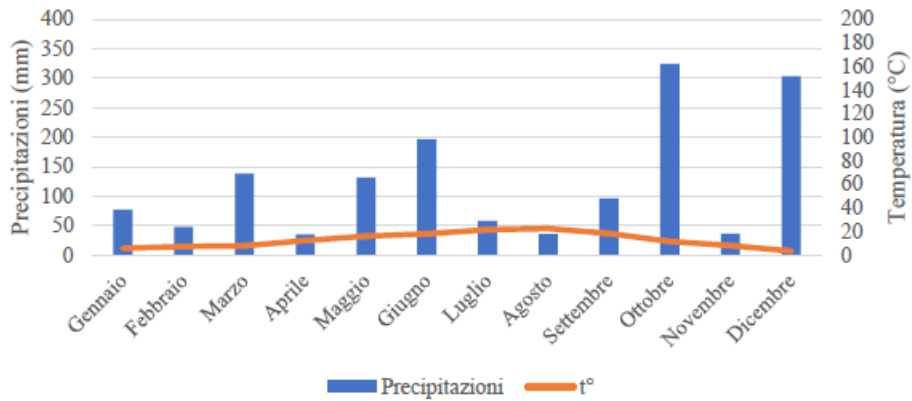


Figura 6 - Diagramma ombrotermico della Valbrenna realizzato con Excel.

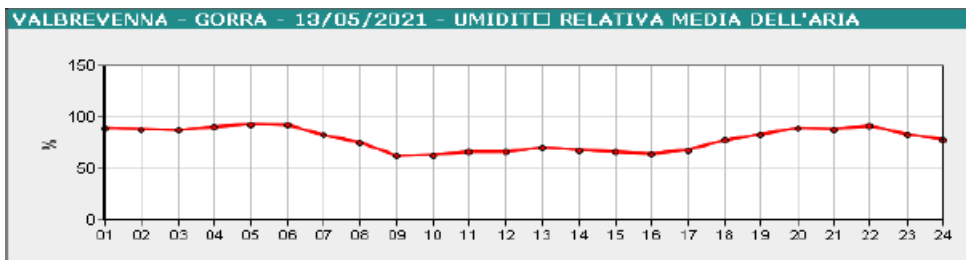
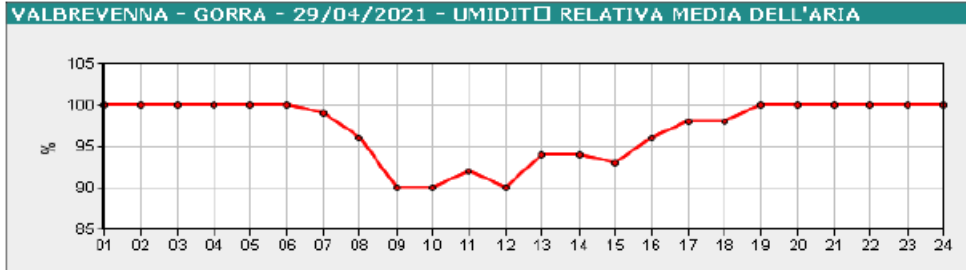
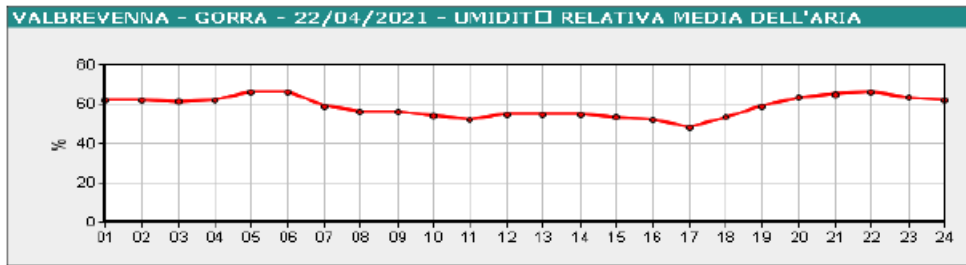


Figura 7 - Dati dell'umidità relativa media nelle date dei campionamenti

# MATERIALI E METODI

## Specie studiate

### *Speleomantes strinatii* (AELLEN, 1958)

#### Morfologia

Il Geotritone di Strinati è un anfibio di medie dimensioni completamente terrestre, con dita caratterizzate da estremità non o debolmente slargate, più o meno troncate, raramente appuntite e privo di polmoni, per questo motivo vengono chiamati anche “lungless salamanders”.

La colorazione dorsale può essere molto variabile, presentando un fondo marrone più o meno scuro con macchie di varie tonalità, sia monocromatiche che policromatiche, di colore bruno, rosso, giallo, grigio o verdastro. Il ventre è di colore bruno, con diverse percentuali di bianco, con la zona sottogolare solitamente più chiara rispetto al resto del ventre. Presentano un dimorfismo sessuale, con dei cirri nasolabiali più sviluppati e la presenza di una ghiandola mentoniera ben visibile nei maschi (DI NICOLA, 2021), utilizzata durante l'accoppiamento. Tutte le specie europee di geotritoni presentano zampe palmate che li rendono ottimi arrampicatori, è infatti necessario verificare la corretta chiusura dei contenitori dove si posizionano durante i campionamenti, altrimenti si rischia che alcuni esemplari possano fuoriuscire senza troppe difficoltà.

La lingua è pedunculata, a forma di fungo, e può essere estroflessa a diversi cm di distanza, permettendo così di catturare prede relativamente distanti. Nella lingua si trova l'osso ioide, con una funzione strutturale, che viene quindi espulso al di fuori del corpo durante la cattura della preda, ad una distanza pari a circa l'80% del corpo dell'animale. Questo dettaglio rende i geotritoni gli unici animali in grado di estroflettere una parte ossea al di fuori del proprio corpo.

La perdita dei polmoni e la morfologia del cranio, più stretto rispetto agli altri Taxa più acquatici, suggeriscono una correlazione tra le due strutture e testimoniano un grande adattamento all'ambiente terrestre. Infatti, si suppone che questa forma più stretta del cranio aiuti durante la predazione nell'ambiente terrestre, permettendo di raggiungere ambienti altrimenti inaccessibili sotto rocce o legni. Inoltre, un cranio così piccolo e la relativa muscolatura non sarebbero in grado di pompare sufficiente aria all'interno dei polmoni, portando gradualmente alla loro perdita. Per questo motivo questi animali si basano unicamente sulla respirazione cutanea. Dalla perdita dei polmoni deriva anche la capacità di proiettare la lingua al di fuori del corpo, poiché non essendo più usata per la respirazione, può essere impiegata nella cattura delle prede (WELLS, 2007).

### **Habitat ed Ecologia**

È una specie tipica dei boschi appenninici o appennino-mediterranei, presente da pochi metri s.l.m. fino a quote montane, su diversi substrati. Colonizza solitamente versanti umidi e ombrosi, o comunque valli fresche e con presenza di corsi d'acqua, ma è rinvenibile anche in contesti più aperti e poveri di vegetazione. L'attività epigea è generalmente notturna, ma nelle giornate umide si può trovare anche nelle ore diurne.

Solitamente trascorre le ore più calde restando rifugiato sotto pietre, radici, tronchi o dentro fessure di muri o muretti e in cavità ipogee sia naturali che artificiali.

Se minacciato assume un atteggiamento difensivo che consiste in un irrigidimento posturale, col corpo sollevato sulle zampe e con escrezioni cutanee repulsive. Inoltre, può rifugiarsi velocemente in fessure di difficile accesso per eventuali predatori di grosse dimensioni (DI NICOLA, 2021).

Sono in grado di cacciare sfruttando la chemiorecezione, sfruttando le caratteristiche fessure nasolabiali. Questi solchi servono per mettere in contatto il substrato solido con la narice, permettendo di esplorare il suolo toccandolo col muso ed entrando in contatto con le sostanze umide presenti in esso. Quindi, per questi animali, la comunicazione e l'esplorazione non avvengono unicamente per via aerea, ma anche attraverso le sostanze depositate sul suolo.

## Riproduzione

*S. strinatii* presenta una riproduzione interna, che avviene dopo un rituale di corteggiamento molto complesso e specie-specifico, chiamato “camminata ondeggiante” (tail straddle). In questo rituale il maschio sfrutta i feromoni prodotti dalla ghiandola mentoniera, entrando in contatto tattile con la femmina, strofinando la suddetta ghiandola sul muso della partner. Dopodiché, la femmina segue il maschio che ondeggia la coda, guidandola dietro di sé, e quando la femmina viene convinta ad accoppiarsi col partner, accetta la spermatofores prodotta dal maschio, raccogliendola nella propria cloaca. Tutto questo rituale ha bisogno di una coordinazione perfetta tra i due individui, altrimenti la femmina non riuscirebbe a trovare e raccogliere la spermatofores del maschio.

Le uova vengono deposte in ambiente terrestre, su un suolo umido e in un ambiente riparato. La femmina effettua una protezione attiva delle uova, difendendole da eventuali intrusi. I piccoli nascono già con le sembianze di un individuo adulto, completamente sviluppati al momento della schiusa.

## Tassonomia e Distribuzione

Si tratta di una specie monotipica, senza sottospecie ed è presente in Italia e Francia sud-orientale. È l'unica specie di *Speleomantes* europea non esclusiva dell'Italia. L'areale italiano interessa la fascia compresa tra le Alpi Liguri e l'Appennino settentrionale, in Piemonte, Liguria, Toscana, Emilia-Romagna e Lombardia. Specie simile a *Speleomantes ambrosii* e *Speleomantes italicus*, dai quali si differenzia per l'areale di distribuzione, altrimenti risulterebbe necessaria un'analisi a livello genetico.

A livello tassonomico, i geotritoni mondiali sono un gruppo monofiletico e anche i geotritoni italiani appartengono tutti al genere *Hydromantes* (GISTEL, 1848), ma vengono suddivisi all'interno di due sottogeneri: *Speleomantes* (DUBOIS, 1984), come nel caso della specie analizzata in questa tesi, e *Atylodes* (GISTEL, 1868) nell'unico caso di *Hydromantes (Atylodes) genei* (TEMMINCK & SCHLEGEL, 1838).





Figura 8 – Vista dorsale di un esemplare di *Speleomantes strinatii* catturato nel sito di Pareto. Si possono vedere la colorazione con sfondo marrone ricoperta di macchie policromatiche e le dita debolmente slargate all'apice.

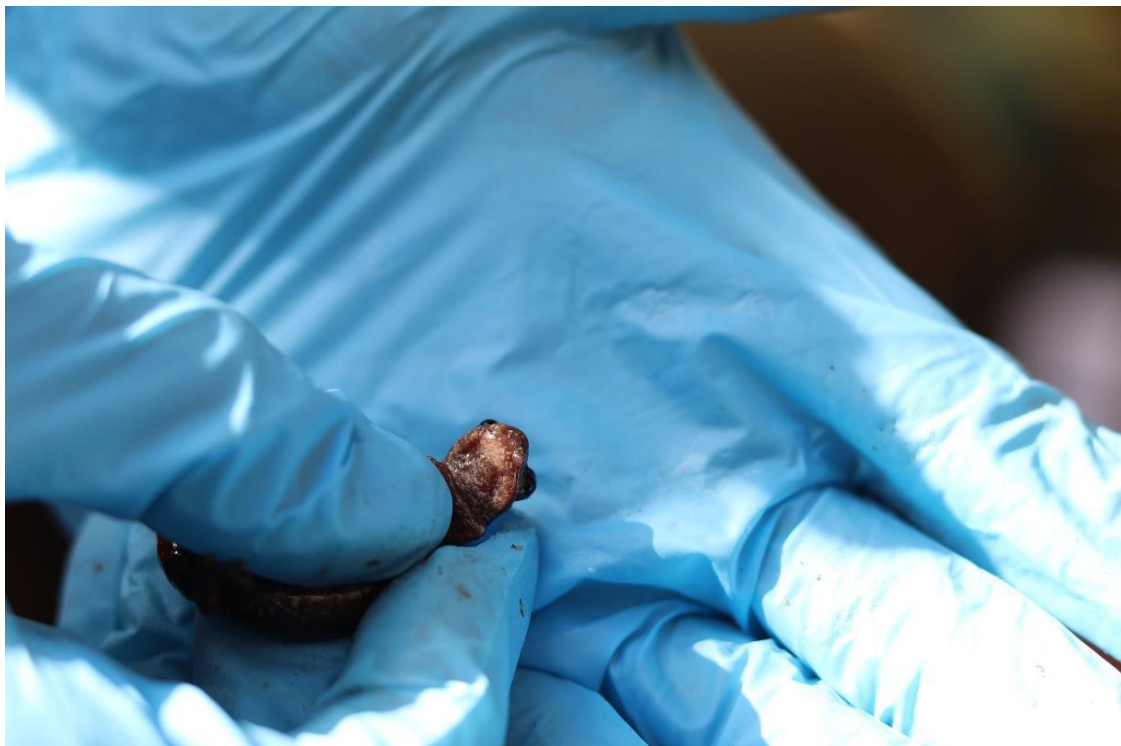


Figura 9 – Dettaglio della ghiandola mentoniera di un esemplare di *Speleomantes strinatii* maschio. La ghiandola viene utilizzata durante il corteggiamento per conquistare la femmina.

## ***Salamandrina perspicillata* (SAVI, 1821)**

### **Morfologia**

La Salamandrina di Savi è un anfibio piccolo e snello, con le coste e le vertebre in rilievo. È l'unico Urodelo che presenta quattro dita anche sugli arti posteriori, caratteristica individuabile anche nelle larve, fondamentale per un'identificazione immediata. Nei maschi, generalmente, la coda e gli arti sono più lunghi rispetto a quelli della femmina, la testa è più grande in proporzione al corpo, le coste sono più corte e la cloaca è leggermente più in rilievo (DI NICOLA, 2021) e ruvida, mentre nella femmina risulta liscia.

Inoltre, la parte ventrale bianca risulta meno opaca nei maschi rispetto che nelle femmine e possono presentare numerosi punti bianchi sui fianchi della coda. In generale i maschi risultano più snelli. Questi animali, al contrario di *S. strinatii*, presentano un paio di polmoni estremamente ridotti (WELLS, 2007).

Le parti dorsali presentano una colorazione bruno/nerastro, con possibili zone rosse verso la parte terminale della coda. Tra gli occhi è presente una macchia bianca a forma di V caratteristica. Il ventre è principalmente bianco con macchie nere e rosse irregolari e mai uguali tra gli individui. Questo pattern rimane invariato per tutta la durata della vita dell'animale. Inoltre, è stato verificato che questi pattern sono simili tra gli individui della stessa popolazione, permettendo di utilizzarli per collocare un individuo all'interno di una popolazione specifica. In particolare, per l'identificazione della popolazione risulta particolarmente efficace la colorazione presente sulla parte ventrale del capo (COSTA et al., 2008). Sulla coda e sulle zampe possono essere presenti delle macchie bruno/rossastre, mentre la parte ventrale della coda e delle zampe è di un rosso acceso (DI NICOLA, 2021).

Anche gli individui appartenenti al genere *Salamandrina* sono in grado di proiettare la lingua al di fuori del proprio corpo per la cattura delle prede, ma con un'estensione minore rispetto ai geotritoni, testimoniando una convergenza evolutiva con i Pletodontidi.

### **Habitat ed Ecologia**

Frequenta habitat caratterizzati da copertura arborea e con corsi d'acqua, dai quali può allontanarsi anche per centinaia di metri. Presenta abitudini principalmente notturne, ma nelle giornate umide si può rinvenire anche nelle ore diurne. I maschi, dopo la metamorfosi, sono unicamente terrestri. Se minacciata inarca il corpo, formando un cerchio, avvicinando testa e coda, mettendo in evidenza la colorazione aposematica del ventre e della coda stessa (DI NICOLA, 2021). È fortemente minacciata dall'alterazione antropica degli habitat (e.g. disboscamento, urbanizzazione, introduzione di ittiofauna alloctona).

### **Riproduzione**

È una specie ovipara e il corteggiamento avviene a terra, terminando con la deposizione e la raccolta della spermatofora da parte della femmina dopo il corteggiamento caratterizzato da movimenti circolari da parte di entrambi i sessi. I siti riproduttivi sono principalmente torrenti, fontanili, abbeveratoi e piccole pozze (DI NICOLA, 2021). La femmina torna in acqua per la deposizione delle uova, mentre il maschio una volta adulto non rientra più in acqua, nemmeno per l'accoppiamento. Depone tra le 20 e le 60 uova, attaccandole a corpi sommersi.

Il primo accoppiamento ha luogo intorno a novembre e la femmina può mantenere la spermatofora raccolta all'interno della spermateca; dopodiché, in primavera, effettuerà un nuovo accoppiamento raccogliendo una nuova spermatofora. Così facendo può mescolare gli spermatozoi dei diversi individui, portando alla nascita di nuovi organismi originati da più padri, aumentando così la diversità genetica nelle popolazioni. Le larve sono acquatiche e quindi differenti rispetto agli adulti ed effettueranno una metamorfosi.

## **Tassonomia e Distribuzione**

Il genere *Salamandrina* è endemico dell'Italia. Con endemismo si intende la presenza esclusiva e caratteristica di un Taxon in una regione circoscritta determinata.

*Salamandrina terdigitata* è stata suddivisa in due specie, *S. perspicillata* e *S. terdigitata*, in seguito ad analisi molecolari su sequenze mitocondriali. La specie *S. perspicillata* è presente dal confine tra Piemonte sud-orientale, Liguria centrale e Lombardia sud-occidentale, al nord della Campania e al Molise. È una specie rinvenibile tra i 200m e gli 800m di altitudine.





*Figura 10 – Vista ventrale di un esemplare di Salamandrina perspicillata catturato nel sito di Tonno.*



*Figura 11 – Vista dorsale di un esemplare di Salamandrina perspicillata catturato nel sito di Tonno.*

## Campionamento

### Metodi

In totale sono stati campionati 8 siti, denominati:

- Tonno
- Riazzo
- Pentema
- Ghiaion
- Casareggio
- Gordena
- Pareto
- Fossato

I campionamenti sono stati effettuati nelle date:

- 22 aprile 2021
- 29 aprile 2021
- 13 maggio 2021

Dal momento che il periodo di campionamento coincideva con la stagione riproduttiva, gli esemplari di *S. perspicillata* rinvenuti in acqua non sono stati campionati, poiché si trattava di femmine impegnate nella deposizione delle uova. Ciò è stato fatto per non recare un disturbo eccessivo all'animale, vista la delicatezza del momento, evitando di compromettere la corretta riuscita della deposizione delle uova.

In questa tesi verranno analizzati i dati ottenuti dai campionamenti effettuati nelle aree denominate: **Casareggio, Ghiaion e Gordena.**

La ricerca degli esemplari nei diversi siti è avvenuta visivamente, cercando in zone umide, ad esempio al di sotto delle pietre, sotto i rami caduti, nella zona basale degli alberi con parte degli apparati radicali esposta, all'interno dei numerosi muretti a secco o dentro alle cavità dei tronchi, o sotto la lettiera formata dalle foglie cadute, laddove presente.

