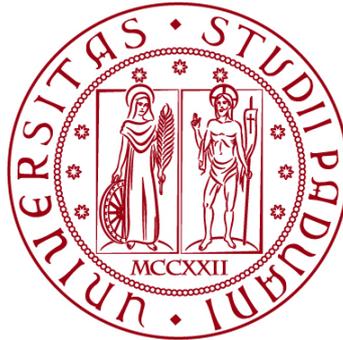


**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

**DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA**

**Corso di Laurea in Scienze Naturali**



**ELABORATO DI LAUREA**

**LA FAUNA DI COLEOPTERA CARABIDAE E TENEBRIONIDAE  
NELLE ISOLE GRECHE DI CRETA E GAVDOS**

**Tutor: Prof. Daniele Sommaggio  
Dipartimento di Biologia**

**Co-tutor: Dott. Apostolos Trichas  
Natural History Museum of Crete, University of Crete**

**Laureanda: Chiara Ferrari**

**ANNO ACCADEMICO 2021/2022**



# Sommario

<b>1</b>	<b>Introduzione .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1</b>	<b>L'ambiente di Creta .....</b>	<b>5</b>
1.1.1	Il contesto geologico.....	5
1.1.2	Il clima.....	7
1.1.3	La flora e la vegetazione .....	7
1.1.4	La fauna .....	9
<b>1.2</b>	<b>I coleotteri carabidi e tenebrionidi.....</b>	<b>11</b>
1.2.1	I carabidi (Carabidae).....	11
1.2.2	I tenebrionidi (Tenebrionidae) .....	14
<b>1.3</b>	<b>Gli obiettivi della ricerca .....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>Materiali e metodi.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Raccolta dei campioni.....</b>	<b>18</b>
2.1.1	Siti e periodi di raccolta dei campioni .....	18
2.1.2	Metodo di raccolta e conservazione dei campioni.....	19
2.1.2.1	<i>Trappole a caduta (pitfall traps)</i> .....	19
2.1.2.2	<i>Raccolta a mano</i> .....	22
<b>2.2</b>	<b>Smistamento in macro-categorie, identificazione e conservazione dei campioni.....</b>	<b>23</b>
2.2.1	Smistamento in macro-categorie .....	23
2.2.2	Identificazione dei Coleoptera a livello di famiglia.....	25
2.2.3	Identificazione di Carabidae e Tenebrionidae a livello di specie (o genere) .....	26
2.2.4	Identificazione a livello di genere o specie di alcuni altri Coleoptera .....	26
<b>2.3</b>	<b>Analisi dei dati .....</b>	<b>27</b>
2.3.1	Dati quantitativi.....	27
2.3.2	Analisi statistica dei dati.....	27
<b>3</b>	<b>Risultati .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1</b>	<b>Macro-categorie di Arthropoda .....</b>	<b>28</b>
<b>3.2</b>	<b>Famiglie di Coleoptera .....</b>	<b>28</b>
<b>3.3</b>	<b>Carabidae e Tenebrionidae .....</b>	<b>30</b>
3.3.1	Densità di attività e numero di specie .....	30
3.3.2	Specie più abbondanti e preferenze ambientali.....	34
3.3.3	Corotipi .....	34
3.3.4	Similarità faunistica delle aree di studio.....	36
<b>4</b>	<b>Discussione .....</b>	<b>37</b>
	<b>Bibliografia .....</b>	<b>41</b>
	<b>Appendici .....</b>	<b>47</b>
<b>Appendice 1</b> .....		<b>47</b>
<b>Appendice 2</b> .....		<b>47</b>
<b>Appendice 3</b> .....		<b>47</b>
<b>Appendice 4</b> .....		<b>49</b>
<b>Appendice 5</b> .....		<b>50</b>

<b>Appendice 6 .....</b>	<b>56</b>
<b>Ringraziamenti .....</b>	<b>57</b>

# 1 Introduzione

## 1.1 L'ambiente di Creta

L'isola greca di Creta, con una superficie di 8450 km<sup>2</sup> sviluppata soprattutto longitudinalmente, è la quinta isola più estesa del Mediterraneo (Vogiatzakis e Rackham 2008) ed è stata definita "un continente in miniatura" per la ricchezza del suo paesaggio (Rackham e Moody 1996).

### 1.1.1 Il contesto geologico

Creta si trova al centro dell'arco insulare non vulcanico dell'Egeo meridionale, che insieme all'arco vulcanico dell'Egeo a nord e alla Fossa Ellenica a sud costituisce l'Arco Ellenico, originatosi per effetto della subduzione della placca africana al di sotto di quella euroasiatica in quest'area (Fassoulas 2017; Rackham e Moody 1996).

Durante il Triassico e il Giurassico (c. 250-140 Ma) la maggior parte della Grecia, inclusa Creta, si trovava al di sotto del livello del mare, nell'antico oceano Tetide, e ha accumulato una grande quantità di sedimenti marini, che successivamente, quando – nell'ambito dell'orogenesi alpina – si è attivata la zona di subduzione ellenica, sono stati sollevati e trasformati in roccia, a partire da est nel Cretaceo superiore (c. 70 Ma) e gradualmente verso ovest, fino al Miocene (tra 25 e 10 Ma), andando a formare gran parte della Grecia continentale, le Cicladi e Creta (quest'ultima intorno a 23 Ma). Queste terre emerse costituirono una regione sostanzialmente continua, che collegava la Grecia all'Europa e all'Anatolia, fin verso il Miocene medio (c. 12-11 Ma), quando fenomeni di subsidenza ne provocarono la disgregazione e una nuova sommersione; tra Creta e Rodi si aprì uno stretto (Fossa Medio-Egea), che si ampliò verso nord a formare il Mar Egeo settentrionale e verso ovest a formare il Mar di Creta, mentre a Creta si formarono molti bacini e rimasero emersi soltanto i picchi montuosi più alti, formando un insieme di isole maggiori e minori, alcune delle quali sembrano essere rimaste connesse al Peloponneso da un ponte continentale. Durante la crisi di salinità del Messiniano (5,96-5,33 Ma) Creta costituì un enorme rilievo circondato da saline e laghi d'acqua salata. Tuttavia, il successivo riempimento del bacino del Mediterraneo reso possibile dal riaprirsi dello stretto di Gibilterra, unitamente a spostamenti verticali significativi delle masse di terra durante il Pliocene (c. 5-2,6 Ma), portarono ad un'ulteriore frammentazione delle terre emerse nell'area di Creta, con la formazione di numerose piccole isole e la definitiva separazione anche dal Peloponneso (Fassoulas 2017; Rackham e Moody 1996; Salata, Borowiec e Trichas 2020). Nel Pliocene inoltre, dopo aver conosciuto alterne fasi di subsidenza e sollevamento nel Miocene, emerse definitivamente l'isoletta di Gávdos (van Hinsbergen e Meulenkamp 2006). Nel Pleistocene (c. 2,6-0,0117 Ma) ulteriori movimenti tettonici nell'area di Creta provocarono da un lato il sollevamento di rocce e montagne, dall'altro la subsidenza di blocchi di crosta terrestre e lo sviluppo di bacini, risultando in particolare nell'unione delle isolette a formare un'unica massa di terra emersa, nella separazione di quattro grandi massicci montuosi e nel definirsi della configurazione costiera attuale (Fassoulas 2017; Rackham e Moody 1996). Le grandi glaciazioni che si susseguirono, intervallate a periodi interglaciali, tra la metà del Pleistocene e la metà dell'Olocene (c. 600000-5000 a), e i conseguenti abbassamenti del livello del mare, determinarono a Creta soltanto la formazione di piccoli ghiacciai sulle montagne più elevate e temporanee riduzioni della distanza tra l'isola e la terraferma (Rackham e Moody 1996).

Il terreno di Creta è prevalentemente montuoso, con tre catene principali: Lefká Óri (Montagne Bianche, 2452 m) a ovest, la più imponente, con 57 cime oltre i 2000 m, Psiloreítis (Monte Ida, 2456 m) al centro e Díkti Óros (Monte Ditte, 2148 m) a est (Rackham e Moody 1996; Trigas, Panitsa e Tsiftsis 2013). A nord esso digrada abbastanza lentamente, fino a formare piane costiere con sabbia o ghiaia, mentre a sud i pendii sono molto più ripidi e le coste rocciose (Legakis et al. 1993 citato in Salata, Borowiec e Trichas 2020; Trigas, Panitsa e Tsiftsis 2013). L'isola principale è circondata da circa 36 isolette, la maggiore delle quali è Gávdos (29,6 km<sup>2</sup>), situata a largo della costa sud-ovest, nel Mar Libico.

Le principali rocce affioranti a Creta sono (Fassoulas 2017; Rackham e Moody 1996; Vogiatzakis e Rackham 2008):

- rocce carbonatiche pre-alpine e alpine, prevalentemente marmi e calcari stratificati (*Plattenkalk*) e calcari cristallini, che formano il nucleo centrale dei grandi massicci montuosi e di catene montuose minori, tutte le penisole e circa la metà delle isolette;
- filladi-quarziti con alternati o inclusi minerali e rocce di altri tipi (probabilmente un frammento di crosta continentale preesistente all'inizio dell'orogenesi alpina), che costituiscono le colline circondanti i rilievi maggiori delle catene montuose principali, soprattutto ad ovest delle Montagne Bianche;
- marne e calcari bioclastici post-alpini, arenarie e argilliti, che sono le rocce più diffuse sull'isola alle basse altitudini e caratterizzano le colline della costa nord;
- breccie e conglomerati, di varia origine, composizione e datazione (prevalentemente post-alpina), spesso rivestiti di tufo calcareo;
- *flysch*, nella parte centrale di Creta, costituito da depositi vari, erosi dai monti durante le fasi iniziali dell'orogenesi e successivamente sollevati e piegati;
- depositi di gesso, che formano colline soprattutto nel sud-ovest di Creta e risalgono alla crisi di salinità del Messiniano (5,96-5,33 Ma).