I campionamenti sono stati effettuati in seguito o durante giornate caratterizzate da precipitazioni, in modo da aumentare le probabilità di rinvenimento di animali attivi e non.

Per la ricerca e la cattura degli animali sono stati utilizzati dei guanti da lavoro, sia per sicurezza personale che per quella degli animali, dato che le sostanze presenti sulle mani potrebbero andare ad alterare la respirazione cutanea di questi organismi o esporli ad eventuali sostanze presenti sulla cute umana potenzialmente dannose per questi animali, portando a gravi conseguenze.

Una volta individuato l'animale, questo veniva raccolto delicatamente e posizionato all'interno delle faunabox, contenenti lettiera (in modo da garantire condizioni idonee alla presenza degli animali), utilizzate per il trasporto e la conservazione degli animali.

Ogni faunabox è stata lavata e sterilizzata prima di essere utilizzata per il campionamento nel sito successivo, per evitare il trasporto di eventuali patogeni o funghi dannosi per le diverse popolazioni.



*Figura 12 – Una delle faunabox utilizzate durante il campionamento. Si può notare il coperchio forato per il ricambio dell'aria e il coperchio secondario aperto.*



Prima di effettuare lo stomach flushing, per ogni esemplare sono stati raccolti diversi dati e misurazioni, riportandoli su specifiche tabelle, una per ogni sito e diverse per le due specie:

- ID
- Sesso
- Lunghezza dalla punta del muso alla cloaca (SVL) in mm
- Peso in grammi
- Foto su carta millimetrata

L'ID è fondamentale per associare i diversi campioni con i contenuti stomacali all'esemplare corrispondente. Proprio per questo motivo, all'interno di ogni contenitore è stato inserito un cartellino con l'ID dell'esemplare.

Per l'identificazione del sesso nei geotritoni (*S. strinatii*) è necessario verificare la presenza/assenza della ghiandola mentoniera, presente solamente negli esemplari maschili. Nel caso delle salamandrine (*S. perspicillata*) il metodo più accurato ed affidabile è l'analisi della morfologia cloacale; nei maschi risulta rugosa, mentre nelle femmine ha un aspetto più liscio. Un metodo meno affidabile e più speditivo per distinguere gli esemplari maschili e femminili in *S. perspicillata* è l'osservazione dei puntini bianchi sui lati della coda, questi saranno in numero maggiore negli esemplari maschili rispetto a quelli femminili.

La lunghezza degli esemplari è stata misurata attraverso un righello trasparente appoggiando l'animale nella parte inferiore con il ventre verso l'alto, verificando che l'esemplare fosse ben disteso e non ripiegato su sé stesso. Dopodiché, si è registrato il numero in corrispondenza della cloaca in mm.

Il peso è stato misurato attraverso un bilancino digitale di precisione, registrando il valore in grammi, fino a due cifre decimali.

Inoltre, sulle tabelle dei diversi siti, sono stati riportati:

- Data
- Nome del sito
- Meteo della giornata
- N° osservatori

I diversi dati sono stati scritti a matita per evitare sbavature e perdite dei dati in caso di pioggia o nel caso che il foglio si bagnasse.

Dieta Primavera 2021

Data		Sito	Meteo		Osservatori
22/4/21		TONNO	xle		6
ID	SEX	Weight	SVL mm	TL	Photo
1	F	3,36	61		OK
2	F	3	60		✓
3	M		56		✓

Figura 13 – Tabella dove sono stati riportati i diversi dati e le misurazioni del sito e degli esemplari catturati.



Figura 14 – Nella figura si possono vedere le diverse operazioni effettuate nel sito di Pareto, tra cui lo stomach flushing in alto a destra, il bilancino di precisione al centro e la fotografia su carta millimetrata in basso a destra.

In seguito alla registrazione delle diverse misurazioni, veniva effettuato il campionamento dei contenuti stomacali per i diversi organismi utilizzando la tecnica “stomach flushing”. Questo metodo prevede di pompare delicatamente una determinata quantità d’acqua con una siringa nello stomaco dell’animale, attraverso un tubo di gomma inserito direttamente nell’esofago dell’esemplare. In questo modo si costringe l’animale a rigurgitare il contenuto dello stomaco.

Se la procedura viene eseguita immediatamente dopo il foraggiamento, il materiale ingerito risulterà ancora sufficientemente intatto per l’identificazione e la stima del volume della preda, in caso contrario i resti delle prede potrebbero essere già in parte digeriti, complicando la futura identificazione. In alcuni casi, durante l’analisi in laboratorio per l’identificazione delle prede, alcuni organismi si presentavano in avanzato stadio di digestione, rendendo impossibile l’identificazione. In questi casi, l’organismo veniva catalogato come “Indeterminato”.

La procedura di stomach flushing è stata effettuata due volte per ogni esemplare, in modo da assicurare la completa rimozione dei contenuti stomacali. Non venivano effettuati ulteriori lavaggi sugli esemplari per non stressare eccessivamente gli animali e rischiare di causare eventuali danni.

Gli esemplari sono stati trattati con una siringa da 10 ml e un tubo dal diametro di 2 mm. Questa operazione veniva effettuata al di sopra di un contenitore a chiusura ermetica, differente per ogni esemplare, in modo da campionare i diversi contenuti singolarmente per una più corretta analisi successiva. Eventuali residui rimasti attaccati alla bocca dell’animale venivano rimossi attraverso l’utilizzo di pinzette entomologiche. All’interno dei diversi contenitori veniva inserita un’etichetta con scritto l’ID dell’esemplare corrispondente, in modo da associare i contenuti stomacali all’esemplare corretto durante le successive analisi. Per rendere più facile l’operazione, sui contenitori veniva posizionato un piccolo imbuto che convogliava i contenuti stomacali all’interno del contenitore.

Questo imbuto veniva risciacquato alla fine di ogni lavanda gastrica, in modo da raccogliere eventuali rimanenze sui bordi nel contenitore e per pulirlo prima di passare all’esemplare successivo, così da non alterare i risultati con prede di altri esemplari.

All'interno dei contenitori veniva immediatamente aggiunta una soluzione di etanolo al 70% in modo da conservare in maniera ottimale i diversi contenuti stomacali fino al momento dell'analisi in laboratorio.

Gli animali analizzati venivano in seguito posizionati all'interno di una faunabox differente rispetto a quella d'origine in modo da non analizzare due volte lo stesso esemplare, così da non falsare i dati.

Infine, dopo aver verificato lo stato di salute degli animali analizzati per un breve periodo di controllo, questi venivano liberati nuovamente in natura, nella stessa area in cui era avvenuta la cattura. I diversi esemplari sono stati rilasciati mantenendo una certa distanza gli uni dagli altri.

Al momento del rilascio, inoltre, è stato nuovamente verificato lo stato di salute dell'animale, controllandone i movimenti e la presenza/assenza di comportamenti anomali.

Durante tutta la durata dello studio, per la manipolazione degli esemplari sono stati utilizzati dei guanti chirurgici monouso, in modo da non esporre la cute degli animali ad eventuali sostanze dannose presenti sulle mani degli operatori. Inoltre, gli esemplari di piccole dimensioni, e quindi appartenenti ad una classe di età giovanile, non sono stati presi in considerazione durante questo studio.

Durante lo studio non si è registrata nessuna mortalità negli esemplari analizzati.





*Figura 15 – Misurazione della lunghezza muso/cloaca (SVL) di un esemplare di Salamandrina perspicillata attraverso un righello trasparente.*



*Figura 16 – Stomach flushing effettuato su un esemplare di Speleomantes strinati.*

Oltre al campionamento dei contenuti stomacali, è stato effettuato contemporaneamente un ulteriore campionamento sulle prede potenziali presenti nel sito in analisi.

Questo campionamento è stato effettuato attraverso l'utilizzo di trappole a caduta. Le trappole sono state posizionate all'interno dei siti studiati, nelle stesse zone dove sono stati campionati gli esemplari di *S. strinatii* e *S. perspicillata*. Le aree scelte dovevano presentare un substrato morbido e privo di radici o pietre, in modo da poter scavare e posizionare la trappola senza difficoltà e senza danneggiare la vegetazione presente.

Il buco veniva effettuato attraverso l'utilizzo di una trivella a mano, dopodiché veniva posizionato un contenitore di plastica profondo alcuni cm, facendo in modo che il bordo superiore del contenitore fosse allineato alla superficie del terreno, così che gli invertebrati dell'area potessero cadere all'interno durante i loro spostamenti nell'area studiata. Per facilitare la caduta degli esemplari, il suolo intorno al contenitore veniva compattato e livellato per non lasciare eventuali "scalini" tra il terreno ed il contenitore stesso.

All'interno della trappola è stata versata dell'acqua con l'aggiunta di sale grosso, in modo da conservare i diversi esemplari catturati. Non è stato possibile utilizzare l'alcool poiché questo sarebbe evaporato prima del ritiro della trappola, non garantendo una corretta conservazione degli esemplari.

Per ogni sito sono state posizionate dalle 2 alle 3 trappole a caduta, in base all'estensione dell'area analizzata, alla morfologia e alla composizione del substrato.

Per aiutare gli operatori nel recupero delle trappole piazzate, sono stati lasciati dei segnali (nastro rosso-bianco) legandoli ai rami sopra le trappole a caduta, in posizioni ben visibili, che sono stati poi rimossi in seguito al recupero, per non inquinare le aree di studio. Infine, sulle trappole sono stati posizionati dei rami per fare in modo che non cadessero all'interno foglie o altri corpi estranei, andando ad inquinare il campione e complicare l'identificazione degli esemplari con lo stereoscopio.

Le trappole sono state recuperate a distanza di una settimana, raccogliendo i diversi campioni in contenitori ermetici separati e posizionando al loro interno un'etichetta con il sito e il numero della trappola corrispondente. Inoltre, anche in questi contenitori è stata aggiunta una soluzione di etanolo al 70% in modo da conservare i diversi esemplari fino al momento dell'analisi in laboratorio.

I contenuti delle trappole saranno fondamentali per avere informazioni sulle risorse effettivamente disponibili (prede potenziali) nel sito in analisi. Queste prede potenziali saranno confrontate con i campioni di contenuti stomacali che, invece, rappresentano la dieta reale degli animali.

Nel sito di Casareggio sono stati campionati unicamente esemplari *Speleomantes strinatii* e sono state posizionate 3 trappole a caduta

Nel sito di Ghiaion sono stati campionati due popolazioni differenti, una di *Speleomantes strinatii* e una di *Salamandrina perspicillata*, inoltre sono state posizionate 3 trappole a caduta.

Nel sito di Gordena sono stati campionati unicamente esemplari di *Salamandrina perspicillata* e sono state posizionate 3 trappole a caduta.





*Figura 17 – Trappola a caduta posizionata nel sito di Pareto. Si può notare il terreno battuto e livellato lungo il perimetro della trappola e i rami posizionati al di sopra.*



*Figura 18 – Contenitori dove sono stati conservati i campioni ottenuti dalle trappole a caduta.*

## Materiali

- **Guanti da lavoro**, per il campionamento e la ricerca degli esemplari, in modo da non ferirsi durante la rimozione e la manipolazione di pietre e legname e per la manipolazione degli animali.
- **Faunabox**, contenitori di plastica trasparente con coperchio forato dove posizionare i diversi esemplari.
- **Guanti chirurgici monouso**, per la manipolazione degli esemplari durante le misurazioni e lo stomach flushing.
- **Siringa da 10 ml e tubo di plastica morbida dal diametro di 2 mm**, per effettuare lo stomach flushing.
- **Imbuto di plastica**, per assicurare la caduta dei contenuti stomacali all'interno del contenitore.
- **Pinzette entomologiche**, per la rimozione di eventuali prede incastrate nella bocca degli esemplari o all'interno dell'imbuto.
- **Contenitori ermetici ed etanolo al 70%**, per conservare i campioni raccolti fino all'analisi in laboratorio.
- **Etichette di carta**, da inserire nei diversi contenitori per associare i contenuti stomacali all'esemplare corrispondente. Analogamente per i campioni delle trappole a caduta.
- **Bilancino elettronico di precisione**, per pesare i diversi esemplari.
- **Righello trasparente**, per misurare la lunghezza muso/cloaca degli esemplari.
- **Carta millimetrata e macchina fotografica digitale**, per fotografare gli esemplari e misurarli attraverso software.
- **Trivella**, per scavare i buchi dove posizionare le trappole a caduta.
- **Trappole a caduta e sale grosso**, per mantenere gli esemplari delle trappole a caduta fino alla raccolta a distanza di una settimana.
- **Tabella su foglio di carta e matita**, per riportare le misurazioni e i differenti codici identificativi degli esemplari.

## **Laboratorio**

I campioni stomacali e i contenuti delle trappole ottenuti sono stati conservati immediatamente in etanolo al 70%, fino all'analisi delle prede in laboratorio.

## **Metodi**

L'analisi è avvenuta in laboratorio attraverso l'utilizzo di uno stereoscopio ottico, presso il DISTAV (Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita) dell'Università di Genova. Per ogni sito sono stati analizzati prima i contenuti delle trappole a caduta e in seguito i contenuti stomacali dei diversi individui.

Durante l'analisi delle trappole a caduta, per prima cosa è stato necessario diluire i campioni in più capsule di Petri, poiché era presente una consistente quantità di terreno e corpi estranei come foglie e legnetti di piccole dimensioni, che rendevano complicata l'analisi con lo stereoscopio.

Prima di tutto è stato necessario setacciare i contenuti delle provette, in modo da limitare la presenza di eventuali corpi estranei, suddividendo poi i campioni in più capsule Petri. Quest'ultime sono state poi analizzate attraverso uno stereoscopio ottico.

I contenuti di ogni trappola sono stati posizionati all'interno di contenitori diversi. All'interno dei nuovi contenitori è stato nuovamente versato etanolo al 70% per una conservazione ottimale dei diversi esemplari e vi è stata inserita un'etichetta identificativa con l'ID della trappola scritto a matita, in modo che non si cancellasse una volta immerso nell'alcool.





*Figura 19 – Postazione di lavoro per l'analisi e l'identificazione dei campioni. Si possono vedere stereoscopio ottico, contenitore per gli organismi identificati, pinzette entomologiche, capsula di Petri, acqua distillata ed etanolo al 70%.*



*Figura 20 – Campione di una trappola a caduta diluito. Si può notare la presenza di corpi estranei come foglie, rametti e pietre.*

La precisione della determinazione delle prede è arrivata ai livelli di Ordine o di Famiglia in base all'organismo analizzato. Sono stati contati in maniera distinta larve ed esemplari adulti appartenenti allo stesso Taxon e, inoltre, sono stati differenziati anche gli Imenotteri alati da quelli atteri.

Durante l'analisi allo stereoscopio sono state utilizzate delle pinze entomologiche per aiutare nel riconoscimento e nella suddivisione delle prede, che risultavano unite in agglomerati in alcuni casi.

I campioni erano composti da prede poco digerite nella quasi totalità dei casi, solamente in tre campioni sono stati rinvenuti resti in un avanzato stato di digestione che ha reso l'identificazione particolarmente complessa (campioni VOB\_S22M, VOB\_S23F, VOB\_S24F).

Per l'identificazione sono state utilizzate chiavi dicotomiche con tavole identificative e manuali entomologici. Nel caso fossero presenti parti di organismo che non permettevano l'identificazione accurata della preda, questi venivano riportati come "INDETERMINATO".

All'interno di alcuni contenuti stomacali erano presenti anche parti di pelle, ingeriti in seguito alla muta dello stesso anfibio. Questo comportamento permette agli animali di recuperare parte dei nutrienti presenti nella cute stessa, come ad esempio il calcio (cfr. BROWNE, 2009).

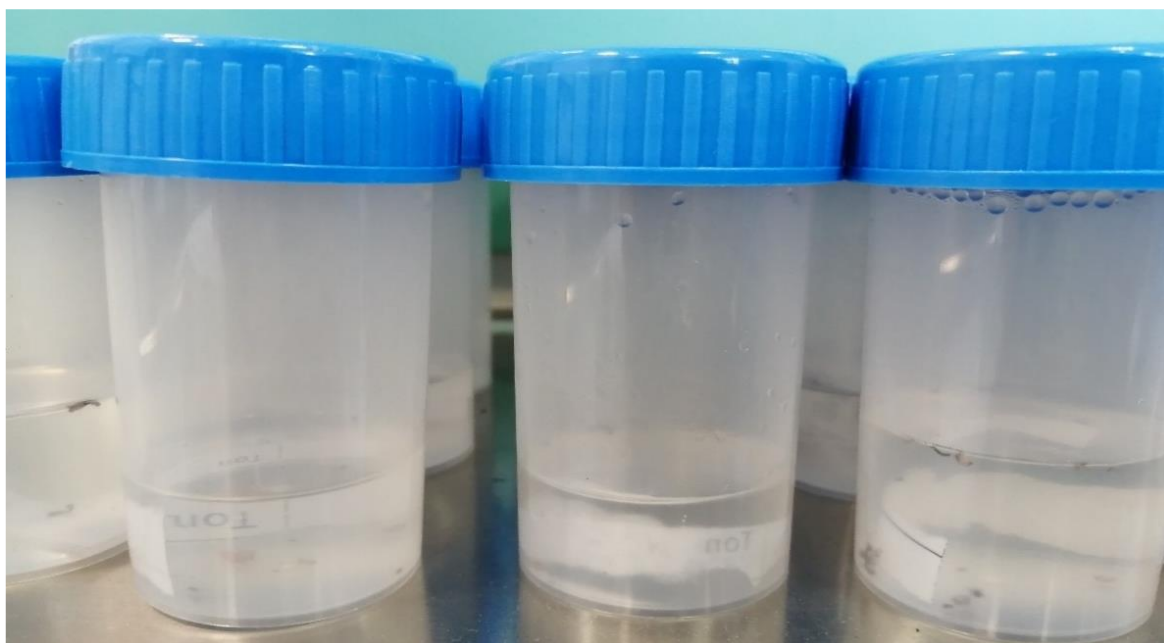
Al termine di ogni analisi, tutti gli strumenti venivano ripuliti e lavati accuratamente in modo da non contaminare le analisi future e alterare i dati ottenuti.