Le isolette cretesi hanno geologie e geomorfologie diverse, in particolare Gávdos, che raggiunge i 350 m sul livello del mare lungo la scoscesa costa sud-ovest e digrada lentamente verso nord-est (Rackham e Moody 1996), ha un basamento formato da sedimenti pelagici, calcari stratificati, *flysch* e rocce metamorfiche pre-alpini e alpini, sovrastato da uno spesso strato di sedimenti neogenici (calcari organogeni, mudrock, sapropel, arenarie) (Fassoulas 2017; van Hinsbergen e Meulenkamp 2006).

Sin dalla formazione di Creta, il suo paesaggio è stato fortemente rimodellato dall'erosione. Particolarmente rilevante, soprattutto a livello dei calcari cristallini e post-alpini, è il fenomeno del carsismo, che ha scavato doline e sistemi sotterranei di canali e grotte, habitat di una ricca fauna cavernicola più o meno specializzata (Bolanakis 2021; Rackham e Moody 1996).

Circa il 75% della superficie dell'isola è costituito da rocce carbonatiche, incapaci di sostenere acque superficiali (Fassoulas 2017). I fiumi che raggiungono il mare tutto l'anno sono soltanto una decina e in gran parte sorgono non molto lontano dalla costa; i torrenti montani sono invece innumerevoli, ma l'acqua vi scorre solo durante l'inverno, spesso non tutti gli anni (Rackham e Moody 1996). La particolare geologia di Creta ha offerto le condizioni per lo sviluppo di numerosi acquiferi, soprattutto nelle rocce carbonatiche, e sorgenti, tra cui i caratteristici *almyroí*, fonti di acqua salmastra che sgorgano nell'entroterra (Fassoulas 2017; Rackham e Moody 1996). Il lago Kournás, ai piedi del versante settentrionale delle Montagne Bianche, è l'unico di dimensioni rilevanti, mentre

alcune depressioni carsiche contengono acqua stagionalmente o, in pochi casi, per tutto l'anno. Nonostante la tendenza dell'uomo a distruggere questi ambienti, sopravvivono a Creta piccole paludi alimentate da sorgenti, una torbiera e alcune paludi salmastre sparse lungo le coste, anche a Gávdos (Rackham e Moody 1996).

### 1.1.2 Il clima

Il clima di Creta varia da mediterraneo subumido a semiarido, in generale con lunghe estati calde e secche e inverni miti e umidi, ma con forti differenze locali (Koutroulis, Vrohidou e Tsanis 2011). Generalmente la stagione delle piogge inizia improvvisamente in ottobre, raggiunge un picco in gennaio e va gradualmente esaurendosi in aprile o maggio, mentre le piogge fuori stagione sono trascurabili (Rackham e Moody 1996). La precipitazione media annuale stimata è di 750 mm, ma varia da ovest (2118 mm ad Askifou, 740 m s.l.m.) ad est (440 mm a Ierápetra, 10 m s.l.m.), diminuendo in particolare dalle aree costiere nord-occidentali alla porzione sud-orientale dell'isola, che risulta più arida (Koutroulis, Vrohidou e Tsanis 2011). La temperatura media annuale a livello del mare è di 19,1°C (Trigas, Panitsa e Tsiftsis 2013). Nelle zone costiere, temperature estremamente basse durante l'inverno sono molto rare e la costa sud è leggermente più calda, sia in inverno che in estate; nell'entroterra le estati sono più calde e gli inverni più freschi (Rackham e Moody 1996). Inoltre, durante l'inverno la temperatura diminuisce con l'altitudine (e le cime dei monti al di sopra dei 1400 m sono ricoperte di neve), mentre in estate essa aumenta dalla costa alle pianure continentali, dove valori al di sopra di 40°C vengono registrati spesso (Koutroulis, Vrohidou e Tsanis 2011; Rackham e Moody 1996).

Creta è un'isola ventosa. I venti di nord e nord-ovest sono prevalenti tutto l'anno, ma più stabili durante l'estate, quando soffia il *meltémi*, il regolare vento stagionale di nord-ovest, caldo e secco, che assicura bel tempo nell'Egeo tutta l'estate. In inverno la ventilazione è meno regolare, ma prevalgono venti freschi e umidi da ovest, che possono portare piogge intense. In estate il calore, l'atmosfera secca e il vento forte favoriscono l'evaporazione: anche se nei giorni senza vento lungo la costa l'umidità può essere molto elevata, diminuisce molto rapidamente verso l'entroterra (Blondel, et al. 2010; Rackham e Moody 1996). Le isolette cretesi sono molto ventose e in generale più aride dell'isola principale, con l'eccezione di Gávdos (Rackham e Moody 1996).

### 1.1.3 La flora e la vegetazione

La flora di Creta è stata ampiamente studiata e l'isola rappresenta un importante *hotspot* di biodiversità grazie soprattutto alla sua flora vascolare endemica (Médail e Quézel 1999). Trigas, Panitsa e Tsiftsis (2013) hanno registrato per Creta (escluse le isolette) una flora di 1825 taxa di piante vascolari native, di cui 352 endemici, mentre 245 sarebbero le specie evidentemente introdotte dall'uomo. Secondo Médail (2017) sono invece presenti a Creta 2240 specie di piante native, di cui 395 endemiche, e 162 specie di piante alloctone.

La maggior parte delle specie di piante mostrano legami con la flora europea, ma sono presenti anche una minoranza significativa di specie di origine asiatica e poche specie di origine africana (Rackham e Moody 1996; Vogiatzakis e Rackham 2008).

Considerata l'origine geologica dell'isola, è probabile che la sua flora derivi prevalentemente dalla colonizzazione dell'area da parte di flore continentali, tra l'inizio del Miocene e il Pliocene inferiore (Fassoulas 2017). Si ritiene che la maggior parte delle piante endemiche cretesi e numerose di quelle non-endemiche rappresentino ciò che rimane di questa antica flora continentale e che l'endemismo sia determinato soprattutto

da estinzioni locali nel continente successive all'isolamento di Creta. Tuttavia è probabile si siano verificati anche fenomeni di radiazione adattativa conseguenti all'isolamento insulare, con la comparsa soprattutto di ecotipi montani a partire da specie di bassa quota. Infatti, al tempo del definitivo isolamento di Creta dalla terraferma, l'altezza delle sue montagne superava di poco i 500 m s.l.m. e la sua flora era composta soprattutto da specie di bassa quota, che quindi furono le sole a poter colonizzare le aree montuose che si sollevarono in seguito (Fassoulas 2017; Meulenkamp, van der Zwaan e van Wamel 1994, Trigas, Panitsa e Tsiftsis 2013). Il contributo della dispersione su lunga distanza alla formazione dell'attuale flora cretese sembra invece essere piuttosto limitato (Trigas, Panitsa e Tsiftsis 2013).

La flora delle isolette differisce da quella di Creta in funzione della distanza da quest'ultima. Nelle isole satellite a maggiore distanza si trovano soltanto poche delle specie endemiche dell'isola di Creta; sembrano invece esservi evolute alcune specie endemiche locali e sono presenti, talvolta comunemente, specie ad ampia distribuzione che tuttavia nelle regioni di Creta ad esse più prossime sono rare o assenti: per esempio Gávdos e Gaidaronísi ospitano specie africane assenti dall'isola principale (Rackham e Moody 1996).

Sull'isola di Creta la superficie boscata non è molto estesa. Foreste ricoprono le pendici delle grandi catene montuose, fino a 1650-1800 m s.l.m.; le specie arboree nel complesso prevalenti in questi ambienti sono il cipresso (*Cupressus sempervirens* L.<sup>1</sup>), il pino (*Pinus brutia* Ten. var. *brutia*), la quercia spinosa (*Quercus coccifera* L.), l'acero cretese (*Acer sempervirens* L.) e l'*ambelitsiá* (*Zelkova abelicea* (Lam.) Boiss.), specie arborea endemica di Creta; al di sopra degli ultimi alberi si trovano una stretta fascia con una fitta copertura a *Juniperus oxycedrus* L. e le praterie alpine. Ad altitudini inferiori le foreste hanno una composizione molto varia, caratteristica di ciascuna zona dell'isola; le associazioni vegetali più estese sono quelle di corbezzolo (*Arbutus unedo* L.) misto a erica arborea (*Erica arborea* L.) e talvolta a leccio (*Quercus ilex* L.) o roverella (*Quercus pubescens* Willd. subsp. *pubescens*); specie comuni sono anche cipresso, pino e ginepro feniceo (*Juniperus phoenicea* L.) (Rackham e Moody 1996).

Circa metà della superficie di Creta è costituita da terreni aspri ricoperti da macchia, *phrygana* (la gariga greca) e steppa, le tipiche comunità vegetali mediterranee, composte in prevalenza rispettivamente da arbusti, suffrutici e piante erbacee. In Grecia e a Creta, macchia, *phrygana* e steppa in genere non si estendono separatamente su vaste aree, ma sono tra loro mescolate a formare un mosaico, in cui le loro proporzioni variano ampiamente, in relazione soprattutto al microclima locale e al tipo di suolo. Nell'ovest dell'isola la macchia è spesso quasi continua e la copertura a *phrygana* o steppa è scarsa; a est predomina invece la steppa, con *phrygana* in proporzione variabile e macchia spesso ridotta a qualche sporadico arbusto o del tutto assente. Ciascun tipo di comunità vegetale è presente con numerose associazioni di specie diverse. La macchia può essere ad esempio mista con carrubo (*Ceratonia siliqua* L.), ulivo selvatico (*Olea europaea* L. subsp. *europaea*) e lentisco (*Pistacia lentiscus* L.) vicino alla costa, con prevalenza di quercia spinosa nell'entroterra, mista con quercia spinosa e acero cretese ad altitudini maggiori. La *phrygana* può essere formata da numerose specie di suffrutici, alcune delle quali endemiche di Creta; molti suffrutici sono piante aromatiche appartenenti a Cistaceae e Lamiaceae (e.g. *Cistus*, *Salvia fruticosa* Mill., *Thymus martinezii* Pau.), altri sono cespugli spinosi appartenenti a Fabaceae e ad altre famiglie (e.g. *Calicotome*

---

<sup>1</sup> Tutti i nomi di specie (di piante e di animali) che compaiono nella presente tesi sono accettati da Bánki, et al. (2022) e/o GBIF.org (2022).

*villosa* (Poir.) Link, lo spazio villosa), altri ancora, più frequenti ad altitudini elevate, sono cespugli a cuscino con rami terminanti in spine (e.g. *Genista acanthoclada* DC., *Verbascum spinosum* L.). Anche la steppa è molto variabile, con tre tipi principali di piante erbacee: specie annuali, le più numerose, spesso Fabaceae o Poaceae, che generalmente crescono in inverno e si seccano in maggio; specie perenni con bulbi, tuberi o rizomi, che mettono le foglie in inverno, fioriscono solitamente in primavera e si seccano in estate; altre specie perenni, soprattutto Poaceae, che persistono tutto l'anno (Rackham e Moody 1996).

Nelle pianure di bassa quota si trovano molti dei terreni migliori di Creta per l'agricoltura e in questi ambienti prevalgono erbe infestanti generaliste introdotte con le colture, mentre molto poco rimane della vegetazione naturale (Rackham e Moody 1996). Le coste sono prevalentemente alte e rocciose e sulle falesie crescono piante come il papavero giallo (*Glaucium flavum* Crantz) e il finocchio marino (*Crithmum maritimum* L.). Sparse lungo la costa di Creta, soprattutto nella parte sud-occidentale, e nelle isolette a sud dell'isola principale, sopravvivono alcune dune sabbiose, la cui ricca flora include ginepro macrocarpo (*Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa* (Sibth. & Sm.) Ball), tamerice (*Tamarix* sp.), erba medica marina (*Medicago marina* L.), santolina delle spiagge (*Otanthus maritimus* (L.) Hoffm. & Link), giglio marino comune (*Pancratium maritimum* L.) (Rackham e Moody 1996).

Le igrofite sono limitate alle poche aree umide dell'isola e ai burroni ripidi e ombreggiati; tra queste, le specie più comuni sono la felce bulbifera (*Woodwardia radicans* (L.) Sm.), di origine africana, e la felce florida (*Osmunda regalis* L.), carici (*Carex* sp. pl.), il capelvenere (*Adiantum capillus-veneris* L.), il taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) (Rackham e Moody 1996).

La maggior parte delle isolette di Creta ha un aspetto piuttosto arido. Gávdos invece ospita su oltre metà della sua superficie foreste di ginepro macrocarpo, di ginepro feniceo, di lentisco e di pino, cresciute in seguito al quasi completo abbandono delle coltivazioni e dei pascoli dell'isoletta, circa 150 anni fa (Rackham e Moody 1996).

#### 1.1.4 La fauna

La fauna di Vertebrata dell'isola è ben studiata; complessivamente sono presenti circa 350 specie di vertebrati terrestri, in gran parte rappresentate da uccelli (GBIF.org 2022). Particolarmente rilevanti in termini conservazionistici sono: il toporagno cretese *Crocidura zimmermanni* Wettstein, 1953, unico mammifero endemico (van der Geer, Lyras e de Vos 2021); il raro falco della regina *Falco eleonora* Gené, 1839 (Rackham e Moody 1996); la lucertola muraiola di Creta *Podarcis cretensis* (Wettstein, 1952) e la rana di Creta *Pelophylax cretensis* (Beerli, Hotz, Tunner, Heppich & Uzzell, 1994), uniche specie endemiche dell'erpetofauna cretese (Lymberakis et al. 2018).

Per contro, la fauna di invertebrati di Creta non è altrettanto conosciuta. In generale gli invertebrati, a differenza dei Vertebrata, presentano sull'isola una grande diversità, con alcuni gruppi caratterizzati da una proporzione notevole di specie endemiche. Non potendo descrivere la diversità di ciascun gruppo, in questa sede vengono forniti i dati relativi al numero di specie e al livello di endemismo dei gruppi meglio studiati, che sono anche quelli più significativi per comprendere le caratteristiche dell'endemismo nella fauna di Creta (Bolanakis 2021). I gasteropodi terrestri contano 167 specie, di cui ben 79 (47,3%) endemiche di Creta e/o delle sue isolette (Bolanakis 2021; Vardinoyannis 1994). La fauna di Araneae è stata ben studiata in questi ultimi decenni e Creta sembra essere un interessante *hotspot* di diversità nel Mediterraneo per questo taxon: sono state individuate 430 specie, di cui 57 (13,3%) endemiche, molte delle quali cavernicole

(Bosmans, et al. 2013; Chatzaki 2003). Tra i miriapodi, i centopiedi (Arthropoda: Chilopoda) sono stati maggiormente studiati rispetto ai millepiedi (Arthropoda: Diplopoda) e comprendono 42 specie, di cui 5 (11,9%) endemiche (Bolanakis 2021, Simaiakis, Minelli e Mylonas 2004). Un altro gruppo ben studiato nell'area dell'Egeo è quello degli isopodi terrestri (Arthropoda: Oniscidea), che nell'arcipelago di Creta comprende 55 specie, di cui 11 troglobie; 16 (29,1%) delle 55 specie di Oniscidea sono endemiche, tra cui tutte le troglobie (Bolanakis 2021; Schmalzfuss, Paragamian e Sfenthourakis 2004).

Tra gli insetti (Arthropoda: Insecta), i gruppi più studiati a Creta sono gli ortotteri e alcune famiglie di coleotteri, imenotteri e lepidotteri.

La fauna di ortotteri (Orthoptera) dell'isola comprende 72 specie, di cui 17 (23,6%) endemiche; di queste ultime, la maggior parte ha un'abbondanza decisamente elevata ed alcune hanno un'ampia distribuzione sull'isola. Gávdos, Gavdopoúla e Día presentano specie endemiche locali o specie native dell'Egeo assenti da Creta (Bolanakis 2021; Kotitsa, Trichas e Mylonas 2019).

I coleotteri (Coleoptera) di Creta sono stati molto studiati sin dalla prima metà del XIX secolo e continuano ad attirare l'attenzione di ricercatori greci e stranieri. Una stima dell'enorme diversità del gruppo sull'isola è di circa 2000-2500 specie (Trichás, comunicazione personale 2022). Le famiglie più studiate sono sicuramente quelle dei tenebrionidi (Tenebrionidae) e dei carabidi (Carabidae), oggetto della presente tesi, che verranno trattate più avanti. Interessanti sono anche i cerambici (Coleoptera: Cerambycidae), rispetto ai quali Creta si caratterizza come una regione biogeografica separata: la maggior parte dei sistemi insulari del Mediterraneo ha una fauna di cerambici che somiglia a quella delle regioni continentali attigue, impoverita; Creta rappresenta invece un'eccezione, perché ospita molte specie diverse rispetto alle aree continentali vicine. Il tasso di colonizzazione più basso e la persistenza più duratura delle specie che arrivano a Creta suggerisce che il suo elevato livello di endemismo derivi da processi di speciazione *in situ*; in molti casi le specie endemiche potrebbero perfino essere specie relitte del Terziario (Bolanakis 2021; Vitali e Schmitt 2017). Molto studiati, soprattutto recentemente, sono stati gli stafilinidi (Coleoptera: Staphylinidae) di Creta, dei quali Assing (2019) ha compilato una *checklist*, riportando 397 specie (o sottospecie) e almeno altre 21 specie non descritte, ma allo stesso tempo sottolineando come la conoscenza della fauna dell'isola sia ancora piuttosto incompleta. Le specie (o sottospecie) endemiche di Creta descritte sono ben 111, pari a circa il 30% della diversità complessiva, spesso con areali ristretti a una delle catene montuose principali oppure agli estremi ovest o est di Creta.

Per quanto riguarda gli imenotteri (Hymenoptera), le formiche (Formicidae) di Creta sono state intensamente studiate negli ultimi anni: la fauna dell'isola conta 93 specie, di cui 16 (17,2%) endemiche (Bolanakis 2021; Salata, Borowiec e Trichas 2020).

Tra i Lepidoptera, le farfalle diurne (Papilionoidea) sono ovviamente meglio conosciute rispetto ad altri lepidotteri: esse comprendono 47 specie, di cui 4 (8,5%) endemiche (Bolanakis 2021; Pamperis 2010).

In generale, per molti gruppi di invertebrati terrestri, soprattutto per quelli con minore capacità di dispersione, si osservano a Creta alcuni andamenti comuni: una buona ricchezza in specie complessiva (con alcune eccezioni, e.g. gli isopodi terrestri), la diminuzione della ricchezza in specie con l'altitudine, l'elevato livello di endemismo,

l'aumento del livello di endemismo con l'altitudine, la presenza di endemismi locali nelle principali catene montuose e nelle isolette cretesi, la caratteristica distribuzione di alcune specie lungo l'asse est-ovest dell'isola. Come per la flora, anche per gli invertebrati questi andamenti sono stati messi in relazione con la complessa storia geologica dell'isola e il suo precoce isolamento definitivo da altre terre emerse antecedente al sollevamento delle sue catene montuose, con l'attuale topologia e con la varietà dei biotopi che Creta ospita. La dispersione su lunga distanza sembra invece aver partecipato in minima parte alla composizione in specie e all'endemismo della flora e della maggior parte dei taxa di invertebrati terrestri, che, anche quando caratterizzati da buona mobilità, sono difficilmente in grado di coprire distanze come quelle che separano Creta dalle isole più vicine (Assing 2019; Bolanakis 2021; Fassoulas 2017; Trigas, Panitsa e Tsiftsis 2013).