Durante le analisi allo stereoscopio sono stati identificati i seguenti Taxa:

<i>Opiliones</i>	<i>Lithobiomorpha</i>	<i>Neuroptera</i>	<i>Ephemeroptera</i>
<i>Pseudoscorpionida</i>	<i>Diplopoda</i>	<i>Rhynchota</i>	<i>Plecoptera</i>
<i>Araneae</i>	<i>Collembola</i>	<i>Hymenoptera</i>	<i>Oligochaeta</i>
<i>Acarina</i>	<i>Diplura</i>	<i>Trichoptera</i>	<i>Gastropoda</i>
<i>Isopoda</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Lepidoptera</i>	<i>Geophilomorpha</i>
<i>Diptera</i>	<i>Orthoptera</i>		

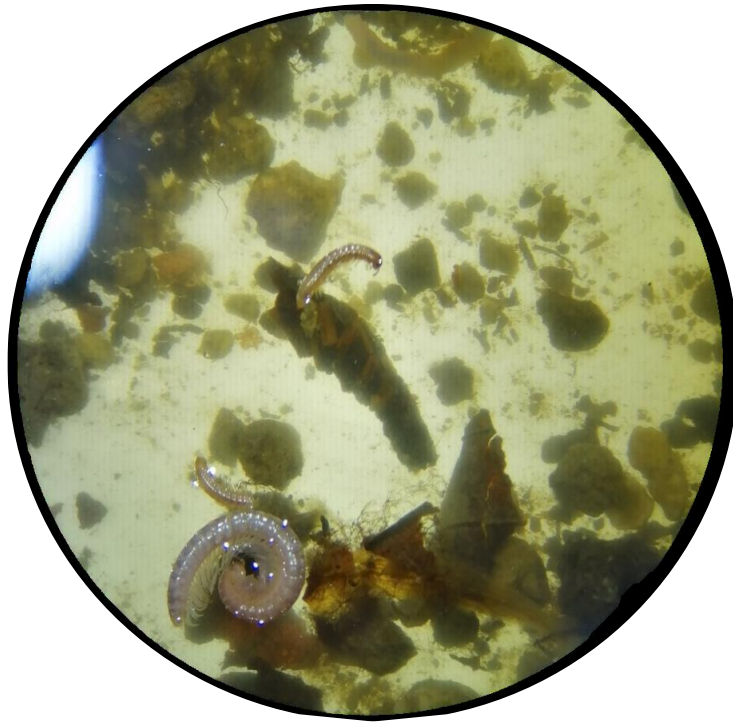


*Figura 21 – Esempio di contenuto stomacale con prede raggruppate in un agglomerato. Si può notare l'assenza di corpi estranei come foglie, rami o pietre, al contrario dei campioni delle trappole a caduta*



*Figura 22 – Contenitori con gli organismi identificati nei contenuti stomacali. Si possono notare le etichette identificative all'interno dei diversi contenitori.*





*Figura 23- Dettaglio di un campione di trappola a caduta, riconoscibile dalla presenza di corpi estranei oltre agli organismi, al contrario dei contenuti stomacali*



*Figura 24 – Dettaglio di un pezzo di pelle rinvenuto in un campione di contenuto stomacale.*



## **Materiali**

- **Stereoscopio ottico**
- **Pinzette entomologiche**
- **Contenitori con coperchio ermetico**
- **Setaccio a maglia fine**
- **Acqua distillata**
- **Etanolo al 70%**
- **Chiavi dicotomiche con tavole identificative e manuali entomologici**
- **Block notes e matita**

89	- Antenne normalmente formate da numerosissimi (più di 30) articoli, sottili e più lunghe del corpo (raramente più corte); organi auditivi alla base delle tibie anteriori; ovopositore di norma lungo e ben sviluppato; tarsi di 4 articoli ..... <u>Ortotteri Sottordine</u>	<i>Ensiferi</i>	118
	- Antenne normalmente formate da meno di 30 articoli, più robuste e più corte del corpo; organi auditivi vicino alla base dell'addome; ovopositore di norma corto, mai allungato; tarsi di 3 articoli (raramente quelli anteriori e mediani di 2 articoli) ... <u>Ortotteri Sottordine</u>	<i>Celiferi</i>	119
90	- Antenne normalmente più corte del capo ..... <u>Eterotteri Sottordine</u>	<i>Criptocerati</i>	124
	- Antenne normalmente tanto lunghe o più lunghe del capo, ma, se sono un po' più corte, mancano sia gli occhi composti che gli ocelli ..... <u>Eterotteri Sottordine</u>	<i>Gimnocerati</i>	125
91	- Rostro che si origina chiaramente dalla base del capo; tarsi delle zampe mediane e posteriori di 3 articoli; antenne molto corte e terminanti con una piccola setola spiniforme ..... <u>Omotteri Sottordine</u>	<i>Auchenorrhinchi</i>	126
	- Rostro che si origina tra le coxe delle zampe anteriori, ma raramente può essere assente nei maschi; tarsi di 1 o 2 articoli; antenne lunghe, solo raramente atrofizzate o assenti, e non terminanti con una setola spiniforme ..... <u>Omotteri Sottordine</u>	<i>Sternorrhinchi</i>	127
92	- Antenne lunghe; protorace al massimo poco più lungo del mesotorace .....		93
	- Antenne corte o di media lunghezza; protorace molto più lungo del mesotorace (a forma di collo) ..... <u>Neurotteri Sottordine</u>	<i>Rafidiotteri</i>	128
93	- Antenne non terminanti a clava ..... <u>Neurotteri Sottordine</u>	<i>Megalotteri</i>	129

Figura 25 - Estratto delle chiavi dicotomiche per l'identificazione delle prede all'interno dei contenuti stomacali.

## **Analisi dei Dati**

### **Metodi**

I dati ottenuti in seguito all'analisi allo stereoscopio ottico sono stati riportati all'interno delle schede di Excel. In queste schede sono stati elencati gli ID degli esemplari campionati e delle trappole a caduta per ogni sito e i rispettivi organismi identificati per ogni Taxa.

Per le diverse analisi statistiche sono stati utilizzati il software gratuito Past4 ed Excel.

Si è voluta verificare la presenza/assenza di una correlazione tra peso e numero di Taxa nei contenuti stomacali e, analogamente, tra SVL e numero di Taxa. Questi risultati daranno informazioni su un'eventuale variazione riguardo alla tipologia di prede conseguentemente alla crescita dell'animale stesso.

Quest'analisi è stata effettuata attraverso un grafico a dispersione di Excel, calcolando il valore di  $R_2$ ; questo valore dà informazioni sulla correlazione tra le due variabili impostate (e.g. SVL e n° Taxa), più alto sarà il valore di  $R_2$ , più le due variabili saranno correlate tra loro.

Analogamente, si è voluto verificare se all'aumentare delle dimensioni (Peso e SVL) degli animali corrispondesse una variazione qualitativa dei Taxa predati. Per verificare un'eventuale correlazione è stato calcolato l'indice di Shannon sulle prede catturate per ogni individuo, dopodiché è stato costruito un grafico a dispersione con i valori ottenuti e le variabili Peso e SVL, calcolando nuovamente il valore di  $R_2$ .

Infine, è stata verificata anche una correlazione tra le dimensioni degli esemplari campionati (Peso e SVL) e in numero di prede all'interno dei contenuti stomacali.

Per calcolare la diversità all'interno dei diversi siti è stato applicato l'indice di Shannon ( $H'$ ), sia sulle trappole a caduta che sulle diverse popolazioni di anfibi. È un indice di diversità usato in statistica nel caso di popolazioni con un numero infinito di elementi. Questo indice considera sia la ricchezza in specie, sia la loro "Evenness" (l'equiripartizione o equitabilità di una comunità). Il vantaggio di questo indice è che riesce a far risaltare le specie rare. Si utilizza la formula:

$$H' = -\sum \left[ \frac{n_i}{N} * \log \left( \frac{n_i}{N} \right) \right]$$

Dove  $n_i$  indica il numero degli individui del Taxon  $i$ -esimo e  $N$  indica il numero totale degli individui di tutti i Taxa. Questo indice di diversità viene utilizzato nel caso di popolazioni con un numero infinito di elementi.  $H'$  aumenta all'aumentare della ricchezza in specie e dell'evenness:

- Presenza di una sola specie:  $H' = 0$  (assenza di diversità)
- Valore massimo:  $H' = \log_2(S)$ , dove  $S$  definisce il numero di Taxa presenti in una comunità

Dal risultato di  $H'$  possiamo calcolare la Evenness ( $J$ ) con:

$$J = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Se  $J = 1$  allora abbiamo organismi ben ripartiti all'interno dei diversi Taxa, allontanandoci così dalla condizione reale.

È stata calcolata la differenza tra le prede disponibili nel sito, ottenute tramite le trappole a caduta, e gli organismi identificati all'interno dei contenuti stomacali, che rappresentano la dieta effettiva degli animali. Questo calcolo è stato effettuato utilizzando l'indice simmetrico  $O_{jk}$  di Pianka.

Questo indice varia da 0, in caso non esistessero categorie in comune tra gli insiemi, a 1, quando tutte le categorie presentano le stesse proporzioni nei diversi insiemi.

Per ottenere informazioni sulle strategie trofiche delle diverse popolazioni è stato utilizzato il metodo grafico di Amundsen, che permette di classificare come generalista o specializzata la strategia trofica di una popolazione.

Questa distinzione si basa sulla posizione dei diversi Taxa all'interno di un piano cartesiano costituito da *FO* e *Abbondanza Specifica*.

*FO* (Frequency of Occurrence) indica la frequenza delle diverse prede, ovvero la percentuale di esemplari (in questo caso il numero di anfibi) che si nutre di un Taxon specifico, con un valore che va da 0 a 1.

L'abbondanza specifica indica la proporzione degli organismi nei singoli Taxa calcolata su tutte le prede identificate nei contenuti stomacali.

È stata effettuata l'analisi delle similarità ad un'entrata (one-way ANOSIM) tra le strategie trofiche delle due specie studiate; un test non-parametrico che consente di verificare le differenze fra due o più gruppi, restituendo un valore *R* che va da 0, nessuna differenza, a 1, completamente differenti. In seguito, è stata calcolata la similarità percentuale (SIMPER), un metodo che permette di comprendere quali siano i Taxa principalmente responsabili delle differenze osservate tra due gruppi. Proprio per questo motivo, la similarità percentuale SIMPER viene solitamente associata al risultato dell'ANOSIM per ottenere maggiori informazioni.

Per l'analisi della similarità (ANOSIM) è stato applicato l'indice di similarità di Bray-Curtis, che va a ripetere l'analisi 9999 volte, analogamente per la similarità percentuale (SIMPER) è stata impostata la matrice di dissimilarità di Bray-Curtis.

In conclusione, i dati sono stati rappresentati attraverso Multidimensional Scaling non parametrico (nMDS), tramite Past4. Si tratta di un approccio di analisi indiretta dei dati, che produce un'ordinazione basata su una matrice di distanza o di dissimilarità in uno spazio bidimensionale. In questo modo si ottiene un grafico dove i simboli più vicini tra loro testimoniano una similarità maggiore rispetto ai simboli più distanti. Questo metodo grafico semplifica la lettura e l'interpretazione dei dati, permettendo una più rapida comprensione delle similarità e dissimilarità tra i campioni.

### **Calcoli ed Analisi Statistiche dei Dati**

In totale sono stati analizzati e identificati 726 organismi, ottenuti tramite 9 trappole a caduta e i contenuti stomacali di 43 esemplari di *Salamandrina perspicillata* e 34 esemplari di *Speleomantes strinatii*, per un totale di 77 esemplari. Più in dettaglio:

Nel sito di Casareggio sono stati campionati:

- 42 organismi tramite 3 trappole a caduta.
- 154 prede nei contenuti stomacali di 20 esemplari di *Speleomantes strinatii* (10 femmine e 10 maschi), con una media di 3 Taxa e 7 prede per individuo.

Nel sito di Ghiaion sono stati campionati:

- 171 organismi tramite 3 trappole a caduta.
- 178 prede nei contenuti stomacali di 30 esemplari di *Salamandrina perspicillata* (8 femmine e 22 maschi), con una media di 2 Taxa e 6 prede per individuo.
- 65 prede nei contenuti stomacali di 14 esemplari di *Speleomantes strinatii* (7 femmine e 7 maschi), con una media di 3 Taxa e 5 esemplari per individuo

Nel sito di Gardena sono stati campionati:

- 67 organismi tramite 3 trappole a caduta.
- 49 prede nei contenuti stomacali di 13 esemplari di *Salamandrina perspicillata* (5 femmine e 8 maschi), con una media di 2 Taxa e 4 prede per individuo.

## Regressioni

Per prima cosa sono stati calcolati i valori di  $R_2$  (correlazione) tra peso e n° Taxa e tra SVL e n° Taxa. Questa operazione è stata effettuata per ogni popolazione nei diversi siti.

Per il calcolo e la costruzione dei rispettivi grafici è stato utilizzato il software Excel. Sono state raggruppate le diverse colonne con le variabili scelte e si sono ordinati i valori di peso e SVL dal più piccolo al più grande, mantenendo i rispettivi valori di numero di Taxa.

Sono stati costruiti i rispettivi grafici a dispersione, visualizzando la linea di tendenza e il valore  $R_2$  corrispondente. Per tutti i grafici la correlazione maggiore è rappresentata da una linea di tendenza di tipo polinomiale concava di 2° grado.

Analogamente, è stata verificata l'esistenza/assenza di una correlazione tra la tipologia di Taxa predati e le dimensioni degli animali, a testimonianza di un'eventuale variazione qualitativa a livello dei Taxa in base alla fase vitale.

È stato applicato l'indice di diversità di Shannon ( $H'$ ) sulla totalità delle prede per ogni esemplare. In seguito, è stato calcolato il valore di correlazione ( $R_2$ ) tra i risultati ottenuti con l'indice di Shannon e le dimensioni dell'animale (peso e SVL) corrispondente. Per tutti i grafici la correlazione maggiore è rappresentata da una linea di tendenza di tipo polinomiale di 2° grado.

Infine, è stata verificata la presenza/assenza di una correlazione tra il numero di prede nei contenuti stomacali e le dimensioni dei diversi individui.

## Indice di Shannon ed Evenness

I dati sono stati esportati da Excel e importati nel software Past4, trasponendo colonne e righe, dopodiché sono stati applicati i diversi indici.

Per prima cosa si è calcolato l'indice di diversità di Shannon ( $H'$ ), sia sui campioni ottenuti dalle trappole, sia sui contenuti stomacali delle diverse popolazioni, calcolando anche gli intervalli di confidenza ( $CL$ ) al 95% per ogni risultato.

Questi intervalli sono stati calcolati perché è sempre opportuno indicare un valore stimato con un range di valori plausibili. Più questo intervallo ( $CL$ ) sarà contenuto, più il risultato sarà vicino alla realtà.



### Indice $O_{jk}$ di Pianka

Per ogni sito sono stati calcolati i diversi indici simmetrici  $O_{jk}$  di Pianka tramite Excel, analizzando separatamente le popolazioni di *S. strinatii* e le popolazioni di *S. perspicillata*. Per l'analisi non sono stati presi in considerazione gli esemplari indeterminati e i campioni di pelle. Tutti i calcoli sono stati effettuati anche sulle trappole a caduta, per poter comparare in seguito le prede potenziali (trappole a caduta) ed effettive (contenuti stomacali).

Per ottenere questo indice è stata calcolata la percentuale degli individui nei diversi Taxa rispetto al totale degli individui (denominate ad esempio Trap\_P), dopodiché è stato calcolato il totale dei quadrati di queste percentuali, denominati con Sal<sub>2</sub> e T<sub>2</sub> in Excel.

Sono stati sommati i prodotti tra le percentuali degli stessi Taxa (e.g. Sal\_P e Trap\_P dei Collemboli), ottenendo un totale identificato con S(T\*Sal) (nel caso di *S. perspicillata*).

Infine, è stata calcolata la radice quadrata della somma dei prodotti (T<sub>2</sub>\*Sal<sub>2</sub>) e, conseguentemente, l'indice  $O_{jk}$  di Pianka dividendo il prodotto delle percentuali (T\*Sal) per la radice quadrata appena calcolata.

## FO, Abbondanza e Grafici

Per calcolare i valori di *FO* (Frequency of Occurrence), in ogni sito, sono stati contati gli esemplari che si sono nutriti dei diversi Taxa. Il numero degli individui per ogni Taxon è stato diviso per il numero totale degli esemplari campionati (e.g. 20 esemplari di *Speleomantes strinatii* nel sito di Casareggio), ottenendo così il valore *FO* relativo al Taxon in analisi.

Per calcolare l'abbondanza dei diversi Taxa sono state contate le prede appartenenti allo stesso Taxon nei contenuti stomacali. Dopodiché, questi risultati sono stati divisi per il totale delle prede nei contenuti stomacali (e.g. 67 individui totali nei contenuti stomacali nel sito di Gordena) e moltiplicati per 100.

Grazie a queste due variabili è stato possibile definire la strategia trofica delle salamandre a livello di popolazione, identificandole come generaliste o specializzate attraverso il metodo grafico di AMUNDSEN et al. (cfr. COSTA et al.).

Questo metodo grafico prevede un piano cartesiano dove sulle ascisse ( $x$ ) sono posizionati i valori di *FO*, mentre sulle ordinate ( $y$ ) sono posizionati i valori relativi all'abbondanza di ogni Taxon.

I grafici vanno interpretati secondo la chiave di lettura riportata nella Figura 26.

Per la costruzione dei grafici dei diversi siti sono stati rimossi i Taxa con valori bassi o nulli in entrambe le variabili (*FO* e abbondanza).