## 1.2 I coleotteri carabidi e tenebrionidi

I Coleoptera, con circa 387.000 specie note, sono l'ordine di insetti maggiormente ricco in specie (Zhang 2011). Al suo interno vengono generalmente riconosciuti quattro raggruppamenti, spesso considerati sottordini: Archostemata, Adephaga, Myxophaga e Polyphaga. Archostemata e Myxophaga sono cladi che comprendono soltanto poche piccole famiglie di coleotteri, mentre la maggior parte delle specie appartengono ad Adephaga, con oltre 40000 specie descritte, e soprattutto a Polyphaga, con oltre 300.000 (Grimaldi e Engel 2005; Gullan e Cranston 2014). Sebbene alcune specie di Carabidae e Tenebrionidae possano apparire superficialmente simili tra loro, le due famiglie appartengono in realtà a sottordini diversi di Coleoptera: Adephaga e Polyphaga rispettivamente. Le principali differenze morfologiche ed anatomiche tra Adephaga e Polyphaga sono riassunte in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e possono risultare molto utili nella separazione delle due famiglie.

Adephaga	Polyphaga
ali con nervature trasversali presenti ( <i>oblongum</i> ) <sup>1</sup>	ali con nervature trasversali ridotte o assenti
metacoxe fuse al metasterno (primo sternite addominale diviso)	metacoxe non fuse al metasterno
tarsi di 5 articoli	tarsi di 3-5 articoli;
ovarioli politrofici, testicoli tubulari	ovarioli acrotrofici, testicoli follicolari

Tab. 1.1 – Differenze fondamentali tra Adephaga e Polyphaga (Brandmayr, Zetto e Pizzolotto 2005). <sup>1</sup>Nei Carabidae è tuttavia ben visibile solo in poche specie alate di grandi dimensioni, come quelle del genere *Calosoma*.

### 1.2.1 I carabidi (Carabidae)

I Carabidae comprendono quasi 40000 specie e sono la più diversificata tra le famiglie di coleotteri adefagi. Non vi è accordo sulla sistematica della famiglia e alcune di quelle che molti autori riconoscono come sottofamiglie di carabidi, vengono da altri considerate come famiglie separate.

L'aspetto generale di un carabide è quello di un coleottero dal corpo grossomodo ovale, più o meno appiattito e allungato, con dimensioni che vanno dai 3-4 mm fino a raggiungere i 60-70 mm di diverse specie del genere *Carabus* (Trichás 1996). La colorazione va dal bruno al nero ed è generalmente uniforme, anche se in alcune specie si possono osservare disegni generati dalla presenza di aree pigmentate e depigmentate dell'endocuticola. In alcune sottofamiglie sono presenti anche colorazioni metalliche, tipicamente verdi, porpora o dorate (es. Cicindelinae, Carabinae, Pterostichinae). Il capo è prognato e robusto, generalmente arrotondato e più stretto del protorace; l'apparato boccale è di tipo masticatore, con mandibole molto sviluppate.

Il protorace è solitamente più stretto rispetto alle elitre, con un ulteriore restringimento alla base, ed è ben mobile sul mesotorace. Le elitre ricoprono generalmente tutta la parte posteriore del corpo dell'insetto, eccetto che in alcuni gruppi (ad esempio nella sottofamiglia Brachininae), in cui le elitre, più o meno obliquamente troncate all'estremità, lasciano vedere gli ultimi tergiti addominali. Generalmente le ali membranose sono presenti, ma non mancano forme brachittere e quindi incapaci di volare. Vi sono anche specie pteridimorfe, con individui macrotteri e brachitteri in rapporti variabili. Il potere di dispersione di questi coleotteri è legato principalmente alla loro capacità di volo, la cui variabilità sembra essere legata alla stabilità dell'habitat; in particolare, il rapporto fra specie "non volatrici" e specie in grado di volare in un dato ecosistema è tanto maggiore quanto più tale ecosistema è vicino allo stadio di climax della successione ecologica (stabilità dinamica) (Brandmayr, Zetto e Pizzolotto 2005; Sommaggio e Paoletti 2018). Le zampe sono tipicamente cursorie, slanciate, con poche differenze tra le tre paia (eccetto che per coxa e trocantere) e tarsi pentameri nella maggior parte dei casi. Esse rendono possibile l'elevata mobilità, soprattutto a livello del suolo, che caratterizza in generale i carabidi.

L'addome è formato da dieci segmenti, con 8 tergiti e 6 sterniti addominali visibili (eccetto che nei Brachininae, dove gli sterniti visibili sono 7 nelle femmine e 8 nei maschi). I primi tre sterniti sono saldati tra loro a formare il primo ventrite, che viene interamente attraversato dalle metacoxe (come in tutti gli Adephaga; si veda Tab. 2.3).

Nei Carabidae la femmina ha solitamente dimensioni leggermente maggiori e il maschio può portare sui tarsi delle zampe anteriori una suoletta di setole con cui trattiene la femmina durante la copula. Eccettuato questo carattere, non c'è generalmente sensibile dimorfismo sessuale (Brandmayr, Zetto e Pizzolotto 2005; Dal Cortivo, Sommacal e Gatti 2021).

Le larve sono di tipo campodeiforme, con corpo depresso e sclerificato, capo e apparato boccale molto sviluppati, zampe relativamente lunghe e urogonfi variamente specializzati; molte sono attive predatrici, ma diffusa è anche la spermofagia su semi di piante erbacee. Come adattamento secondario, le larve possono essere scarabeiformi (genere *Carterus*) o fisogastriche con abitudini alimentari altamente specializzate (generi *Brachinus* e *Graphipterus*). Alcune larve vivono in superficie, altre scavano gallerie nel terreno, alcune forme sono parassite (Brandmayr, Zetto e Pizzolotto 2005).

Nei Carabidae esiste un discreto grado di variazione morfologica, quasi sempre associata a determinate risposte eco-comportamentali, correlate al tipo di habitat e alla risorsa trofica sfruttata. La maggior parte delle specie di carabidi sono predatori a spese di altri artropodi, molluschi gasteropodi e anellidi oligocheti, soprattutto lombrichi. La più primitiva e diffusa forma biologica è quella del predatore olfattivo-tattile, generalista e con attività perlopiù notturna (e.g. Omophroninae), di cui non mancano però forme di specializzazione spesso associate a modifiche morfologiche e/o etologiche (e.g. "gigantismo", "cicrizzazione", "macrocefalia", "brachimandibolia", "cestello di cattura"); da questa forma biologica si è precocemente sviluppata anche quella del predatore visivo, con attività prevalentemente diurna (es. Cicindelinae). Più tardivamente, ma probabilmente sempre a partire dai predatori olfattivo-tattili, si è sviluppata la forma biologica degli spermofagi, soprattutto su semi di piante erbacee (e.g. Harpalinae, Zabryni, Amarini): in molti di questi generi il comportamento predatorio è ancora regolarmente presente ("zoospermofagi", spermofagi opportunisti), mentre in altri è del tutto assente ("spermofagi esclusivi").

Queste forme biologiche mostrano, almeno in Europa, una frequenza di specie diversa a seconda del tipo di habitat: i predatori olfattivo-tattili dominano in tutti i tipi di foreste,

da quelle montane a quelle planiziali o ripariali; i predatori visivi si trovano soprattutto su suoli nudi o con vegetazione poco densa, a tessitura sabbiosa o limosa e con un discreto grado di umidità, anche se poco illuminati; gli spermofagi si concentrano in pascoli, praterie, steppe, radure boschive e campi coltivati. Inoltre, ad un disturbo antropico crescente si accompagna un aumento delle forme biologiche ad “opportunismo alimentare” via via maggiore (dai predatori visivi od olfattivo-tattili più o meno specializzati, a quelli olfattivo-tattili generalisti, agli spermofagi esclusivi (che solitamente dipendono dalle piante selvatiche ed evitano i coltivi, ma non sono legati a singole specie di piante), fino agli zoospermofagi (che oltre che di prede diverse, possono nutrirsi anche dei semi di piante coltivate o infestanti)).

Anche le larve dei Carabidae presentano adattamenti diversi. Dal punto di vista del trofismo, si riconoscono larve predatrici generaliste e maggiormente specializzate (tra le prede più comuni vi sono acari, collemboli e lombrichi), spermofaghe (in molti generi di Harpalinae, Zabirini e Amarini; si nutrono anche di parti verdi delle piante) e parassitoidi su pupe di coleotteri e uova di insetti (Brachininae). I principali microhabitat colonizzati dalle larve sono: la lettiera o la profondità del suolo (es. *Pterostichus*, *Calathus*, *Bembidion*, *Trechus*, *Cymindis*); la superficie del suolo in luoghi soleggiati (*Chlaenius*, *Agonum*), ombrosi (*Nebria*, *Notiophilus*, *Abax*) o sotterranei (*Siagona*); la superficie del suolo (*Carabus*) o del tronco degli alberi (*Calosoma*) per la predazione, con la consumazione delle prede che avviene però in gallerie appositamente scavate; la sabbia, fino anche ad un metro di profondità (*Scarites*); gallerie verticali scavate nel terreno, in cui la larva vive sedentariamente assumendo una peculiare postura, con il capo in prossimità dell’apertura di ingresso, in attesa del passaggio di prede (Cicindelinae); nidi di formiche o termiti, di cui le larve fisogastriche si nutrono (Pausinae); le larve cirtosomatiche fisogastriche (es. *Ditomina*) scavano invece brevi gallerie in suoli compatti (Brandmayr, Zetto e Pizzolotto 2005).