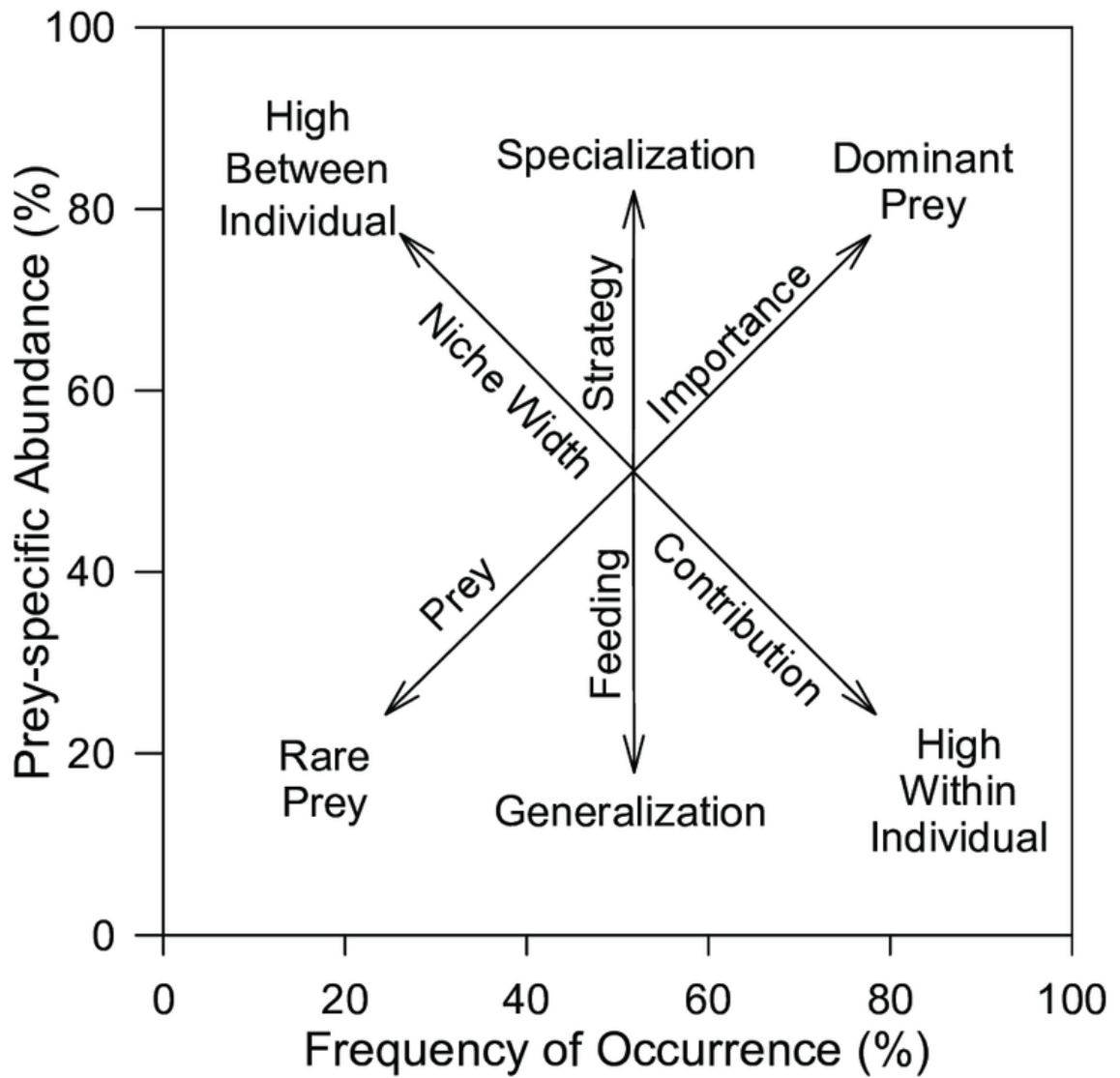


Figura 26 - Chiave di lettura per l'interpretazione dei grafici a dispersione sulle strategie trofiche secondo il metodo grafico di Amundsen proposta da COSTELLO (AMUNDSEN et al., 1996).

## **ANOSIM**

Per effettuare l'analisi delle similarità tra le strategie trofiche delle popolazioni è stato utilizzato il test *one-way ANOSIM*, calcolato con il software Past4.

I dati dei contenuti stomacali sono stati esportati da Excel in Past4, suddividendo le due specie in due gruppi differenti (Salam e Speleo). Per suddividere gli esemplari è stata aggiunta una colonna nella griglia di Past4, denominata "Gruppi".

In questo modo ogni riga riporta i diversi contenuti stomacali per ogni individuo, mentre le colonne indicano i diversi Taxa.

Il test è stato effettuato prima tra le popolazioni della stessa specie e in seguito unendo le popolazioni per comparare le strategie trofiche delle due specie.

La decisione di unire le popolazioni dei diversi siti è stata presa per aumentare il numero di esemplari da inserire all'interno di un'unica analisi, ottenendo così risultati più affidabili. È stato possibile unire le diverse popolazioni poiché l'ambiente dei diversi siti si può ritenere analogo.

Per l'analisi è stato scelto l'indice di similarità di Bray-Curtis, impostando 9999 permutazioni.

File Edit Transform Plot Univariate Multivariate Model Diversity Timeseries Geometry Stratigraphy Script Help

Show  Row attributes  Column attributes

Click mode  Select  Drag rows/columns

Edit Cut Paste Copy Select all

View  Bands  Binary Recover windows Decimals: -

	Gruppo	Opilioni	Pseudoscorp	Ragni	Acari	Isopodi	Geofilomorfi	Litobiomorfi	Dipl
Vob S1	Salper	0	1	0	1	0	0	0	0
Vob S2	Salper	0	0	0	2	0	0	0	0
Vob S3	Salper	0	0	1	0	0	0	0	0
Vob S4	Salper	0	0	0	0	0	0	0	0
Vob S5	Salper	0	1	0	1	0	0	0	0
Vob S6	Salper	0	0	0	1	0	0	0	0
Vob S7	Salper	0	0	0	3	0	0	0	0
Vob S8	Salper	0	0	0	0	0	0	0	0
Vob S9	Salper	0	1	1	1	0	0	0	0
Vob S10	Salper	0	0	0	0	0	0	0	0
Vob S11	Salper	0	0	0	1	0	0	0	0
Vob S12	Salper	0	1	2	0	0	0	0	0
Vob S13	Salper	0	0	0	0	0	0	0	0
Vob S14	Salper	0	1	2	1	0	0	0	0
Vob S15	Salper	0	1	0	2	0	0	0	0
Vob S16	Salper	0	0	0	0	0	0	0	0
Vob S17	Salper	0	0	0	0	0	0	0	0
Vob S18	Salper	0	0	0	0	0	0	0	0
Vob S19	Salper	0	0	0	1	1	0	0	0
Vob S20	Salper	0	0	1	1	0	0	0	0
Vob S21	Salper	0	0	0	0	0	0	0	0
Vob S22	Salper	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 27 - Schermata di Past4 con i dati esportati da Excel.

One-way ANOSIM

Summary Pairwise Box plot

**Similarity index**  
Bray-Curtis

**Permutation N:**  
9999

Recompute

**ANOSIM**

**Permutation N:** 9999  
**Mean rank within:** 202,6  
**Mean rank between:** 359,6  
**R:** 0,5597  
**p (same):** 0,0001

Close Copy Print Help

Figura 28 - Risultati dell'ANOSIM su Past4

## **SIMPER**

Il valore della similarità percentuale è stato calcolato con il software Past4.

Questo indice va ad implementare il risultato ottenuto con l'ANOSIM, specificando i Taxa responsabili di eventuali dissimilarità. Anche per questa analisi è stata impostata la matrice di dissimilarità di Bray-Curtis, ripetendo l'analisi 9999 volte.

## **Materiali**

Per le diverse analisi effettuate sui dati, sono stati utilizzati:

- Microsoft Excel, software che permette l'utilizzo di fogli di calcolo, presente nel Pacchetto Office.
- Past4, software gratuito per l'analisi statistica, la manipolazione dei dati e la costruzione dei relativi grafici.

## RISULTATI

In tutti i siti, gli esemplari campionati presentano una media di 3 Taxa nei contenuti stomacali e dalle 4 alle 7 prede per individuo.

Sex ratio di *S. strinatii*

- Maschi: 50%
- Femmine: 50%

Sex ratio di *S. perspicillata*

- Maschi: 70%
- Femmine: 30%

Il numero di femmine di *S. perspicillata* campionate è inferiore al numero di maschi, poiché le femmine in acqua non sono state campionate come spiegato in precedenza. La popolazione di *S. strinatii* presenta una sex ratio equilibrata.

Di seguito, le tabelle dei siti con il totale degli organismi per i diversi Taxa.



Tabella 1 - Dati ottenuti nel sito di Casareggio

	<b>Trappole</b>	<i>S. strinatii</i>
<b>Opilioni</b>	0	0
<b>Pseudoscorpioni</b>	0	2
<b>Ragni</b>	1	7
<b>Acari</b>	0	6
<b>Isopodi</b>	1	0
<b>Geofilomorfi</b>	0	0
<b>Litobiomorfi</b>	0	0
<b>Diplopodi</b>	1	3
<b>Collemboli</b>	8	8
<b>Dipluri</b>	0	0
<b>Larve Coleotteri</b>	0	2
<b>Coleotteri</b>	4	7
<b>Larve Ditteri</b>	20	84
<b>Ditteri</b>	4	7
<b>Larve Neurottero</b>	0	0
<b>Neurotteri</b>	0	0
<b>Larve Emittero</b>	0	0
<b>Emitteri</b>	1	4
<b>Imenotteri Alati</b>	0	0
<b>Formicidi</b>	1	5
<b>Tricotteri</b>	0	0
<b>Larve Lepidotteri</b>	0	0
<b>Ortotteri</b>	0	0
<b>Efemerotteri</b>	0	0
<b>Plecotteri</b>	0	0
<b>Oligocheti</b>	0	19
<b>Gasteropodi</b>	1	0
<b>Nematode</b>	0	0
<b>Indeterminato</b>	0	0
<b>Pelle</b>	0	0

Tabella 2 - Dati ottenuti nel sito di Ghiaion

	<b>Trappole</b>	<i>S. strinatii</i>	<i>S. perspicillata</i>
<b>Opilioni</b>	0	0	0
<b>Pseudoscorpioni</b>	0	0	6
<b>Ragni</b>	7	7	9
<b>Acari</b>	9	2	18
<b>Isopodi</b>	4	1	1
<b>Geofilomorfi</b>	0	0	0
<b>Litobiomorfi</b>	0	0	0
<b>Diplopodi</b>	19	8	1
<b>Collemboli</b>	0	20	115
<b>Dipluri</b>	0	0	0
<b>Larve Coleotteri</b>	2	0	0
<b>Coleotteri</b>	55	6	8
<b>Larve Ditteri</b>	3	4	7
<b>Ditteri</b>	56	1	3
<b>Larve Neurottero</b>	0	0	0
<b>Neurotteri</b>	0	0	0
<b>Larve Emittero</b>	0	0	0
<b>Emitteri</b>	0	0	1
<b>Imenotteri Alati</b>	6	0	1
<b>Formicidi</b>	4	13	3
<b>Tricotteri</b>	6	0	0
<b>Larve Lepidotteri</b>	0	0	0
<b>Ortotteri</b>	0	0	0
<b>Efemerotteri</b>	0	0	0
<b>Plecotteri</b>	0	0	0
<b>Oligocheti</b>	0	0	0
<b>Gasteropodi</b>	0	0	0
<b>Nematode</b>	0	2	0
<b>Indeterminato</b>	0	1	4
<b>Pelle</b>	0	0	1

Tabella 3 - Dati ottenuti nel sito di Pentema

	<b>Trappole</b>	<i>S. perspicillata</i>
<b>Opilionidi</b>	0	0
<b>Pseudoscorpioni</b>	0	1
<b>Ragni</b>	3	1
<b>Acari</b>	3	19
<b>Isopodi</b>	0	0
<b>Geofilomorfi</b>	0	0
<b>Litobiomorfi</b>	0	0
<b>Diplopodi</b>	8	3
<b>Collemboli</b>	3	5
<b>Dipluri</b>	0	0
<b>Larve Coleotteri</b>	1	0
<b>Coleotteri</b>	18	3
<b>Larve Ditteri</b>	4	1
<b>Ditteri</b>	7	7
<b>Larve Neurottero</b>	0	0
<b>Neurotteri</b>	0	0
<b>Larve Emittero</b>	0	0
<b>Emitteri</b>	0	2
<b>Imenotteri Alati</b>	4	0
<b>Formicidi</b>	13	4
<b>Tricotteri</b>	2	0
<b>Larve Lepidotteri</b>	0	0
<b>Ortotteri</b>	0	0
<b>Efemerotteri</b>	0	0
<b>Plecotteri</b>	0	2
<b>Oligocheti</b>	0	0
<b>Gasteropodi</b>	1	0
<b>Nematode</b>	0	0
<b>Indeterminato</b>	0	1
<b>Pelle</b>	0	0

## Regressioni

Di seguito i valori di  $R^2$  ottenuti dai grafici a dispersione tra dimensioni corporee e n° Taxa nei contenuti stomacali dei diversi individui:

*Speleomantes strinatii* nel sito di Casareggio:

- SVL x Taxa,  $R^2 = 0,1052$
- Peso x Taxa,  $R^2 = 0,1828$

*Salamandrina perspicillata* nel sito di Ghiaion:

- SVL x Taxa,  $R^2 = 0,0551$
- Peso x Taxa,  $R^2 = 0,0555$

*Speleomantes strinatii* nel sito di Ghiaion:

- SVL x Taxa,  $R^2 = 0,0672$
- Peso x Taxa,  $R^2 = 0,2225$

*Salamandrina perspicillata* nel sito di Gordena:

- SVL x Taxa,  $R_2 = 0,1633$
- Peso x Taxa,  $R_2 = 0,4982$

La correlazione tra le dimensioni corporee degli animali e il numero di Taxa ritrovati nei contenuti stomacali ha restituito dei valori di  $R_2$  bassi ( $<1$ ), si può escludere l'esistenza di una correlazione tra le variabili di SVL e Peso con il numero di Taxa predati dall'organismo per ogni sito.

Di seguito i valori di  $R_2$  ottenuti dai grafici a dispersione tra le dimensioni corporee e gli indici di Shannon dei diversi individui:

*Speleomantes strinatii* nel sito di Casareggio:

- SVL x Shannon ( $H'$ ),  $R_2 = 0,094$
- Peso x Shannon ( $H'$ ),  $R_2 = 0,1668$

*Salamandrina perspicillata* nel sito di Ghiaion:

- SVL x Shannon ( $H'$ ),  $R_2 = 0,0073$
- Peso x Shannon ( $H'$ ),  $R_2 = 0,0476$

*Speleomantes strinatii* nel sito di Ghiaion:

- SVL x Shannon ( $H'$ ),  $R_2 = 0,1425$
- Peso x Shannon ( $H'$ ),  $R_2 = 0,2843$

*Salamandrina perspicillata* nel sito di Gordena:

- SVL x Shannon ( $H'$ ),  $R_2 = 0,268$
- Peso x Shannon ( $H'$ ),  $R_2 = 0,5245$

L'ultima correlazione, tra dimensioni corporee e diversità nei Taxa nei contenuti stomacali, ha restituito valori di  $R_2$  leggermente più alti in *S. perspicillata*.

Le salamandrine campionate hanno restituito  $R_2=0,52$  per la correlazione tra Peso e Shannon e  $R_2=0,49$  per la correlazione tra Peso e Taxa, entrambi nel sito di Gordena. La maggiore correlazione nel sito di Gordena si ha con un andamento di tipo polinomiale concavo, sia per quanto riguarda la correlazione Peso e Taxa, sia per la correlazione tra Peso e Shannon.

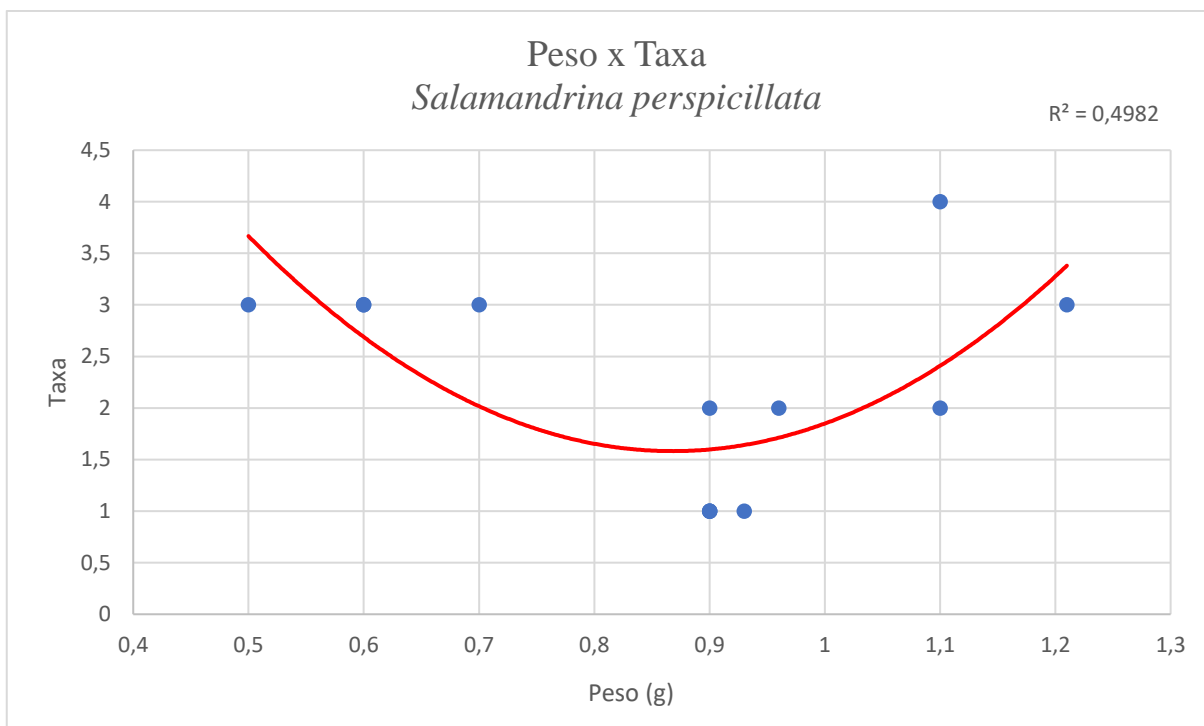


Figura 29 – Grafico a dispersione tra Peso e Taxa della popolazione di *S. perspicillata* nel sito di Gordena.

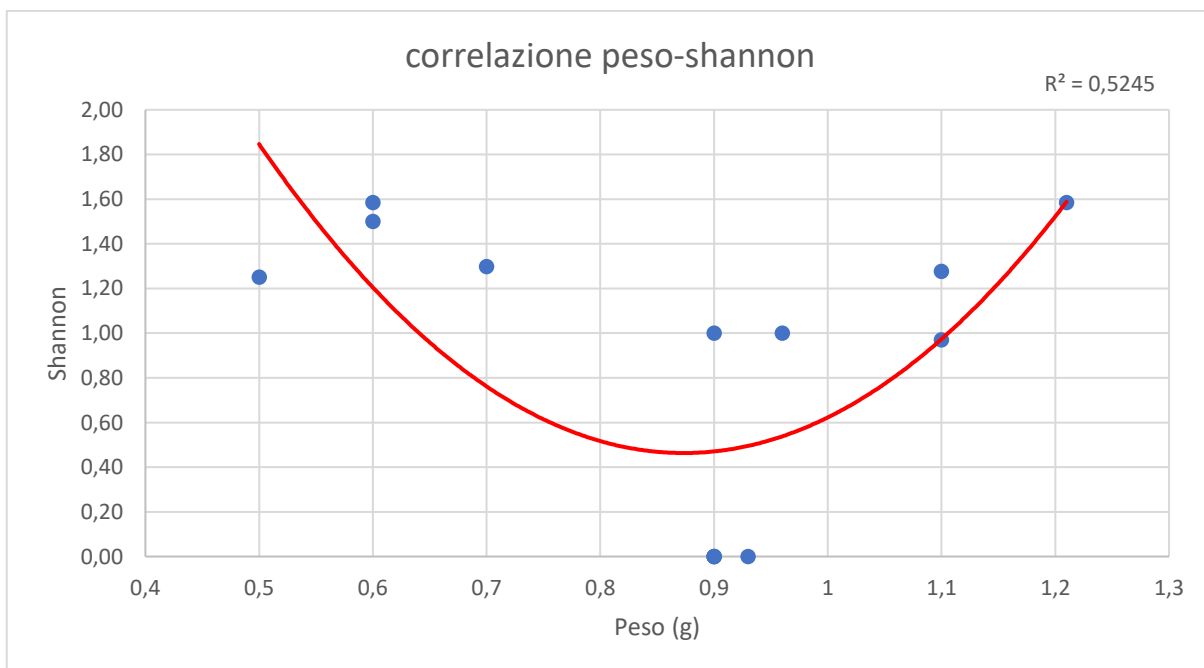


Figura 30 – Grafico a dispersione tra Peso e Shannon della popolazione di *S. perspicillata* nel sito di Gordena.

Di seguito i valori di  $R_2$  ottenuti dai grafici a dispersione tra le dimensioni corporee e il numero di prede nei contenuti stomacali dei diversi individui:

*Speleomantes strinatii* nel sito di Casareggio:

- SVL x n° prede,  $R_2 = 0,1496$
- Peso x n° prede,  $R_2 = 0,1055$

*Salamandrina perspicillata* nel sito di Ghiaion:

- SVL x n° prede,  $R_2 = 0,0768$
- Peso x n° prede,  $R_2 = 0,0656$

*Speleomantes strinatii* nel sito di Ghiaion:

- SVL x n° prede,  $R_2 = 0,1092$
- Peso x n° prede,  $R_2 = 0,2979$

*Salamandrina perspicillata* nel sito di Gordena:

- SVL x n° prede,  $R_2 = 0,0262$
- Peso x n° prede,  $R_2 = 0,1837$

Anche la correlazione tra le dimensioni corporee e il numero di prede nei contenuti stomacali ha restituito valori di  $R_2$  bassi ( $<1$ ), portando ad escludere l'esistenza di una correlazione tra queste variabili.

## Shannon & Evenness

Di seguito i risultati relativi all'indice di Shannon ( $H'$ ),  $CL$  95% ed Evenness ( $J$ ):

Sito di Casareggio

- Risorse disponibili  $H' = 1,758$ 
  - $CL$  95% = 1,456 – 2,017
  - $H'_{max} = 3,322$  su 10 taxa campionati
  - $J = 0,580$
- Contenuti stomacali *S. strinatii*,  $H' = 1,722$ 
  - $CL$  95% = 1,508 – 1,894
  - $H'_{max} = 3,585$
  - $J = 0,466$

Sito di Ghiaion

- Risorse disponibili,  $H' = 1,823$ 
  - $CL$  95% = 1,655 – 1,943
  - $H'_{max} = 3,459$  su 11 taxa campionati
  - $J = 0,563$
- Contenuti stomacali *S. strinatii*,  $H' = 2,058$ 
  - $CL$  95% = 1,859 – 2,205
  - $H'_{max} = 3,459$  su 11 taxa campionati
  - $J = 0,712$
- Contenuti stomacali *S. perspicillata*,  $H' = 1,451$ 
  - $CL$  95% = 1,250 – 1,657
  - $H'_{max} = 3,807$  su 14 taxa campionati
  - $J = 0,305$



#### Sito di Gordena

- Risorse disponibili,  $H' = 2,227$ 
  - $CL\ 95\% = 2,001 - 2,345$
  - $H'_{max} = 3,585$  su 12 taxa campionati
  - $J = 0,773$
- Contenuti stomacali *S. perspicillata*,  $H' = 2,116$ 
  - $CL\ 95\% = 1,805 - 2,311$
  - $H'_{max} = 3,585$  su 12 taxa campionati
  - $J = 0,691$

Per una comparazione più semplice e immediata, i risultati sono stati raggruppati in tre tabelle differenti.

#### Trappole a caduta

Tabella 4 – Tabella comparativa dei valori  $H'$  e  $J$  per le trappole a caduta dei diversi siti.

	<b>Casareggio</b>	<b>Ghiaion</b>	<b>Gordena</b>
<b>Shannon (<math>H'</math>)</b>	1,758	1,823	2,227
<b>CL 95%</b>	1,456 – 2,017	1,655 – 1,943	2,001 – 2,345
<b>Evenness (<math>J</math>)</b>	0,580	0,563	0,773

#### *Speleomantes strinatii*

Tabella 5 – Tabella comparativa dei valori  $H'$  e  $J$  per i contenuti stomacali di *S. strinatii* nei siti di Casareggio e Ghiaion.

	<b>Casareggio</b>	<b>Ghiaion</b>
<b>Shannon (<math>H'</math>)</b>	1,722	2,058
<b>CL 95%</b>	1,508 – 1,894	1,859 – 2,205
<b>Evenness (<math>J</math>)</b>	0,466	0,712

*Salamandrina perspicillata*

Tabella 6 – Tabella comparativa dei valori  $H'$  e  $J$  per i contenuti stomacali di *S. perspicillata* nei siti di Ghiaion e Gordena.

	<b>Ghiaion</b>	<b>Gordena</b>
<b><i>Shannon (H')</i></b>	1,451	2,116
<b><i>CL 95%</i></b>	1,250 – 1,657	1,805 – 2,311
<b><i>Evenness (J)</i></b>	0,305	0,691

Tutti i risultati presentano un intervallo di incertezza (CL 95%) contenuto, testimoniando un'affidabilità dei risultati elevata.

È stato possibile effettuare le stesse analisi unendo le trappole e le popolazioni, poiché i siti presentano habitat analoghi. Questa scelta è stata fatta per ottenere ulteriori informazioni, ma con un approccio differente. In questo modo si possono verificare o meno i calcoli effettuati finora.

Tabella 7 - Valori di Shannon e Evenness delle trappole a caduta e delle due specie

	<b>Trappole</b>	<b>S. strinatii</b>	<b>S. perspicillata</b>
<b><i>H'</i></b>	2,138	2,065	1,744
<b><i>CL 95%</i></b>	2,017 – 2,226	1,912 – 2,186	1,562 – 1,894
<b><i>H' max</i></b>	3,807	3,907	3,907
<b><i>J</i></b>	0,606	0,526	0,381

Anche in questo caso gli intervalli di incertezza (CL 95%) sono ridotti, a testimonianza di un'elevata affidabilità dei risultati.

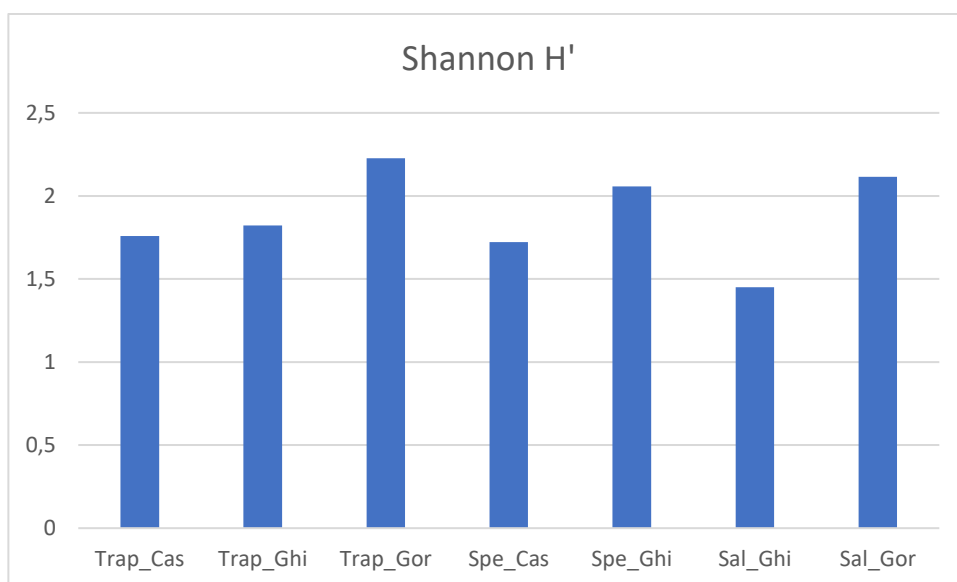


Figura 31 - Valori degli indici di Shannon nei diversi siti.

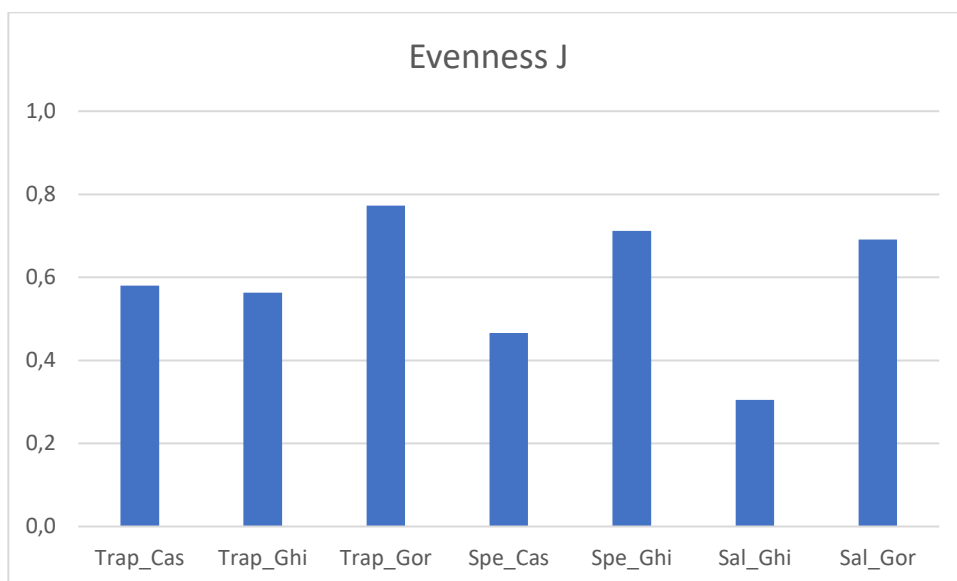


Figura 32 - Valori di Evenness nei diversi siti.

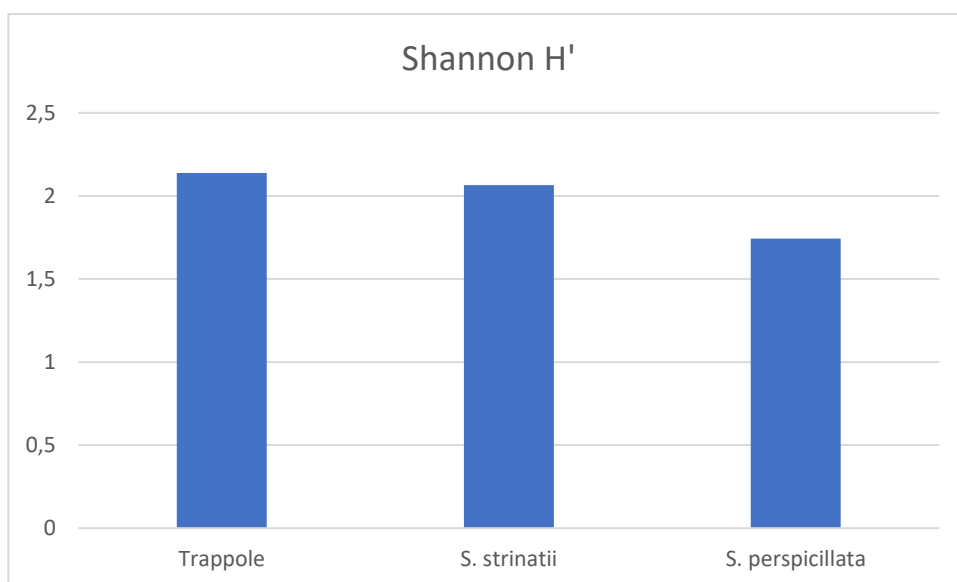


Figura 33 – Valori dei diversi indici di Shannon.

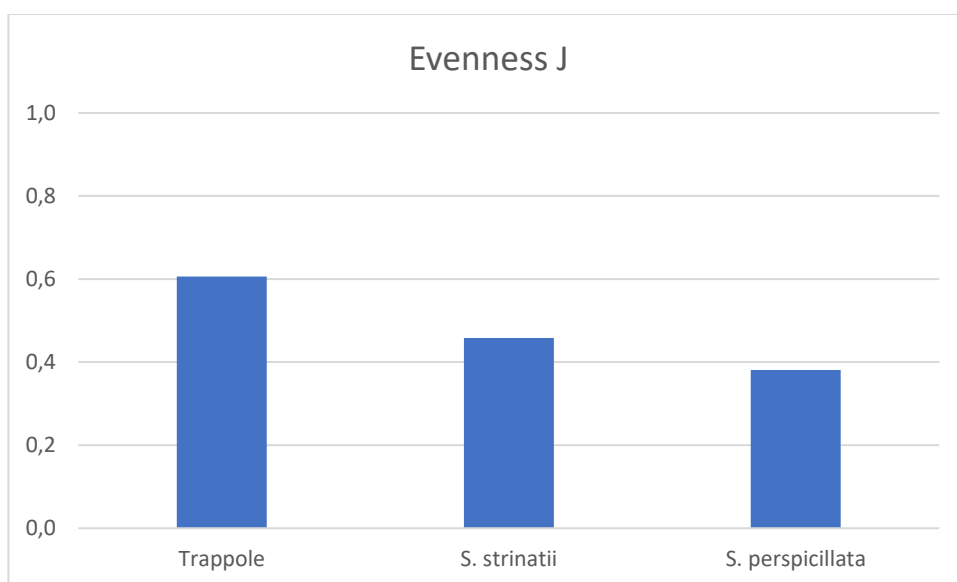


Figura 34 – Valori dei differenti valori di Evenness.

## Indice Ojk di Pianka

Di seguito i valori ottenuti nei diversi siti.

Indici *Ojk* di Pianka nel sito Casareggio:

- *Speleomantes strinatii*: 0,924

Indice *Ojk* di Pianka nel sito Ghiaion:

- *Salamandrina perspicillata*: 0,093
- *Speleomantes strinatii*: 0,300

Indice *Ojk* di Pianka nel sito Gordena:

- *Salamandrina perspicillata*: 0,455

### Sito di Casareggio

Tabella 8 - valori relativi all'indice *Ojk* di Pianka per il sito di Casareggio

0,281	0,285	0,326
S(T*Spe)	T2	Spe2

S(T2*Spe2)	0,093
radq(T2*Spe2)	0,304
Pianka <i>S. strinatii</i>	0,924

### Sito di Ghiaion

Tabella 9 - valori relativi all'indice *Ojk* di Pianka per il sito di Ghiaion

0,030	0,231	0,461	0,061	0,182
S(T*Sal)	T2	Sal2	S(T*Spe)	Spe2

S(T2*Sal2)	0,107
radq(T2*Sal2)	0,327
Pianka <i>S. perspicillata</i>	0,093

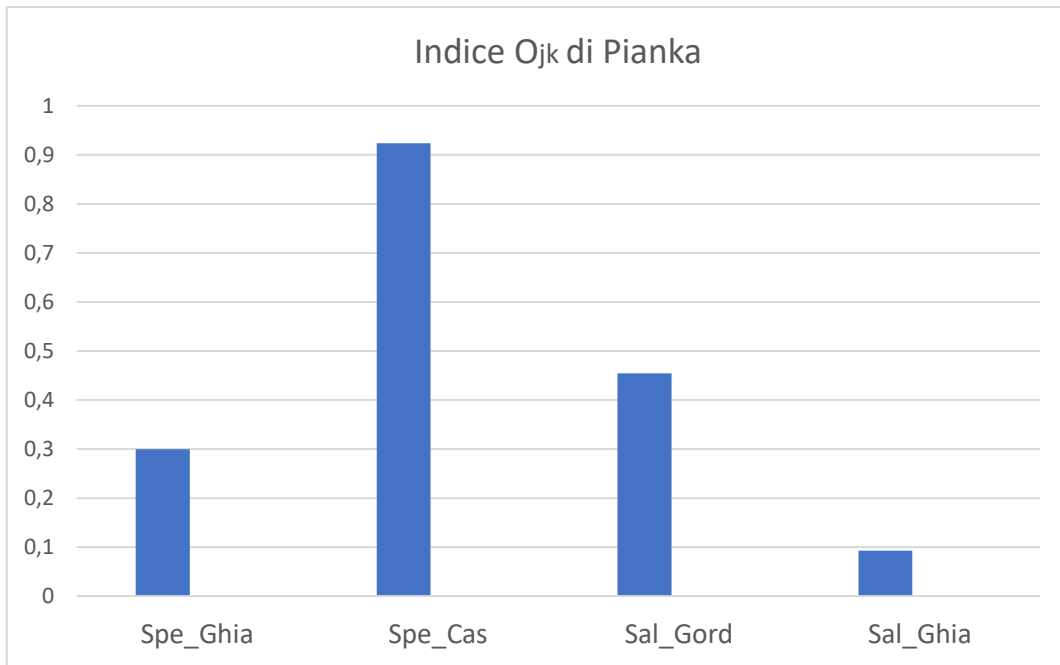
S(T2*Spe2)	0,042
radq(t2*spe2)	0,205
Pianka <i>S. strinatii</i>	0,300

## Sito di Gordena

Tabella 10 – valori relativi all'indice Ojk di Pianka per il sito di Gordena

0,080	0,149	0,208
S(T*Sal)	T2	Sal2

S(T2*Sal2)	0,031
radq(T2*Sal2)	0,176
Pianka S.perspicillata	0,455



*Figura 35 - Grafico con i diversi valori dell'indice Ojk di Pianka messi a confronto*

Nelle seguenti tabelle vengono riassunti i risultati ottenuti durante le analisi dei siti

Tabella 11 - Tabella riassuntiva dei valori del sito Casareggio.

Taxa	Risorse disponibili	Contenuti stomacali <i>S.strinatii</i> N=20 (FO)
Opilionidi	0	0
Pseudoscorpioni	0	2 (0,10)
Ragni	1	7 (0,30)
Acari	0	6 (0,15)
Isopodi	1	0
Geofilomorfi	0	0
Litobiomorfi	0	0
Diplopodi	1	3 (0,15)
Collemboli	8	8 (0,25)
Dipluri	0	0
Larve Coleotteri	0	2 (0,10)
Coleotteri	4	7 (0,30)
Larve Ditteri	20	84 (0,95)
Ditteri	4	7 (0,25)
Larve Neurottero	0	0
Neurotteri	0	0
Larve Emittero	0	0
Emitteri	1	4 (0,20)
Imenotteri Alati	0	0
Formicidi	1	5 (0,20)
Tricotteri	0	0
Larve Lepidotteri	0	0
Ortotteri	0	0
Efemerotteri	0	0
Plecotteri	0	0
Oligocheti	0	19 (0,20)
Gasteropodi	1	0
Nematode	0	0
Numero categorie	10	12
Tot. Conteggio	42	154
Shannon H'	1,758	1,722
H' 95% CL	1,456 – 2,017	1,508 – 1,894
Evenness J	0,580	0,466
Indice di Pianka Ojk	-	0,924



Tabella 12 - Tabella riassuntiva dei valori del sito Ghiaion.