Nei Carabidae la deposizione dell’uovo avviene in specie diverse con varie modalità, dalla semplice deposizione di singole uova nel terreno, fino a forme di “cure parentali”, con la costruzione di veri e propri nidi che vengono riforniti di cibo fino al completo sviluppo della prole; il numero di uova prodotte da una femmina di carabide in una stagione varia da cinque ad alcune centinaia. Generalmente le uova schiudono in una o due settimane e le larve vanno incontro a tre mute per raggiungere lo stadio di pupa, con i tre stadi larvali che differiscono soltanto per le dimensioni via via crescenti. L’impupamento avviene sempre in una celletta scavata dalla larva di III stadio nel terreno o nel legno marcescente e il raggiungimento dello stadio adulto richiede circa da una a due settimane, ma anche dopo la muta l’adulto permane nella celletta, sino a quando il suo esoscheletro è sufficientemente indurito e pigmentato. Per i carabidi delle zone a clima temperato si osserva nel corso di un anno un solo periodo riproduttivo (monovoltinismo). Vi sono però importanti differenze nei ritmi riproduttivi ed è utile distinguere almeno tre categorie fondamentali (Brandmayr, Zetto e Pizzolotto 2005): 1) specie con larve estive: si riproducono in primavera o estate, le larve si accrescono velocemente in modo temperatura-dipendente, e l’intero sviluppo è generalmente molto rapido; 2) specie con larve invernali: si riproducono tra la fine dell’estate e l’autunno inoltrato, talvolta anche agli inizi dell’inverno, le larve si accrescono più lentamente e devono superare una dormienza obbligatoria legata ad un abbassamento di temperatura per poter procedere nella crescita, quindi svernano e si impupano solo la primavera successiva, e l’intero sviluppo può durare anche 8-9 mesi (in alcune specie si ha anche estivazione (dormienza estiva) degli adulti, che si risolve con la diminuzione del fotoperiodo); 3) specie con larve

a sviluppo lento: la fase larvale può superare la durata di un anno e l'intero ciclo di sviluppo è biennale (diffuso nelle aree montane europee).

I Carabidae sono internazionalmente considerati un gruppo di bioindicatori efficaci, infatti molte specie sono legate a specifici habitat e le loro caratteristiche biologiche (ad es. le preferenze alimentari) possono essere messe in relazione alle condizioni ambientali, di modo che dal monitoraggio delle specie presenti in un determinato ambiente è possibile ricavare una valutazione oggettiva dello stato di conservazione e del livello di disturbo antropico in tale ambiente. I carabidi possiedono molte delle caratteristiche richieste a un bioindicatore: hanno preferenze di habitat definite e danno luogo a taxocenosi tipiche di particolari ecosistemi; rispondono ai cambiamenti ambientali e ad un ampio spettro di impatti antropici; rappresentano un elemento importante della rete trofica; sono un gruppo ben conosciuto dal punto di vista tassonomico, biologico ed autoecologico; possono essere facilmente campionati; si possono determinare con relativa semplicità (Brandmayr, Zetto e Pizzolotto 2005; Sommaggio e Paoletti 2018).

### **1.2.2 I tenebrionidi (Tenebrionidae)**

La famiglia Tenebrionidae comprende circa 20000 specie appartenenti a 2300 generi, distribuiti perlopiù nelle regioni tropicali e temperate, e particolarmente abbondanti nelle zone calde e aride o semiaride di entrambi gli emisferi (Español y Coll 1984; Fattorini 2008b; Leschen e Ślipiński 2011; Matthews, et al. 2011). Sebbene includano molte tribù con distribuzioni decisamente ampie, quasi pantropicali, i Tenebrionidae presentano a livello di specie un consistente endemismo; il bacino del Mediterraneo ne rappresenta una delle principali aree di endemismo (Matthews, et al. 2011).

I tenebrionidi presentano una grande variabilità morfologica (Español y Coll 1984). Le dimensioni vanno da 1,2 a 80 mm di lunghezza (da 3 a 60 mm nelle specie mediterranee; Trichás 1996). La forma del corpo è molto variabile, da compatta ad allungata e da moderatamente a decisamente convessa, ma talvolta fortemente appiattita. La colorazione nella maggior parte delle specie è nera o marrone scuro. La cuticola appare poco lucida od opaca e la superficie del tegumento è glabra o rivestita di peli, setole o scaglie.

Il capo va da prognato a fortemente piegato verso il basso. Le antenne, in genere composte da 11 articoli (talvolta 10, raramente 3 o 6-9), sono filiformi, moniliformi o clavate, talvolta capitate, raramente pettinate o lamellate; in visione dorsale, le inserzioni antennali sono quasi sempre nascoste dalla fronte. L'apparato boccale masticatore porta mandibole da unidentate a tridentate oppure con apice troncato o arrotondato.

Il pronoto ha una lunghezza che varia da 0,2 a 1,5 volte la larghezza e alla base non è generalmente più stretto della base delle elitre; presenta caratteristiche importanti nella determinazione delle specie. Le elitre mostrano punteggiature, irregolari o formanti righe distinte, oppure strie impresse, e talvolta sono completamente fuse lungo la linea mediana. Le ali posteriori possono essere ben sviluppate, fortemente ridotte o, spesso, assenti. Le zampe sono da moderatamente a molto allungate; la formula tarsale è quasi sempre 5-5-4 in entrambi i sessi, qualche volta 4-4-4, raramente 3-3-3 e molto raramente 5-4-4.

L'addome dei tenebrionidi ha quasi sempre cinque ventriti, di cui i primi tre connati.

Le larve dei Tenebrionidae sono di tipo elateriforme, con corpo da cilindrico a leggermente schiacciato, allungato in senso antero-posteriore e dai contorni laterali grossomodo paralleli; le superfici dorsale e ventrale sono generalmente più o meno pesantemente sclerotizzate in modo uniforme, ma talvolta sono membranose. La

colorazione di queste larve è bianca o giallastra fino a marrone scuro, e la superficie del tegumento è solitamente liscia, con sparsi peli o sete sottili, mentre talvolta è densamente irsuta o con sete corte e robuste (Matthews, et al. 2011).

I tenebrionidi si presentano piuttosto differenziati anche in termini ecologici. Si ritiene che i Tenebrionidae abbiano avuto origine in aree di foresta, con larve che si nutrivano di legno marcescente e/o di funghi. Questo habitus xilo-micetofago caratterizza oggi molti tenebrionidi, che tuttavia si nutrono di funghi, o dei prodotti della decomposizione operata dai funghi, e potrebbero non essere in grado di ottenere nutrimento direttamente dalle fibre del legno (Matthews, et al. 2011).

Molto frequente è anche il “pascolamento superficiale”, da parte sia della larva che dell’adulto, principalmente su licheni, alghe e muschi che crescono sui rami degli alberi, ma anche sulle rocce e al suolo. Questi tenebrionidi sono solitamente caratterizzati da una forte pigmentazione, sia nella larva, con funzione generalmente criptica, sia nell’adulto, con colorazione criptica o aposematica.

Un altro adattamento che si osserva nei Tenebrionidae è la micetofagia (su funghi macroscopici). I tenebrionidi possono nutrirsi di funghi scavando tunnel al loro interno (quasi tutte le larve e molti adulti) o “pascolando” sulla loro superficie. Sebbene alcuni tenebrionidi fungivori siano in grado di nutrirsi dei corpi fruttiferi di molte specie di funghi, in alcuni casi la micetofagia è associata ad oligofagia o monofagia.

Il più significativo e diffuso allontanamento dal modo di vita xilo-micetofago è quello verso la xerofilia, ovvero l’adattamento ad ambienti aridi (caratterizzati da carenza d’acqua, ma spesso anche da temperature elevate e intense radiazioni UV), che è avvenuto molte volte indipendentemente all’interno della famiglia, testimoniandone una predisposizione ad invadere ambienti secchi. I tenebrionidi xerofili sono quasi sempre associati al suolo e sono generalmente onnivori, nutrendosi di qualsiasi materiale organico disponibile, sia vegetale che animale (Matthews, et al. 2011). Nelle aree costiere i tenebrionidi si nutrono soprattutto di detrito di origine vegetale o animale, ma possono sfruttare anche altre risorse alimentari, come insetti e larve di insetti morti, ma anche piante e larve di insetti viventi; spesso si trovano associati a piante con parti aeree e ipogee sviluppate e in prossimità di nidi di formiche, ambienti dove si accumula il detrito di cui questi tenebrionidi si nutrono (Fattorini 2008b). Per poter sopravvivere in ambienti fortemente xerici, i Tenebrionidae hanno sviluppato un’ampia gamma di adattamenti (Español y Coll 1984; Fattorini 2008b; Matthews, et al. 2011), tra i quali si possono ricordare:

- 1) larve che vivono nel terreno e non più sul legno marcescente, nutrendosi di tutta la materia organica disponibile, comprese le radici delle piante e le giovani piantine;
- 2) forma del corpo spesso globosa, che riduce la traspirazione rispetto al volume corporeo;
- 3) produzione di una patina di cera impermeabile e biancastra, che riveste esternamente la cuticola e oltre a limitare la perdita di acqua, è in grado di riflettere maggiormente le radiazioni luminose;
- 4) tegumento spesso e fortemente sculturato e frequente saldatura delle elitre tra loro, a protezione della parte dorsale molle e permeabile dell’addome;
- 5) presenza in molte specie di una camera sottoelitrata “sigillata”, che sembra essere importante per la conservazione dell’acqua, sebbene vi sia ampia discussione su questo punto;
- 6) adattamenti per limitare la perdita d’acqua corporea che riguardano l’anatomia interna e la fisiologia, tra cui l’ipertrofia tracheale e i criptonefridi;

- 7) modificazioni a livello dei ritmi circadiani per sfuggire a temperature e irraggiamento estremi;
- 8) capacità di alcune specie di aspirare umidità dal substrato sabbioso immergendovi il capo;
- 9) la “captazione” della nebbia, ovvero la capacità di alcuni Tenebrionidae di intercettare e assumere umidità dalle nebbie locali che si formano in particolari regioni desertiche confinanti con il mare.

In base alla loro principale modalità di movimento, i tenebrionidi xerofili si possono suddividere in “scavatori” e “corridori”. Tra le forme fossorie si riconoscono innanzitutto gli “scavatori di cunicoli”, evolutisi per primi e meno specializzati, con struttura delle zampe diversa a seconda della compattezza del substrato sabbioso, ma che in ogni caso utilizzano le protibie, più o meno allargate e dotate o meno di denti, per scavare, e le altre zampe, dotate di lunghe setae tarsali o con tarsi allargati, per allontanare il substrato movimentato; trascorrono la maggior parte della vita interrati nella sabbia, dalla quale solo le specie alate emergono occasionalmente, in genere di notte. Vi sono poi i “nuotatori nella sabbia” o “ultrapsammofili”, presenti in diversi *taxa* tra loro filogeneticamente lontani, che vivono nelle sabbie sciolte sollevate dal vento e sono caratterizzati da un corpo aerodinamico compatto a forma di disco, protorace ed elitre strettamente connessi, capo piccolo con occhi profondamente infossati; utilizzano le protibie, ampie e con un lunghi denti, per scavare, e le altre tibie, allargate e appiattite, per spingersi; hanno attività crepuscolare o notturna. I “corridori” comprendono le specie attive durante il giorno e adattate a muoversi ad elevata velocità, e le specie notturne più lente. La modificazione strutturale principale delle specie di “corridori” diurne è l’accorciamento e la saldatura di torace e addome a formare un’unità rigida, mentre gli adattamenti a livello delle zampe (che si osservano anche nei “corridori” notturni) sono principalmente un generale allungamento delle stesse e la presenza di un corto uncino e di setole rigide sulla “pianta” dei tarsi appiattiti. La corsa rapida tra un riparo e l’altro consente di minimizzare il tempo di esposizione alla luce solare e di sfuggire ai predatori. Durante la notte, i “corridori” diurni riposano al riparo di una pietra o di una pianta occasionali. Le specie di “corridori” che si nutrono al crepuscolo o durante la notte sono relativamente più lente, e comprendono tutte le specie xerofile con scarsa capacità di scavare che durante il giorno si rifugiano in ripari “già pronti”, come le tane dei roditori. Alcuni tenebrionidi incapaci di sfruttare tane di altri animali o di scavare nel substrato sabbioso per ripararvi, sono in grado di risalire cespugli o arbusti per evitare le temperature diurne elevate (Español y Coll 1984; Matthews, et al. 2011).

Tra gli altri adattamenti ecologici, in diverse specie si è osservata l’associazione con nidi o gallerie abitati da altri insetti (perlopiù formiche, ma anche termiti e coleotteri xilofagi), in cui i tenebrionidi si nutrono di cibo immagazzinato o fuoriuscito e sui funghi “coltivati”, comportandosi da inquilini, benché in alcune circostanze possa esservi predazione facoltativa, soprattutto su uova e larve dei loro ospiti (Matthews, et al. 2011).

Se si eccettua *Tenebrio molitor*, ampiamente studiato a causa della sua consistente rilevanza economica, la riproduzione e il ciclo vitale dei Tenebrionidae sono stati raramente indagati nel dettaglio e dati di questo tipo mancano per la maggior parte delle specie di tenebrionidi mediterranei. Dai pochi dati disponibili (Brun 1970; Brun 1975; De los Santos et al. 1988; Fattorini e Di Stefano 2004) si ricava che le uova vengono generalmente deposte in estate, o tra la fine dell’estate e l’inizio dell’autunno, sulla superficie del “suolo” o ad una profondità variabile tra 2 e 30 cm, singolarmente o in

raggruppamenti più o meno numerosi. La durata dello sviluppo embrionale varia a seconda della specie, ma dipende anche dalla temperatura ambientale, con estremi che vanno da 2-3 fino a 35-40 giorni. Lo sviluppo larvale comprende generalmente 5 stadi larvali e ha durata molto variabile tra le specie; l'impupamento avviene di solito sulla superficie del suolo e lo stadio pupale dura da meno di 2 a 3-4 settimane. Gli accoppiamenti avvengono tra la primavera e l'estate.

In base alle principali differenze nei ritmi riproduttivi de los Santos et al. (1988) e Fattorini (2008b) hanno individuato nei Tenebrionidae mediterranei le seguenti tipologie di ciclo vitale: 1) "durata di un anno, svernamento come larva" – lo sviluppo larvale avviene in circa 9 mesi, l'ultimo stadio larvale entra in diapausa durante l'autunno e l'inverno e gli adulti che emergono la primavera successiva muoiono quasi tutti all'arrivo dell'inverno; 2) "durata di due anni, adulto svernante" – molto simile al precedente (con sviluppo larvale che richiede circa 11 mesi), ma con adulti che emergono in tarda estate, entrano anch'essi in diapausa nei mesi autunnali e invernali, si riattivano la primavera successiva e muoiono all'avvicinarsi della fine dell'estate; 3) "durata di tre anni, adulto e due generazioni di larve svernanti" – molto simile alla tipologia precedente, ma con uno sviluppo larvale che richiede 2 anni per essere completato.

Rispetto ad altri taxa, i Tenebrionidae sono relativamente meno utilizzati come bioindicatori, sebbene per alcune tipologie di habitat presentino notevoli potenzialità (Sommaggio e Paoletti 2018). In particolare, i tenebrionidi sembrano poter svolgere un importante ruolo nella valutazione dello stato di conservazione degli ecosistemi nell'area mediterranea. Oltre a poter essere campionati con facilità, essi sono in quest'area relativamente ben conosciuti (almeno alcuni gruppi) ed ecologicamente vari, con molte specie caratteristiche di particolari biotopi: ecosistemi di spiaggia e dune sabbiose, gariga, macchia, foresta e zone umide (paludi, acquitrini, foci fluviali, laghetti retrodunali, ecc.), comprendendo quindi sia elementi igrofilo che elementi xero-termofili (Fattorini 2008b). I Tenebrionidae sono importanti bioindicatori soprattutto dello stato di salute di ecosistemi di spiaggia e dune sabbiose, perché essendo qui fortemente adattati a specifici microhabitat e condizioni, risultano estremamente sensibili ai cambiamenti ambientali (Fattorini 2008b; Fattorini e Salvati 2014; Matthews, et al. 2011).

### **1.3 Gli obiettivi della ricerca**

L'obiettivo della presente tesi è di contribuire alla conoscenza della fauna epiedafica di Carabidae e Tenebrionidae dell'isola di Creta e della sua principale isola satellite Gávdos, mediante l'analisi di campioni rilevati in siti rappresentativi dei principali ecosistemi presenti in questi territori. I dati ottenuti per tale fauna in ciascun sito di raccolta vengono inoltre confrontati tra loro al fine di valutare l'efficacia di questi due taxa nel caratterizzare le varie tipologie di habitat.

## 2 Materiali e metodi

Nel corso del mio tirocinio presso l'*Arthropod Lab* del *Natural History Museum of Crete* (NHMC) della *University of Crete* ad Iràklion, mi sono occupata dello smistamento in macro-categorie (si veda Tab. 2.2) di alcuni campioni della fauna edafica di artropodi e della loro successiva determinazione a livello di ordine per gli insetti, di famiglia per i coleotteri e di specie (o genere) per i carabidi e i tenebrionidi. I campioni che mi sono stati assegnati erano conservati nella collezione del museo ed erano stati prelevati mediante trappole a caduta e raccolta a mano, in diversi siti nella regione greca di Creta.

Per motivi di tempo e per la necessità del museo di smistare e riordinare il materiale delle proprie collezioni al fine di renderlo più accessibile allo studio da parte di specialisti, la mia attività di laboratorio non si è potuta svolgere su campioni da me stessa raccolti; ho comunque partecipato a due escursioni sul campo in cui mi è stato possibile apprendere la tecnica di base per l'installazione delle trappole a caduta e la successiva raccolta e conservazione dei campioni.

### 2.1 Raccolta dei campioni

#### 2.1.1 Siti e periodi di raccolta dei campioni

I siti di raccolta a Creta e a Gávdos sono stati scelti, tra quelli disponibili nella collezione di campioni non ancora smistati del NHMC, in modo che provenissero da biotopi di diverso tipo, pur senza avere la pretesa che potessero essere rappresentativi della grande diversità di ecosistemi presenti nella regione. Nelle Figg. 2.1 e 2.2 si può osservare la localizzazione dei siti selezionati.



Fig. 2.1 – Localizzazione geografica dei siti di campionamento sulle isole di Creta e Gávdos.

I vasi trappola sono rimasti attivi per un lasso di tempo di almeno 60 giorni (fino ad un massimo di 196 giorni), concentrati soprattutto nei mesi primaverili, che rappresentano (insieme a quelli autunnali) il periodo di massima attività dei taxa oggetto di studio negli ecosistemi insulari del Mediterraneo orientale (Fattorini 2008b; Trichàs 1996).