Taxa	Risorse disponibili	Contenuti stomacali <i>S.perspicillata</i> N= 30 (FO)	Contenuti stomacali <i>S.strinatii</i> N= 14 (FO)
Opilioni	0	0	0
Pseudoscorpioni	0	6 (0,20)	0
Ragni	7	9 (0,20)	7 (0,36)
Acari	9	18 (0,43)	2 (0,14)
Isopodi	4	1 (0,03)	1 (0,07)
Geofilomorfi	0	0	0
Litobiomorfi	0	0	0
Diplopodi	19	1 (0,03)	8 (0,43)
Collemboli	0	115 (0,57)	20 (0,50)
Dipluri	0	0	0
Larve Coleotteri	2	0	0
Coleotteri	55	8 (0,23)	6 (0,29)
Larve Ditteri	3	7 (0,20)	4 (0,29)
Ditteri	56	3 (0,10)	1 (0,07)
Larve Neurottero	0	0	0
Neurotteri	0	0	0
Larve Emittero	0	0	0
Emitteri	0	1 (0,03)	0
Imenotteri Alati	6	1 (0,03)	0
Formicidi	4	3 (0,10)	13 (0,14)
Tricotteri	6	0	0
Larve Lepidotteri	0	0	0
Ortotteri	0	0	0
Efemerotteri	0	0	0
Plecotteri	0	0	0
Oligocheti	0	0	0
Gasteropodi	0	0	0
Nematode	0	0	2 (0,14)
Numero categorie	11	12	10
Tot. Conteggio	171	173	64
Shannon H'	1,823	1,451	2,058
H' 95% CL	1,655 – 1,943	1,250 – 1,657	1,859 – 2,205
Evenness J	0,563	0,305	0,712
Indice di Pianka Ojk	-	0,093	0,300

Tabella 13 - Tabella riassuntiva dei valori del sito Gordena

Taxa	Risorse disponibili	Contenuti stomacali <i>S.perspicillata</i> N= 13 (FO)
Opilioni	0	0
Pseudoscorpioni	0	1 (0,08)
Ragni	3	1 (0,08)
Acari	3	19 (0,54)
Isopodi	0	0
Geofilomorfi	0	0
Litobiomorfi	0	0
Diplopodi	8	3 (0,23)
Collemboli	3	5 (0,23)
Dipluri	0	0
Larve Coleotteri	1	0
Coleotteri	18	3 (0,23)
Larve Ditteri	4	1 (0,08)
Ditteri	7	7 (0,23)
Larve Neurottero	0	0
Neurotteri	0	0
Larve Emittero	0	0
Emitteri	0	2 (0,15)
Imenotteri Alati	4	0
Formicidi	13	4 (0,23)
Tricotteri	2	0
Larve Lepidotteri	0	0
Ortotteri	0	0
Efemerotteri	0	0
Plecotteri	0	2 (0,08)
Oligocheti	0	0
Gasteropodi	1	0
Nematode	0	0
Numero categorie	12	11
Tot. Conteggio	67	48
Shannon H'	2,227	2,116
H' 95% CL	2,001 – 2,345	1,805 – 2,311
Evenness J	0,773	0,691
Indice di Pianka Ojk	-	0,455

Nelle tabelle seguenti vengono comparate le popolazioni di *S. perspicillata* e *S. strinatii* campionate nei diversi siti.

Tabella 14 - Tabella comparativa dei risultati ottenuti sulle diverse popolazioni di *S. perspicillata* nei siti di Ghiaion e Gordena

Taxa	Risorse disponibili Ghiaion	Contenuti stomacali Ghiaion N= 30 (FO)	Risorse disponibili Gordena	Contenuti stomacali Gordena N= 13 (FO)
Opilioni	0	0	0	0
Pseudoscorpioni	0	6 (0,20)	0	1 (0,08)
Ragni	7	9 (0,20)	3	1 (0,08)
Acari	9	18 (0,43)	3	19 (0,54)
Isopodi	4	1 (0,03)	0	0
Geofilomorfi	0	0	0	0
Litobiomorfi	0	0	0	0
Diplopodi	19	1 (0,03)	8	3 (0,23)
Collemboli	0	115 (0,57)	3	5 (0,23)
Dipluri	0	0	0	0
Larve Coleotteri	2	0	1	0
Coleotteri	55	8 (0,23)	18	3 (0,23)
Larve Ditteri	3	7 (0,20)	4	1 (0,08)
Ditteri	56	3 (0,10)	7	7 (0,23)
Larve Neurottero	0	0	0	0
Neurotteri	0	0	0	0
Larve Emittero	0	0	0	0
Emitteri	0	1 (0,03)	0	2 (0,15)
Imenotteri Alati	6	1 (0,03)	4	0
Formicidi	4	3 (0,10)	13	4 (0,23)
Tricotteri	6	0	2	0
Larve Lepidotteri	0	0	0	0
Ortotteri	0	0	0	0
Efemerotteri	0	0	0	0
Plecotteri	0	0	0	2 (0,08)
Oligocheti	0	0	0	0
Gasteropodi	0	0	1	0
Nematode	0	0	0	0
Numero categorie	11	12	12	11
Tot. Conteggio	171	173	67	48
Shannon H'	1,823	1,451	2,227	2,116
H' 95% CL	1,655 – 1,943	1,250 – 1,657	2,001 – 2,345	1,805 – 2,311
Evenness J	0,563	0,305	0,773	0,691
Indice di Pianka Ojk	-	0,093	-	0,455

Tabella 15 - Tabella comparativa dei risultati ottenuti sulle diverse popolazioni di *S. strinatii* nei siti di Casareggio e Ghiaion.

Taxa	Risorse disponibili Casareggio	Contenuti stomacali Casareggio N= 20 (FO)	Risorse disponibili Ghiaion	Contenuti stomacali Ghiaion N= 14 (FO)
Opilioni	0	0	0	0
Pseudoscorpioni	0	2 (0,10)	0	0
Ragni	1	7 (0,30)	7	7 (0,36)
Acari	0	6 (0,15)	9	2 (0,14)
Isopodi	1	0	4	1 (0,07)
Geofilomorfi	0	0	0	0
Litobiomorfi	0	0	0	0
Diplopodi	1	3 (0,15)	19	8 (0,43)
Collemboli	8	8 (0,25)	0	20 (0,50)
Dipluri	0	0	0	0
Larve Coleotteri	0	2 (0,10)	2	0
Coleotteri	4	7 (0,30)	55	6 (0,29)
Larve Ditteri	20	84 (0,95)	3	4 (0,29)
Ditteri	4	7 (0,25)	56	1 (0,07)
Larve Neurotteri	0	0	0	0
Neurotteri	0	0	0	0
Larve Emittero	0	0	0	0
Emitteri	1	4 (0,20)	0	0
Imenotteri Alati	0	0	6	0
Formicidi	1	5 (0,20)	4	13 (0,14)
Tricotteri	0	0	6	0
Larve Lepidotteri	0	0	0	0
Ortotteri	0	0	0	0
Efemerotteri	0	0	0	0
Plecotteri	0	0	0	0
Oligocheti	0	19 (0,20)	0	0
Gasteropodi	1	0	0	0
Nematode	0	0	0	2 (0,14)
Numero categorie	10	12	11	10
Tot. Conteggio	42	154	171	64
Shannon H'	1,758	1,722	1,823	2,058
H' 95% CL	1,456 – 2,017	1,508 – 1,894	1,655 – 1,943	1,859 – 2,205
Evenness J	0,580	0,466	0,563	0,712
Indice di Pianka Ojk	-	0,924	-	0,300

### **Metodo Grafico di Amundsen**

Di seguito sono riportate le diverse tabelle utilizzate per ottenere *FO* ed abbondanza per ogni Taxon e i grafici relativi alle strategie trofiche delle popolazioni studiate.

I grafici vanno interpretati secondo la chiave di lettura in Figura 26 (Pag. 51).

Sito di Casareggio

Tabella 16 – Valori di FO e di Abbondanza relativi alla popolazione di *S. strinatii* del sito di Casareggio

	<b>FO</b>	<b>Abb. Taxa</b>
<b>Pseudoscorpioni</b>	0,10	1
<b>Ragni</b>	0,30	5
<b>Acari</b>	0,15	4
<b>Diplopodi</b>	0,15	2
<b>Collemboli</b>	0,25	5
<b>Larve Coleotteri</b>	0,10	1
<b>Coleotteri</b>	0,30	5
<b>Larve Ditteri</b>	0,95	55
<b>Ditteri</b>	0,25	5
<b>Emitteri</b>	0,20	3
<b>Formicidi</b>	0,20	3
<b>Oligocheti</b>	0,20	12

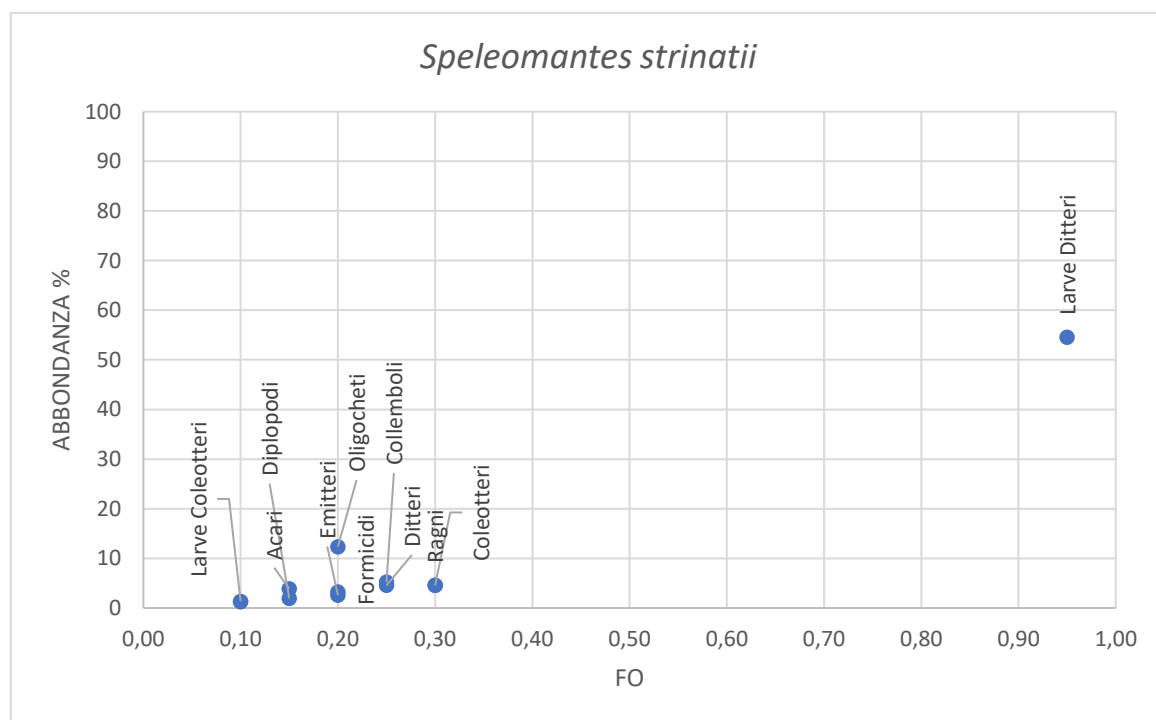


Figura 36 – Rappresentazione secondo il metodo grafico di Amundsen della popolazione di *S. strinatii* nel sito di Casareggio.

Sito di Ghiaion

Tabella 17 – Valori di FO e di Abbondanza relativi alla popolazione di *S. perspicillata* del sito di Ghiaion.

	<b>FO</b>	<b>Abb. Taxa</b>
<b>Pseudoscorpioni</b>	0,20	3
<b>Ragni</b>	0,20	5
<b>Acari</b>	0,43	10
<b>Isopodi</b>	0,03	1
<b>Diplopodi</b>	0,03	1
<b>Collemboli</b>	0,57	66
<b>Coleotteri</b>	0,23	5
<b>Larve Ditteri</b>	0,20	4
<b>Ditteri</b>	0,10	2
<b>Emitteri</b>	0,03	1
<b>Imenotteri Alati</b>	0,03	1
<b>Formicidi</b>	0,10	2

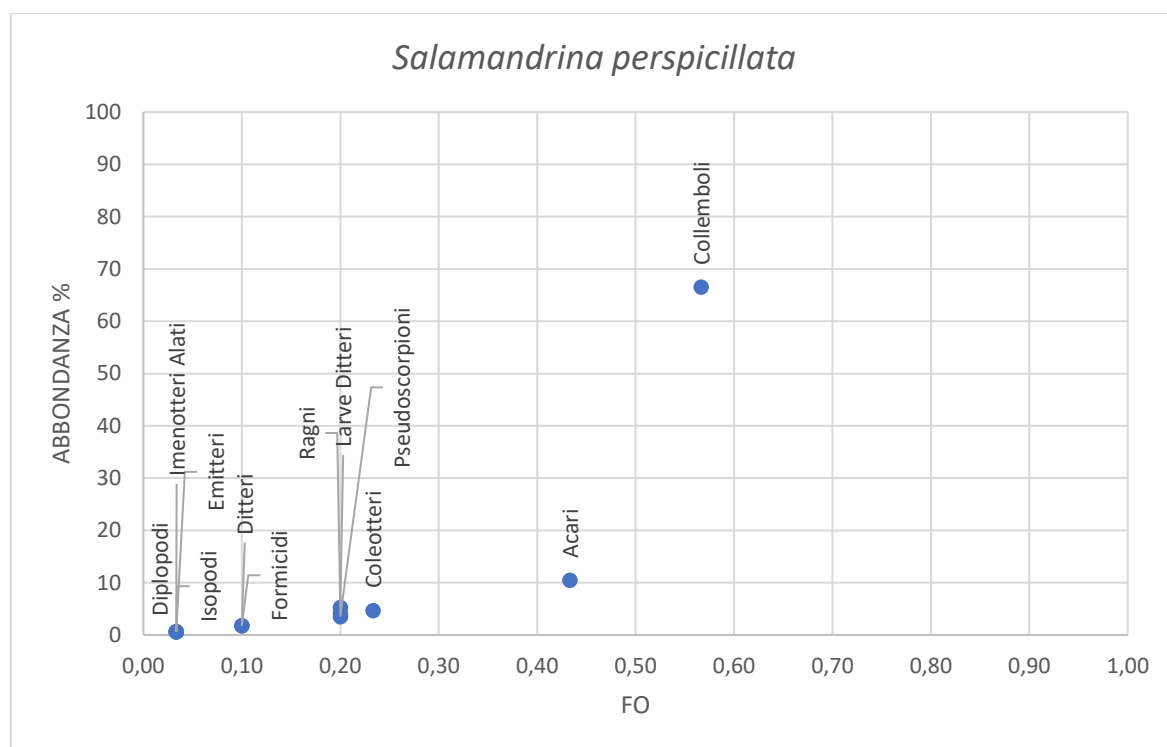


Figura 37 – Rappresentazione secondo il metodo grafico di Amundsen della popolazione di *S. perspicillata* nel sito di Ghiaion.

Tabella 18 – Valori di FO e di Abbondanza relativi alla popolazione di *S. strinatii* del sito di Ghiaion.

	<b>FO</b>	<b>Abb. Taxa</b>
<b>Ragni</b>	0,36	11
<b>Acari</b>	0,14	3
<b>Isopodi</b>	0,07	2
<b>Diplopodi</b>	0,43	13
<b>Collemboli</b>	0,50	31
<b>Coleotteri</b>	0,29	9
<b>Larve Ditteri</b>	0,29	6
<b>Ditteri</b>	0,07	2
<b>Formicidi</b>	0,50	20
<b>Nematode</b>	0,14	3

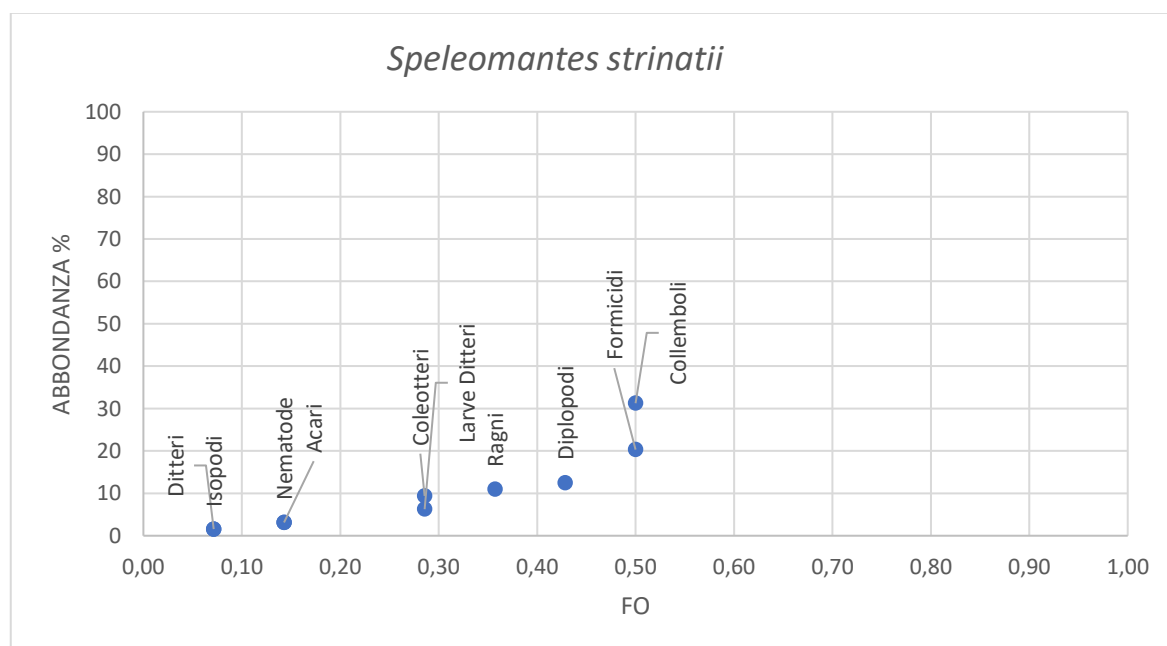


Figura 38 – Rappresentazione secondo il metodo grafico di Amundsen della popolazione di *S. strinatii* nel sito di Ghiaion.