I campioni sono stati raccolti tra il 1996 e il 2002 (eccetto uno, raccolto nel 1990). Le diverse date di raccolta si devono all'appartenenza dei campioni a progetti di ricerca



Iannuzzi, et al. 2021). Studiando i dati di letteratura disponibili, Brown e Matthews (2016) e Hohbein e Conway (2018) hanno messo in evidenza l'entità di tali differenze, soprattutto per le caratteristiche delle trappole a caduta e degli schemi di campionamento che influenzano significativamente i tassi di cattura di gruppi tassonomici, sessi e stadi vitali differenti. Molto variabili sono le caratteristiche del bicchiere che influiscono sui tassi di cattura e/o ritenzione degli artropodi, in particolare materiale, colore e dimensioni. Anche le sostanze utilizzate come liquido conservante sono varie (tra le più frequenti glicole propilenico e acetato di etile) e influenzano sensibilmente l'efficienza della trappola. In molti casi le trappole a caduta sono state dotate di una copertura, ovvero di un piccolo "tetto" sopraelevato rispetto terreno (solitamente collocato 2-5 cm al di sopra della sommità della trappola), realizzato con materiali vari (ad esempio plastica, legno, metallo, asbesto o materiali naturali come foglie e rametti), al fine di limitare la caduta nella trappola di acqua piovana, frammenti di foglie e terreno (che potrebbero influenzare il tasso di fuga degli organismi dalle trappole), di rallentare l'evaporazione dei liquidi di conservazione o il disseccarsi degli organismi catturati, di evitare che grandi vertebrati calpestino le trappole o piccoli vertebrati vi cadano all'interno o tentino di cibarsi degli artropodi raccolti. Sembra che i tassi di cattura per alcuni gruppi siano diversi nel caso di una copertura trasparente oppure opaca. Per quanto riguarda i piani di campionamento, una notevole variabilità è stata osservata negli intervalli di raccolta e nella distanza tra trappole adiacenti, che influenzano fortemente i tassi di cattura (Brown e Matthews 2016; Gullan e Cranston 2014; Hohbein e Conway 2018).

Considerata l'opportunità di adottare tecniche di campionamento standardizzate al fine di poter comparare agevolmente studi differenti, Brown e Matthews (2016) e Hohbein e Conway (2018) hanno proposto, per il monitoraggio in particolare di Coleoptera e Araneae epiedafici, di utilizzare una trappola a caduta con le seguenti caratteristiche:

- realizzata con semplici bicchieri in plastica, che sono poco fragili, leggeri ed economici;
- trasparente;
- con diametro all'apertura compreso tra 90 e 110 mm e profondità compresa tra 90 e 110 mm;
- dotata di imbuto trasparente, che è importante perché sembra riduca le catture accidentali di piccoli vertebrati, sebbene in generale sia stato di fatto poco utilizzato nelle ricerche;
- con copertura trasparente, posta al di sopra della trappola stessa ad una distanza tra 2 e 5 cm dal suolo;
- contenente 100 ml di un adeguato liquido conservante, trasparente e non tossico, come ad esempio il glicole propilenico (sebbene una certa flessibilità per la scelta del liquido di conservazione sia necessaria in relazione ai diversi obiettivi degli studi).

Per quanto riguarda il piano di campionamento, viene suggerito di disporre le trappole lungo un transetto, a distanza di 10 m l'una dall'altra, e di svuotarle ogni 7 giorni (Hohbein e Conway 2018).

Benché ampiamente applicato per la raccolta di artropodi edafici, come ogni metodo di campionamento anche quello mediante *pitfall traps* presenta diversi limiti. Infatti, il tasso di cattura per i diversi *taxa* di artropodi dipende non soltanto dalla loro densità di popolazione nell'habitat campionato, ma anche dal loro livello di attività durante il periodo di campionamento, dalla loro capacità (attraverso segnali visivi, tattili o chemosensoriali) di rilevare le trappole come entità distinte dall'eterogeneità ambientale

circostante, dalla misura in cui sono attratti dai liquidi preservanti, dalla loro possibilità di fuoriuscire dalle trappole. Tutte queste variabili possono differire notevolmente da un *taxon* all'altro. Inoltre, il livello di attività degli artropodi a sua volta varia con il tempo atmosferico, il momento della giornata e la stagione, anche all'interno di una medesima specie. La struttura della vegetazione e del substrato nelle immediate vicinanze delle trappole influenzano anch'esse in modo differenziale i tassi di cattura dei *taxa*. Nonostante questi limiti, qualora si considerino e si cerchino di evitare fonti di variabilità "esterna" (non intrinseca agli organismi), le trappole a caduta rappresentano comunque uno strumento efficace (e potenzialmente standardizzabile) per ottenere stime relative delle abbondanze degli artropodi nello spazio e nel tempo, posto che si possieda una buona conoscenza preventiva della biologia e dell'ecologia degli organismi oggetto di studio (Brown e Matthews 2016; Gullan e Cranston 2014; Hohbein e Conway 2018; Iannuzzi, et al. 2021). Tuttavia è importante ricordare che i dati ricavati mediante trappole a caduta non forniscono un quadro del popolamento reale presente in un dato ambiente. Per questo motivo è corretto parlare, più che di abbondanza, di densità di attività (AD) di una specie raccolta con questa tecnica, che si ottiene dividendo il numero di individui del gruppo di interesse raccolti in una stazione per il numero di giorni di campionamento e per il numero di trappole trovate ancora funzionanti (Brandmayr, Zetto e Pizzolotto 2005)

$$AD = \frac{x}{(n.giorni) \cdot (n.trappole\ attive)}$$

I dettagli metodologici relativi ai campioni raccolti con trappole a caduta su cui ho svolto la mia attività di laboratorio vengono forniti di seguito compilando il modello proposto da Brown e Matthews (2016) e Hohbein e Conway (2018) (Tab.2.1).

Data(e) di installazione delle trappole	si veda Tab. A 1
Data(e) in cui le trappole sono state operative	si veda Tab. A 1
Durata della raccolta di ciascun campione (in ore o giorni)	si veda Tab. A 1
Numero totale di trappole in uso	20 per sito
Numero totale di campioni effettivamente raccolti	8
Numero di notti di "trappolaggio" su cui si basa l'analisi	Intero periodo di raccolta
Distanza minima tra le trappole (m)	10 m
Diametro delle trappole a caduta (all'apertura) (mm o cm)	9,5 cm
Profondità del recipiente di raccolta della trappola (mm o cm)	12 cm
Colore dei componenti della trappola a caduta	trasparente
Impiego di una copertura	sì, una pietra piatta poggiata su tre piccole pietre disposte sul terreno lungo il bordo della trappola
Diametro della copertura (mm o cm)	c. 15 cm
Altezza al di sopra della trappola a cui la copertura è stata installata (mm o cm)	2-3 cm
Volume del liquido conservante utilizzato (ml)	80-100 ml
Tipo e concentrazione del liquido conservante	glicole propilenico (ID IUPAC propane-1,2-diol)
Utilizzo di un imbuto	No
Misura del diametro dell'imbuto all'apertura (mm o cm)	/
Utilizzo di recipiente singolo o di due recipienti impilati	due bicchieri impilati
Utilizzo di barriere ( <i>drift fencing</i> )	No
Disposizione e lunghezza totale delle barriere	/

**Tab. 2.1** – Resoconto dei dati metodologici per i campioni raccolti con trappole a caduta del NHMC analizzati, secondo il modello proposto da Brown e Matthews (2016) e Hohbein e Conway (2018).

Sebbene i campionamenti siano stati effettuati prima della pubblicazione dei lavori di Brown e Matthews (2016) e Hohbein e Conway (2018), si può osservare come le caratteristiche e le condizioni di utilizzo delle trappole impiegate soddisfino i requisiti descritti nei suddetti studi. La principale differenza riguarda i materiali utilizzati per la copertura delle trappole, ovvero pietre reperite sul luogo, anziché plastica trasparente. Questa scelta è stata dettata dalla necessità di evitare che capre o pecore potessero accidentalmente distruggere le trappole, e non introduce variabilità nelle misurazioni, in quanto non aumenta la probabilità che le coperture siano riconosciute dagli artropodi come corpi estranei o attraggano uccelli e mammiferi (Trichás, comunicazione personale 2022).

In ciascuno dei siti di raccolta prestabiliti, dopo un primo sopralluogo e l'individuazione di un'area rappresentativa dell'ambiente da indagare, le posizioni esatte in cui collocare le 20 trappole sono state contrassegnate lungo un transetto rettilineo o rettangolare, in modo da distare circa 10 m dalle altre posizioni più vicine e da presentare una copertura vegetale molto simile. Si è quindi preso nota della località del sito di campionamento, accompagnandola con uno schema delle posizioni delle trappole, in modo da poterle ritrovare in seguito con maggiore facilità. Inoltre sono state scattate delle fotografie del sito e si è allegata una breve descrizione della vegetazione. In ognuna delle posizioni contrassegnate è stata scavata una piccola buca, nella quale è stata inserita la coppia di bicchieri impilati tra loro, in modo che l'orlo si venisse a trovare a livello del suolo; il terreno è stato poi ricompattato attorno ai recipienti ed eventuali residui sono stati rimossi dal bicchiere interno. Quindi si è versato il glicole propilenico nella trappola e si è provveduto a realizzarne una copertura servendosi di pietre rinvenute sul luogo.

Al momento della raccolta, per ciascun sito è stato ricavato un solo campione, raggruppando in un unico recipiente il contenuto di tutte le trappole installate in quella stazione (per questo il numero totale di campioni effettivamente raccolti è pari a 8). Al rientro in laboratorio, ciascuno dei campioni prelevati è stato ripulito da eventuale materiale di disturbo evidente e quindi trasferito in un vaso di vetro con tappo a vite, insieme ad un'etichetta indicante il numero identificativo del campione nella collezione del NHMC, la località esatta e l'intervallo di campionamento, il nome di chi ha effettuato la raccolta; come liquido di conservazione è stato utilizzato alcol etilico concentrato al 75% v/v. I campioni sono stati quindi depositati all'NHMC.