Sito di Gordena

Tabella 19 – Valori di FO e di Abbondanza relativi alla popolazione di *S. perspicillata* del sito di Gordena

	FO	Abb. Taxa
<b>Pseudoscorpioni</b>	0,08	2
<b>Ragni</b>	0,08	2
<b>Acari</b>	0,54	40
<b>Diplopodi</b>	0,23	6
<b>Collemboli</b>	0,23	10
<b>Coleotteri</b>	0,23	6
<b>Larve Ditteri</b>	0,08	2
<b>Ditteri</b>	0,23	15
<b>Emitteri</b>	0,15	4
<b>Formicidi</b>	0,23	8
<b>Plecotteri</b>	0,08	4

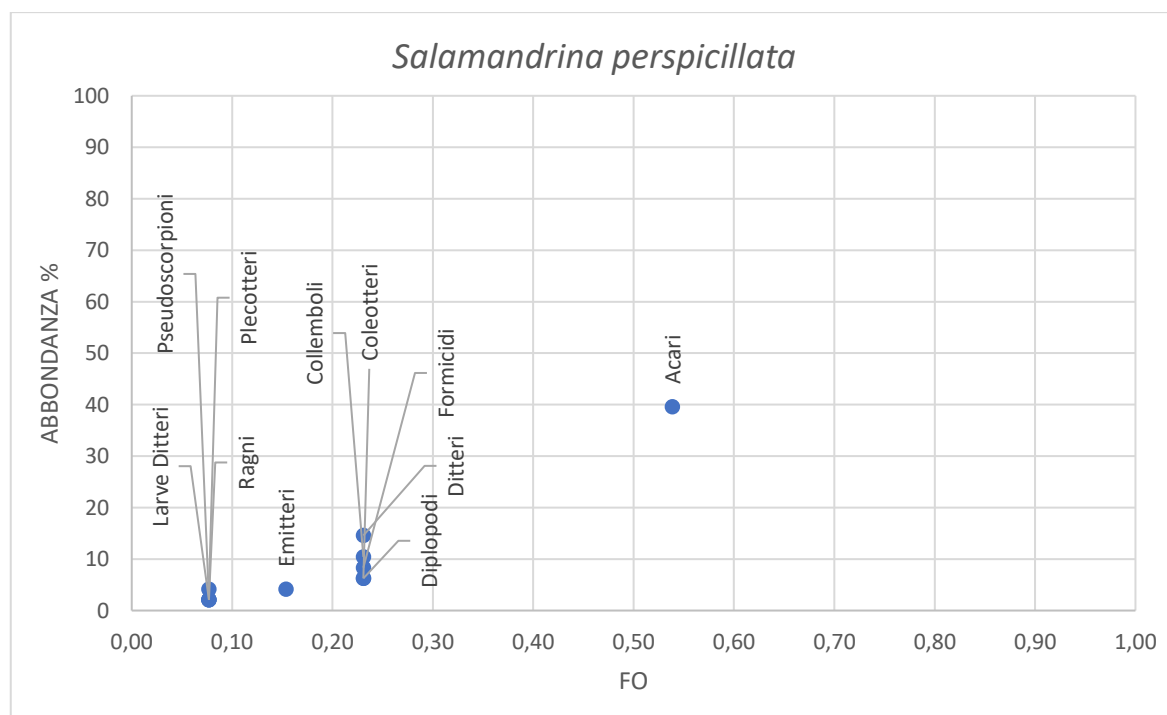


Figura 39 – Rappresentazione secondo il metodo grafico di Amundsen della popolazione di *S. perspicillata* nel sito di Gordena.

Di seguito le tabelle e il grafico relativo alla comparazione delle strategie trofiche tra le popolazioni di *Speleomantes strinatii* nei siti di Casareggio e Ghiaion, basata sul metodo grafico di Amundsen.

Tabella 20 – Valori di FO e di Abbondanza relativi alle popolazioni di *S. strinatii* dei siti di Casareggio e di Ghiaion.

	FO	Abb. Taxa
<b>Pseudoscorpioni</b>	0,10	1
<b>Ragni</b>	0,30	5
<b>Acari</b>	0,15	4
<b>Diplopodi</b>	0,15	2
<b>Collemboli</b>	0,25	5
<b>Larve Coleotteri</b>	0,10	1
<b>Coleotteri</b>	0,30	5
<b>Larve Ditteri</b>	0,95	55
<b>Ditteri</b>	0,25	5
<b>Emitteri</b>	0,20	3
<b>Formicidi</b>	0,20	3
<b>Oligocheti</b>	0,20	12

ID	FO	Abb. Taxa
<b>Ragni</b>	0,36	11
<b>Acari</b>	0,14	3
<b>Isopodi</b>	0,07	2
<b>Diplopodi</b>	0,43	13
<b>Collemboli</b>	0,50	31
<b>Coleotteri</b>	0,29	9
<b>Larve Ditteri</b>	0,29	6
<b>Ditteri</b>	0,07	2
<b>Formicidi</b>	0,50	20
<b>Nematode</b>	0,14	3

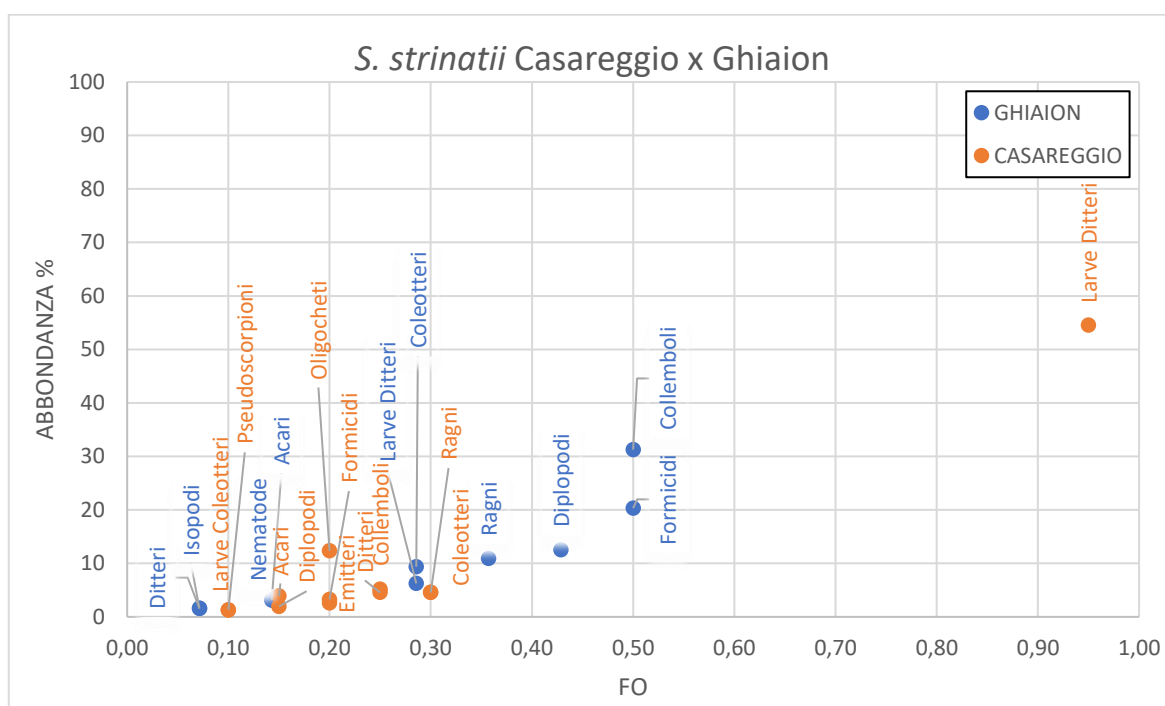


Figura 40 – Comparazione delle strategie trofiche delle popolazioni di *S. strinatii* dei siti di Casareggio e Ghiaion secondo il metodo grafico di Amundsen.

Di seguito le tabelle e il grafico relativo alla comparazione delle strategie trofiche tra le popolazioni di *Salamandrina perspicillata* nei siti di Ghiaion e Gordena, basata sul metodo grafico di Amundsen.

Tabella 21 – Valori di FO e di Abbondanza relativi alle popolazioni di *S. perspicillata* dei siti di Ghiaion e di Gordena

ID	FO	Abb.
<b>Pseudoscorpioni</b>	0,20	3
<b>Ragni</b>	0,20	5
<b>Acari</b>	0,43	10
<b>Isopodi</b>	0,03	1
<b>Diplopodi</b>	0,03	1
<b>Collemboli</b>	0,57	66
<b>Coleotteri</b>	0,23	5
<b>Larve Ditteri</b>	0,20	4
<b>Ditteri</b>	0,10	2
<b>Emitteri</b>	0,03	1
<b>Imenotteri Alati</b>	0,03	1
<b>Formicidi</b>	0,10	2

ID	FO	Abb.
<b>Pseudoscorpioni</b>	0,08	2
<b>Ragni</b>	0,08	2
<b>Acari</b>	0,54	40
<b>Diplopodi</b>	0,23	6
<b>Collemboli</b>	0,23	10
<b>Coleotteri</b>	0,23	6
<b>Larve Ditteri</b>	0,08	2
<b>Ditteri</b>	0,23	15
<b>Emitteri</b>	0,15	4
<b>Formicidi</b>	0,23	8
<b>Plecotteri</b>	0,08	4

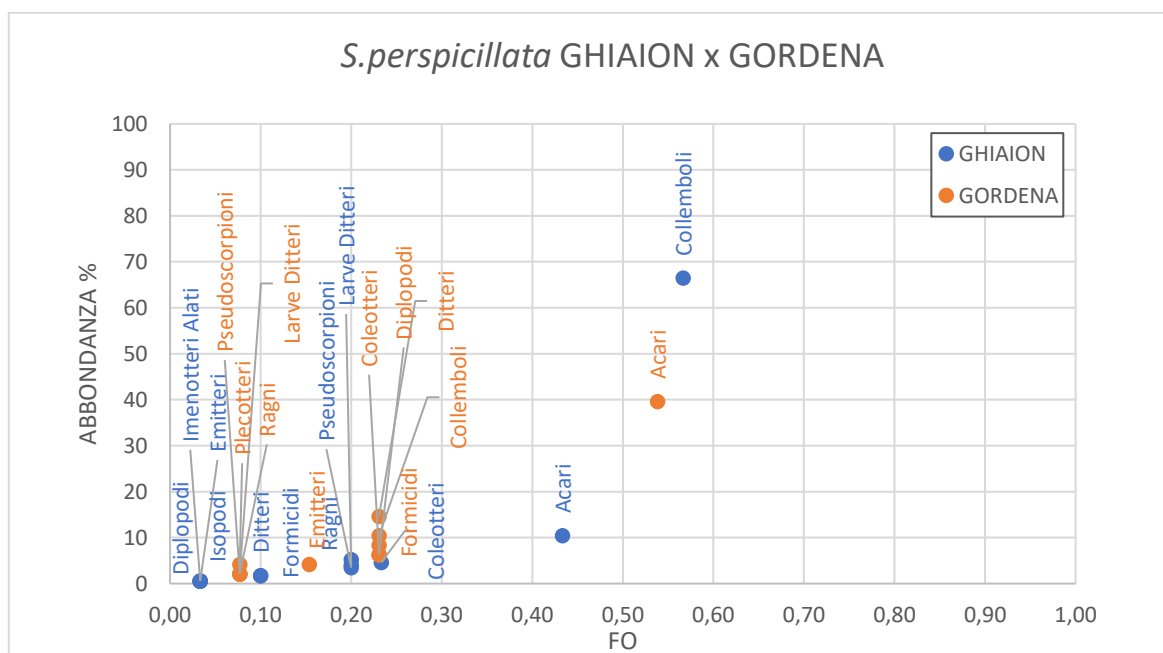


Figura 41 – Comparazione delle strategie trofiche delle popolazioni di *S. perspicillata* dei siti di Ghiaion e Gordena secondo il metodo grafico di Amundsen.

Di seguito le tabelle e il grafico relativo alla comparazione delle strategie trofiche tra la popolazione totale di *Salamandrina perspicillata* e la popolazione totale di *Speleomantes strinatii*, basata sul metodo grafico di Amundsen.

Tabella 22 - Valori di FO e di Abbondanza relativi alle popolazioni di *Speleomantes strinatii* e di *Salamandrina perspicillata*.

	FO	Abb.
Ragni	0,21	4
Acari	0,06	1
Isopodi	0,03	0
Diplopodi	0,21	4
Collemboli	0,26	11
Coleotteri	0,18	4
Larve Ditteri	0,29	16
Ditteri	0,03	0
Formicidi	0,24	7
Oligocheti	0,06	2
Nematode	0,06	1

	FO	Abb.
Pseudoscorpioni	0,16	3
Ragni	0,16	5
Acari	0,47	17
Isopodi	0,02	0
Diplopodi	0,09	2
Collemboli	0,47	54
Coleotteri	0,23	5
Larve Ditteri	0,16	4
Ditteri	0,14	5
Emitteri	0,07	1
Imenotteri Alati	0,02	0
Formicidi	0,14	3
Plecotteri	0,02	1

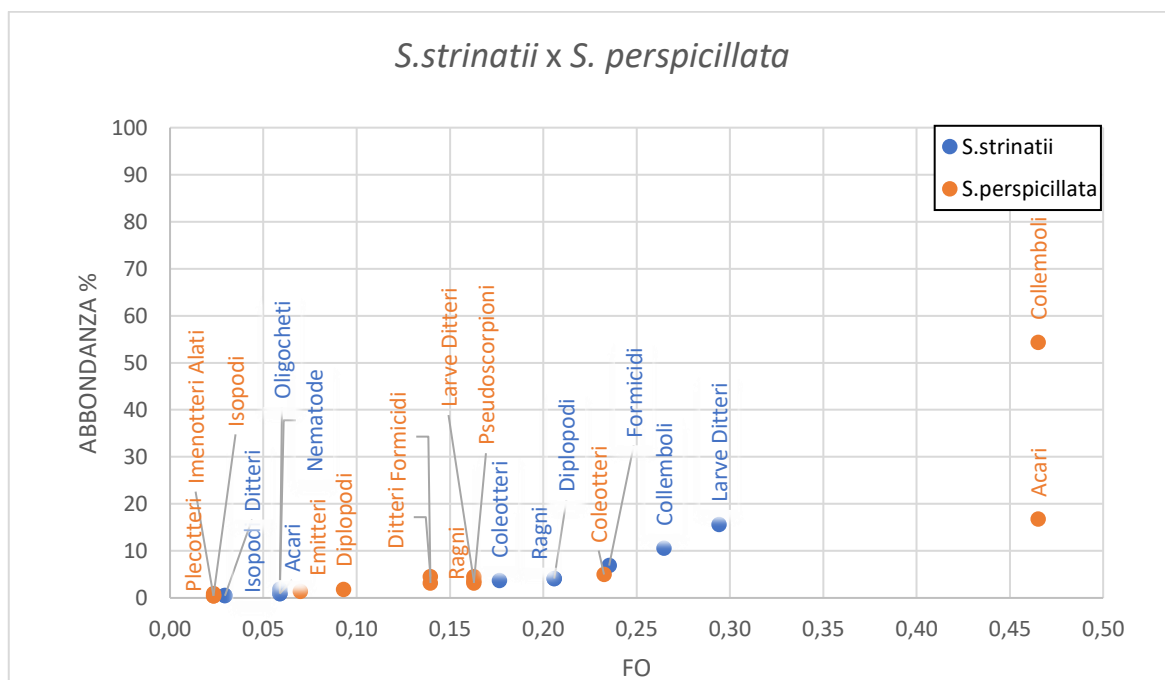


Figura 42 - Comparazione delle strategie trofiche delle popolazioni di *S. strinatii* e *S. perspicillata* secondo il metodo grafico di Amundsen.

## ANOSIM

Le analisi precedenti possono essere confermate dal test one-way ANOSIM. Generalmente, per le analisi statistiche in campo ecologico, il valore di  $p$  (*same*) deve essere  $<0,05$  per escludere l'ipotesi nulla "nessuna differenza tra i gruppi". Il valore  $p$  aiuta a capire se la differenza tra il risultato osservato e quello ipotizzato è statisticamente significativa, oppure legata alla casualità del campionamento.

Risultati ANOSIM tra le popolazioni di *S. perspicillata* e *S. strinatii*

- $R = 0,1696$
- $p$  (*same*) = 0,0001

Il test ha restituito un valore  $p$  (*same*) = 0.0001 ( $\ll 0,05$ ), che permette di escludere l'ipotesi nulla "nessuna differenza tra i gruppi", e un valore  $R = 0,1696$ , che testimonia una differenza tra le strategie trofiche delle due specie studiate.

Risultati ANOSIM tra le popolazioni di *S. strinatii*

- $R = 0,5597$
- $p$  (*same*) = 0,0001

Il test effettuato tra le popolazioni di *S. strinatii* ha restituito un  $R = 0,5597$  e un  $p$  (*same*) = 0,0001 ( $\ll 0,05$ ). In questo caso abbiamo una differenza più marcata tra le strategie trofiche delle due popolazioni di *S. strinatii*, differenza validata dal  $p$  (*same*)  $\ll 0,05$ .

Risultati ANOSIM tra le popolazioni di *S. perspicillata*

- $R = 0,0066$
- $p$  (*same*) = 0,1297

Il test effettuato tra le popolazioni di *S. perspicillata* ha restituito un  $R = 0,0066$  e un  $p$  (*same*) = 0,1297 ( $>> 0,05$ ) che non permette di escludere l'ipotesi nulla, rendendo inaffidabile il risultato.

## SIMPER

Di seguito sono riportati i principali Taxa responsabili della dissimilarità:

Tabella 23 - Risultati del Test SIMPER tra le popolazioni di *S. perspicillata* e *S. strinati*

Taxon	Av. dissim	Contrib. %	Cumulative %	Mean Salper	Mean Spestr
Larve Ditteri	22,68	25,86	25,86	0,186	2,59
Collemboli	18,87	21,51	47,37	2,79	0,824
Acari	8,261	9,418	56,79	0,86	0,235
Formicidi	6,394	7,29	64,08	0,163	0,529
Coleotteri	5,808	6,622	70,7	0,256	0,382
Ragni	5,672	6,467	77,17	0,233	0,412

Overall Average Dissimilarity= 87,71

Tabella 24 - Risultati del Test SIMPER tra le popolazioni di *S. strinati*

Taxon	Av. dissim	Contrib. %	Cumulative %	Mean Casar	Mean Vob
Larve Ditteri	31,74	37,06	37,06	4,2	0,286
Collemboli	11,91	13,91	50,97	0,4	1,43
Formicidi	8,083	9,439	60,41	0,25	0,929
Diplopodi	5,685	6,639	67,04	0,15	0,571
Ragni	5,623	6,566	73,61	0,35	0,5

Overall Average Dissimilarity = 85,64

Per le popolazioni di *S. perspicillata* non è stato effettuato il Test SIMPER poiché i due gruppi non sono risultati differenti in seguito al Test ANOSIM.

## Non-Metric Multidimensional Scaling (nMDS)

La prima comparazione è stata effettuata tra le due specie, unendo le popolazioni dei diversi siti. In questo modo è stato possibile mettere in evidenza le differenze tra le due strategie trofiche.

Il secondo grafico mette a confronto le strategie trofiche delle due popolazioni di *S. strinatii* campionate nei siti di Casareggio e di Ghiaion.

Per le popolazioni di *S. perspicillata* non sono stati costruiti grafici, poiché i risultati delle analisi precedenti non hanno evidenziato differenze significative a livello delle due strategie trofiche.

Di seguito i grafici ottenuti attraverso nMDS.

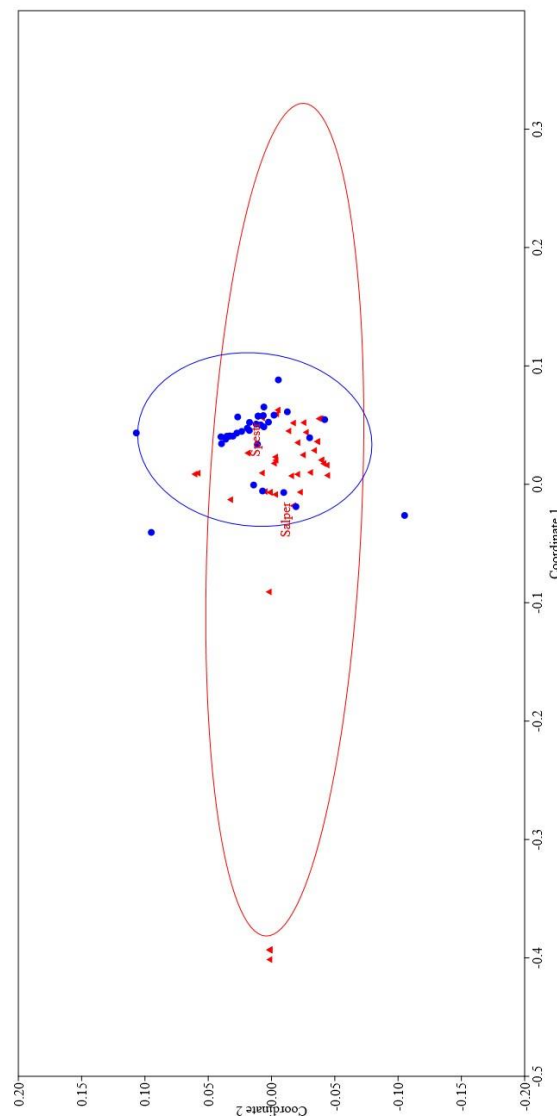


Figura 43 - Non-Parametric Multidimensional Scaling delle strategie trofiche delle due specie. I triangoli rossi rappresentano gli esemplari di *S. perspicillata*, mentre i pallini blu gli esemplari di *S. strinatii*.

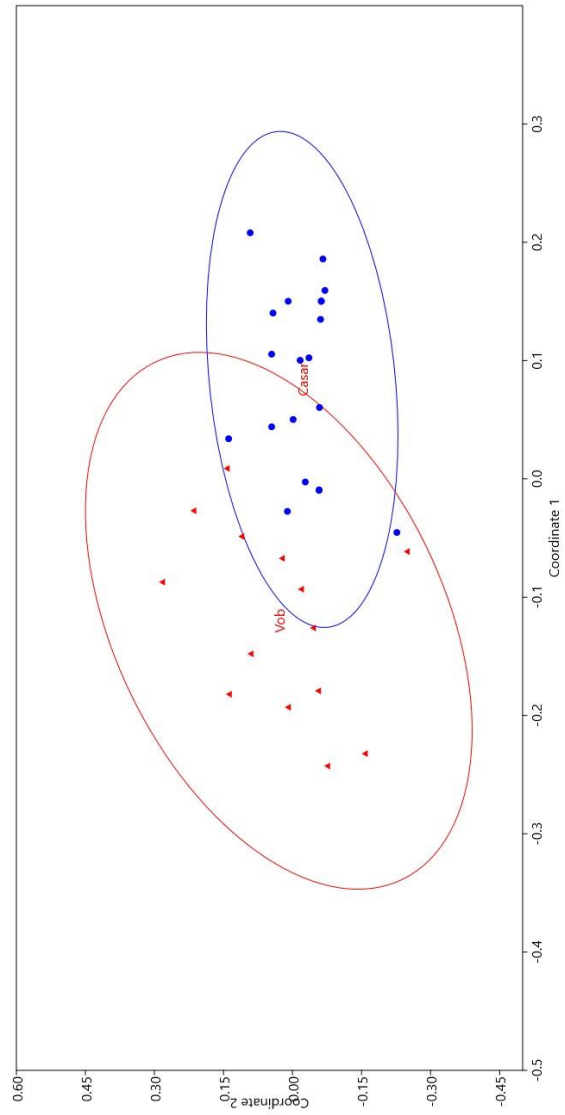


Figura 44 - Non-Parametric Multidimensional Scaling delle strategie trofiche di *S. strinatii*. I triangoli rossi rappresentano gli esemplari di *Ghiaion*, mentre i pallini blu gli esemplari di *casareggio*.



## CONCLUSIONI

In base ai risultati ottenuti si può concludere che *Speleomantes strinatii* presenta una strategia trofica più generalista, con valori  $H'$  (Shannon) simili a quelli delle trappole a caduta e più alti rispetto a *S. perspicillata*, che invece presenta una strategia trofica più specializzata ( $H'$  meno elevato). In particolare, confrontando le popolazioni di *Speleomantes strinatii* nei diversi siti, presentano un  $H'$  differente tra loro; situazione analoga la troviamo tra le popolazioni di *Salamandrina perspicillata*. La differenza tra le popolazioni di *Speleomantes strinatii* può essere dovuta alla minore diversità di prede nel sito di Casareggio, testimoniata dal valore  $H'$  delle trappole a caduta più basso, rispetto al sito di Ghiaion; mentre, per le popolazioni di *S. perspicillata*, la differenza può essere dovuta dalla minor diversità di prede nel sito di Ghiaion, rispetto al sito di Gordena, oppure all'adozione di una strategia più specializzata da parte della popolazione di *S. perspicillata*.

I valori di Evenness ( $J$ ) delle trappole a caduta sono analoghi nei diversi siti e riportano una situazione intermedia ( $J=0,5$ ) tra la dominanza di una specie ( $J=0$ ) e l'equipartizione degli organismi nelle specie campionate ( $J=1$ ). Per i valori  $J$  relativi a *Speleomantes strinatii*, si può notare che la popolazione del sito di Ghiaion sia più generalista, rispetto alla popolazione di Casareggio, confermando l'ipotesi che il sito di Casareggio sia meno diversificato. Nelle popolazioni di *S. perspicillata* abbiamo valori di  $J$  più bassi, confermando l'ipotesi che *Salamandrina perspicillata* adotta una strategia trofica più specializzata, con la dominanza di uno o più Taxa nei contenuti stomacali. In particolare, la popolazione di Ghiaion presenta un valore di  $J$  più basso rispetto alla popolazione di Gordena, confermando l'ipotesi di una strategia trofica ancora più specializzata nel sito di Ghiaion rispetto al sito di Gordena.

Le analisi effettuate unendo le popolazioni confermano quanto detto in precedenza, evidenziando la differente strategia trofica di *Salamandrina perspicillata*, più specializzata ( $H'$  e  $J$  bassi), rispetto a *Speleomantes strinatii*, più generalista.

I valori più bassi dell'indice  $Ojk$  di Pianka si riscontrano nelle popolazioni di *Salamandrina perspicillata*, testimoniando anche in questo caso una strategia trofica più specializzata. Più dettagliatamente, la popolazione di *Salamandrina perspicillata* nel sito di Ghiaion ( $Ojk=0,092$ ) risulta più specializzata della popolazione di Gordena ( $Ojk=0,454$ ), confermando ulteriormente le osservazioni effettuate tramite l'indice di Shannon.

Per quanto riguarda le due popolazioni di *Speleomantes strinatii*, risultano una più generalista rispetto all'altra. In particolare, la popolazione di *S. strinatii* nel sito di Casareggio ( $Ojk=0,924$ ) risulta più generalista rispetto alla popolazione di Ghiaion ( $Ojk=0,300$ ). Questo conferma una strategia trofica generalista da parte delle popolazioni di *S.strinatii* ma, a causa della poca diversità all'interno dei sito di Casareggio e Ghiaion, una popolazione tenderà ad essere più specializzata dell'altra.

Il metodo grafico di Amundsen (Figura 41, Pag. 83) mette in evidenza una differenza tra le due popolazioni di *S. perspicillata* nell'abbondanza e frequenza dei Taxa, in quanto abbiamo la dominanza di due Taxa, nel contenuto stomacale degli esemplari della popolazione di *S. perspicillata* del sito di Ghiaion; mentre negli individui della popolazione di Gordena, il contributo nutritivo è dato da più Taxa. Questo conferma l'ipotesi di una specializzazione maggiore della popolazione di *Salamandrina perspicillata*, nel sito di Ghiaion, rispetto alla popolazione del sito di Gordena, legata alla scarsa diversità di prede nel sito di Ghiaion. La specializzazione della popolazione di *S. perspicillata*, nel sito di Ghiaion dovuta principalmente ai Taxa dei:

- Collemboli, presenti nel 57% dei contenuti stomacali;
- Acari, presenti nel 43 % dei contenuti stomacali;

Nel sito di Gordena abbiamo una specializzazione di:

- Acari, presenti nel 54% dei contenuti stomacali;
- Diploidi, Collemboli, Coleotteri, Ditteri e Formicidi, presenti tutti nel 23% dei contenuti stomacali;

Per quanto riguarda le popolazioni di *S.strinatii*, il metodo grafico di Amundsen (Figura 40, Pag.82) mette in evidenza una differenza tra le due popolazioni in termini di abbondanza e frequenza dei Taxa, in quanto abbiamo una dominanza di un Taxon, nel contenuto stomacale degli esemplari della popolazione di *S.strinatii* del sito di Casareggio, rispetto agli individui della popolazione di Ghiaion, confermando la scarsa diversità di prede presenti nel sito di Casareggio. Infatti, nella popolazione di *Speleomantes strinatii* del sito di Casareggio, il 95% di individui si nutre di larve di Ditteri, mentre gli altri Taxa sono predanti occasionalmente da percentuali di individui inferiori al 30%; al contrario nella popolazione di Ghiaion, il 50% di individui si nutre di Collemboli, mentre gli altri Taxa sono predati occasionalmente da percentuali di individui inferiori al 50%.

La comparazione delle due specie (Figura 42, Pag. 84) unendo le popolazioni dei diversi siti conferma una maggiore specializzazione da parte di *S. perspicillata*, che presenta un'alta percentuale di individui che si nutre di Acari e Collemboli (>47%), mentre gli altri Taxa sono predati meno frequentemente. Nel caso di *S. strinatii*, il 29% degli individui si nutre di larve di Ditteri, mentre gli altri Taxa sono predati occasionalmente da percentuali di individui inferiori al 28%, suggerendo una strategia trofica più generalista rispetto a *S. perspicillata*.

Queste osservazioni sono confermate dai risultati del test ANOSIM e convalidate dai valori  $p$  (*same*)  $\ll 0.05$ . La Tabella 23 (Pag.86) ottenuta tramite il test SIMPER conferma quanto ipotizzato con il grafico di Amundsen (Figura 42, Pag. 84); i Taxa responsabili della differenza tra le strategie trofiche delle due specie sono larve di Ditteri (26%) e Collemboli (21%) che insieme raggiungono una percentuale cumulativa del 47% circa. La Tabella 24 (Pag. 86) riporta i risultati relativi al test SIMPER effettuato sulle popolazioni di *S. strinatii*, evidenziando come principali Taxa responsabili larve di Ditteri (37%) e Collemboli (13%), confermando le ipotesi precedenti.

Nella Figura 43 (Pag. 87) relativa al nMDS tra le due specie si può vedere che l'ellisse relativa a *Speleomantes strinatii* è contenuta nell'ellisse di *Salamandrina perspicillata*, molto più ampia. Questo dettaglio aggiunge ulteriori informazioni a quanto ipotizzato in precedenza; conferma che *S.strinatii*, nonostante risulti generalista, a causa della scarsa diversità nel sito di Casareggio, attui una strategia trofica specializzata in quel sito; per *S.perspicillata* viene confermata una strategia trofica specializzata tuttavia, si nutre di prede che rientrano anche nella dieta di *S. strinatii*. Inoltre, i simboli relativi alla popolazione di *S. strinatii* risultano meno distanti tra loro rispetto ai simboli relativi alla popolazione di *S. perspicillata*, a testimonianza di una minore diversità nelle tipologie di prede.

Nel grafico relativo al nMDS tra le popolazioni di *S. strinatii* (Figura 44, Pag. 88) l'ellisse della popolazione di Casareggio è contenuto in parte da quello di Ghiaion, leggermente più ampia, e presenta simboli più ravvicinati tra loro. Questi dettagli confermano ulteriormente l'ipotesi che la popolazione di Casareggio, vista la scarsa diversità di prede, adotti una strategia trofica leggermente più specializzata rispetto alla popolazione di Ghiaion.

In conclusione, basandosi sui risultati ottenuti da questo studio sulle strategie trofiche di *Salamandrina perspicillata* e *Speleomantes strinatii*, si può affermare che *S. perspicillata* adotta una strategia trofica più specializzata rispetto a *S. strinatii*, che risulta essere più generalista. Inoltre, lo studio ha messo in evidenza la diversità nelle strategie trofiche delle due popolazioni di *S. strinatii*, legata alla scarsa diversità di prede nel sito di Casareggio, e una maggiore specializzazione della popolazione di *S. perspicillata* nel sito di Ghiaion rispetto alla popolazione nel sito di Gordena. Infine, si è osservato che la nicchia trofica di *S. strinatii* è contenuta nella nicchia trofica di *S. perspicillata*, più ampia.

Effettuare lo studio in un periodo diverso da quello riproduttivo di *S. perspicillata* permetterebbe di campionare anche le femmine in modo da avere più esemplari a disposizione per le analisi.

Inoltre, un campionamento effettuato in un periodo differente permetterebbe di verificare eventuali cambiamenti nella strategia trofica delle specie studiate durante l'anno, soprattutto nel caso di *S. perspicillata*, che durante il periodo riproduttivo tende a diventare più specializzata, come confermato dai risultati ottenuti in questo studio.

## BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- ARAÚJO M.S., BOLNICK, D.I., LAYMAN, C.A., 2011 – The ecological causes of individual specialisation. *Ecology Letters*, 14: 948
- ARAÚJO M. S., COSTA-PEREIRA R., 2013 – Latitudinal gradients in intraspecific ecological diversity. *Biology Letters*, 9: 20130778.
- BOLNICK D. I., SVANBÄCK R., Araújo M. S. , Persson L., 2007 – Comparative support for the niche variation hypothesis that more generalized populations also are more heterogeneous. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, USA. 84:5506–5510.
- BONDI C. A., GREEN S., BEIER C. M., 2015 – Evaluation of Gastric Lavage Method for Diet Analysis of the Eastern Red-backed Salamander (*Plethodon cinereus*). *Herpetological Review*, 2015, 46(2), 1–7, USA.
- BROWNE R. K., 2009 – Amphibian diet and nutrition. *AArk Science and Research*.
- BURTON, T. M., LIKENS, G. E., 1975 – Energy flow and nutrient cycling in salamander populations in the Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire. *Ecology* 56:1068–1080, USA.
- BURTON T. M., 1976 – An analysis of the feeding ecology of the salamanders (Amphibia, Urodela) of the Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire. *Society for the Study of Amphibians and Reptiles*.
- CECALA K. K., PRICE S. J., DORCAS M. E., 2007 – Diet of larval red salamanders (*Pseudotriton ruber*) examined using a nonlethal technique. *Journal of Herpetology*, 41:741–745.
- COSTA C., ANGELINI C., SCARDI M., MENESATTI P., UTZERI C., 2009 – Using image analysis on the ventral colour pattern in *Salamandrina perspicillata* (Amphibia: Salamandridae) to discriminate among populations. The Linnean Society of London, *Biological Journal of the Linnean Society*, 2009, 96, 35–43.
- CROVETTO, F., ROMANO A., SALVIDIO S., 2012 – Comparison of two nonlethal methods for dietary studies in terrestrial salamanders. *Wildlife Research*, 39:266–270.
- DI NICOLA M. R., CAVIGLIOLI L., LUISELLI L. & ANDREONE F., 2021 – Anfibi & Rettili d’Italia. Edizioni Belvedere, Latina, “historia naturae” (8), 576 pp.
- GOTO D., 2009 – Impacts of habitat degradation on *Fundulus heteroclitus* (linnaeus) in urban tidal salt marshes in New York. *The City University of New York*.
- HUTTON J. M., DONLON K. C., ENSIGN W. E., 2019 – Fall Diet of Cave Salamanders (*Eurycea lucifuga*) (Rafinesque 1822) in Northwest Georgia, USA. *Herpetology notes*.

- MANCINELLI G. AND BOLNICK D. I., 2013 – RInSp: an R package for the analysis of individual specialisation in resource use. *Methods in Ecology and Evolution*, 4(11): 1018-1023, doi: 10.1111/2041-210X.12079
- ROSA G., COSTA A., SALVIDIO S., 2019 – Trophic strategies of two newt populations living in contrasting habitats on a Mediterranean island. *Ethology Ecology & Evolution*,  
DOI: 10.1080/03949370.2019.1680448
- ROSELLA G., ANGELINI C, MEI M., UTZERI C., 2015 – Contribution to the knowledge of the diet of larvae and adults of *Salamandrina perspicillata*. *Herpetology Notes*, volume 8: 517-521.
- SACCHINI A., FACCINI F., LUINO F., 2016 – Deep Seated Gravitational Slope Deformations in a Ligurian Apennines catchment (Italy): evidences, characterizations and consequences. *Disaster Advances*, Vol. 9 (3).
- WELLS K. D., 2007 - The Ecology and behavior of amphibians, 1° ed. *The University of Chicago Press*, USA.
- <http://www.biopills.net/ricchezza-in-specie>
- <http://www.cartografiarl.regione.liguria.it>
- <http://www.ittiofauna.org>
- <http://www.parcoantola.it/borghi-dettaglio.php?id=2224>

## **RINGRAZIAMENTI**

Vorrei ringraziare il Professore SEBASTIANO SALVIDIO, il Dottore ANDREA COSTA e il Dottore GIACOMO ROSA per avermi permesso di svolgere questa ricerca, seguendomi e istruendomi durante i campionamenti e durante le analisi in laboratorio.

Vorrei ringraziare anche il Dottore MATTIA BOSIO e la Dottoressa CLARA PERCIVALE per aver collaborato con me durante lo svolgimento del tirocinio.

Vorrei ringraziare la mia Famiglia per avermi permesso di arrivare a questo traguardo e avermi supportato durante lo svolgimento dei miei studi.

Ringrazio, inoltre, il mio ragazzo Lorenzo Vecchiotti e gli amici più cari, tra cui Beatrice Congiu, Aurora Vaccarone, Gaia Valfrè e Carlotta Leoncini, per avermi supportato e durante lo svolgimento dei miei studi.

Infine, vorrei ringraziare anche la Dottoressa MARTINA LEONE per la collaborazione e l'aiuto reciproco durante questi due anni.