#### **2.1.2.2 Raccolta a mano**

La raccolta a mano è un metodo di raccolta attiva: il ricercatore cerca e cattura attivamente (senza utilizzare trappole) gli artropodi, a mano o con l'ausilio di strumenti come pinzette, pennellini, aspiratori, retini. Si tratta di un metodo adatto a raccogliere artropodi immobili o che si muovono in modo relativamente lento o di rado, come gli stadi immaturi di alcuni insetti o gli insetti adulti sedentari, incapaci di volare o scarsi volatori. Iannuzzi, et al. (2021) indicano la raccolta a mano come il metodo di campionamento da preferire per la raccolta degli stadi immaturi di Carabidae e Tenebrionidae.

Il vantaggio dei metodi di raccolta attiva è che consentono di selezionare con una certa specificità gli organismi che si raccolgono e di circoscrivere in modo preciso l'habitat da cui prelevarli (ad esempio rivoltando le pietre o rimuovendo la "corteccia" dai tronchi degli alberi), permettendo una raccolta mirata. Tuttavia con la raccolta attiva il campionamento avviene in un tempo limitato e in modo difficilmente standardizzabile, e risente fortemente dall'esperienza del raccoglitore (Gullan e Cranston 2014; Iannuzzi, et al. 2021).

I due campioni della collezione del NHMC raccolti a mano di cui mi sono occupata nel

corso del mio tirocinio sono stati prelevati in concomitanza dell'installazione di trappole a caduta nei medesimi siti. Utilizzare più metodi di campionamento simultaneamente può infatti contribuire a raccogliere un numero maggiore di specie tra quelle presenti nel sito di interesse (Iannuzzi, et al. 2021).

Per quanto riguarda la metodologia, scelta un'area rappresentativa dell'ambiente da indagare, gli artropodi sono stati raccolti con l'ausilio di un paio di pinzette, da entrambi i lati di un transetto immaginario lungo 5 m. Gli esemplari sono stati trasferiti direttamente in un vasetto di vetro con tappo a vite contenente alcol etilico concentrato al 75% v/v e un'etichetta indicante il numero identificativo del campione nella collezione del NHMC, la località esatta e la data di campionamento, il nome di chi ha effettuato la raccolta e la dicitura "a mano". Anche questi campioni sono stati depositati all'NHMC.

Naturalmente i campioni raccolti a mano non possono essere confrontati con quelli prelevati mediante trappole a caduta, né dal punto di vista qualitativo (famiglie, generi, specie raccolti), né tantomeno dal punto di vista quantitativo (numero di individui raccolti per ogni famiglia, genere o specie).

## 2.2 Smistamento in macro-categorie, identificazione e conservazione dei campioni

### 2.2.1 Smistamento in macro-categorie

La prima fase del mio lavoro all'*Arthropod Lab* è consistita nello smistamento dei campioni di artropodi completi nelle macro-categorie indicatemi dal personale del laboratorio. Le categorie sono riportate in Tab. 2.2, insieme ai *taxa* attualmente accettati a cui esse corrispondono (Bánki, et al. 2022; GBIF.org 2022).

Categoria	Taxa	Abbrev.	% v/v alcol etilico	Categoria	Taxa	Abbrev.	% v/v alcol etilico
Acaria	Acarina	ACA	75%	Isoptera	Isoptera	ISP	> 95%
Ametabola	Protura, Diplura	AME	75%	Lepidoptera	Lepidoptera	LEP	75%
Amphipoda	Amphipoda	AMF	75%	Mantodea	Mantodea	MAN	75%
Araneae	Araneae	ARA	> 95%	Neuroptera	Neuroptera	NEU	75%
Blattodea	<i>taxa</i> di Blattodea esclusi quelli della categoria "Isoptera"	BLA	75%	Odonata	Odonata	ODO	75%
Chilopoda	Chilopoda	CHI	> 95%	Opiliones	Opiliones	OPI	> 95%
Coleoptera	Coleoptera	COL	> 95%	Orthoptera	Orthoptera	ORT	> 95%
Collembola	Collembola	KOL	75%	Paupoda	Paupoda	PAU	> 95%
Decapoda	Decapoda	DEK	75%	Phasmida	Phasmida	PHA	75%
Dermaptera	Dermaptera	DER	75%	Plecoptera	Plecoptera	PLE	75%
Diplopoda	Diplopoda	DPL	> 95%	Pseudoscorpiones	Pseudoscorpiones	PSE	> 95%
Diptera	Diptera	DIP	75%	Scorpiones	Scorpiones	SCO	> 95%
Embioptera	Embioptera	EMB	75%	Solifugi	Solifugae	SOL	75%
Ephemeroptera	Ephemeroptera	EPH	75%	Symphyla	Symphyla	SYM	> 95%
Hemiptera	<i>taxa</i> di Hemiptera esclusi quelli della categoria "Homoptera"	HEM	75%	Thysanoptera	Thysanoptera	THP	75%
Homoptera	Psylloidea, Aleyrodoidea, Coccoidea, Aphidomorpha,	HOM	75%	Thysanura	Archaeognatha, Zygentoma	THY	75%

	Fulgoroidea, Cicadomorpha						
Hymenoptera	Hymenoptera	HYM	75%	Trichoptera	Trichoptera	TRI	75%
Isopoda	Isopoda	ISO	75%	Altri insetti e larve	altri insetti frequenti (Psocodea, Ischnocera, Anoplura, Strepsiptera, Mecoptera, Siphonaptera, Zoraptera)	INS	75%

Tab. 2.2 – Macro-categorie da separare nei campioni, con i taxa corrispondenti, le abbreviazioni da utilizzare in etichetta e la concentrazione di alcol etilico richiesta per la conservazione.

Procedendo un campione per volta, ne ho innanzitutto eliminato la maggior parte del liquido di conservazione, prestando attenzione a non perdere materiale campionato. Quindi ho versato una porzione del campione in un'ampia vaschetta di colore bianco, aggiungendovi una piccola quantità di acqua, in modo da poter distribuire il materiale in un singolo strato e facilitarne così l'osservazione. Nei casi in cui la presenza di piccole particelle di detrito (ad es. sabbia, frammenti di foglie decomposte, ecc.) disturbava l'osservazione, ho proceduto a risciacquare il materiale sotto acqua corrente utilizzando un setaccio a maglia fine.

Con l'ausilio di una lente di ingrandimento con lampadina per un'osservazione più dettagliata e di un paio di pinzette per prelevare il materiale, ho rimosso il materiale di disturbo macroscopico (es. foglie, rametti, piccoli ciottoli) e ho quindi iniziato ad identificare e separare gli organismi in base alle macro-categorie di appartenenza, a partire da quelli di dimensioni maggiori e proseguendo via via con quelli più piccoli. Quando la macro-categoria di appartenenza non risultava per me evidente ad occhio nudo o attraverso la lente di ingrandimento, ho osservato l'esemplare allo stereomicroscopio (modello Leica MZ8). In questa fase, per una corretta attribuzione degli organismi alle relative macro-categorie, ho utilizzato alcuni manuali di riferimento: ARPA Piemonte (2002), Chinery (1993), Chinery (2010) e Townsend (2014).

Durante lo smistamento di una porzione di campione, man mano che attribuisco gli organismi alla macro-categoria di appartenenza, li ho distribuiti su fogli di carta assorbente. Prima di procedere allo smistamento di un'altra porzione di campione, ho contato il numero di individui per ogni macro-categoria e, mantenendo la suddivisione, li ho riposti provvisoriamente in vasetti di vetro con tappo a vite, contrassegnati con il codice identificativo del campione e il nome abbreviato della macro-categoria, coprendoli con alcol etilico alla concentrazione richiesta per ogni gruppo (si veda Tab. 2.2; una concentrazione di alcol etilico al > 95% v/v è richiesta per l'analisi del DNA e quindi per la conservazione dei gruppi maggiormente studiati all'*Arthropod Lab* del NHMC). Ho quindi proceduto allo stesso modo per l'intero campione.

A questo punto mi sono occupata della preparazione del campione per la conservazione. Innanzitutto, per ogni macro-categoria, in base alla numerosità e alle dimensioni degli organismi, ho scelto un contenitore in vetro di dimensioni adeguate, vi ho quindi riposto gli organismi e versato alcol etilico a riempimento, avendo cura di mantenerne la corretta concentrazione. In ogni contenitore ho inserito un'etichetta stampata laser su normale carta da stampa bianca, indicante alcune informazioni sul campione, come nel modello mostrato in Fig. 2.4. Ho quindi chiuso i vasetti con pellicola trasparente e con il loro tappo, le provette con cotone idrofilo

FC numero identificativo del campione	Regione
Prefettura, Comune	
Località esatta, Note sul biotopo	
Data di raccolta	
Leg. cognome di chi ha raccolto il campione	

Fig. 2.4 – Modello dell'etichetta utilizzata al NHMC per ciascun campione.

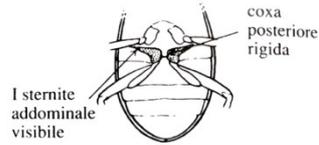
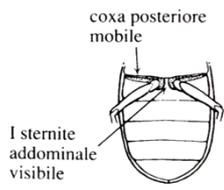
imbevuto di alcol etilico alla corretta concentrazione. Raggruppate le provette in due o più vasetti con tappo a vite in modo da rispettare la concentrazione di alcol richiesta per ogni macro-categoria e da ottimizzare lo spazio, ho infine riempito i vasetti con alcol etilico alla concentrazione richiesta e li ho chiusi con pellicola trasparente e con il tappo.

### 2.2.2 Identificazione dei Coleoptera a livello di famiglia

Terminato lo smistamento in macro-categorie dei campioni completi, mi sono dedicata all'identificazione a livello di famiglia di tutti gli esemplari di Coleoptera presenti nei 10 campioni. L'elenco delle famiglie di Coleoptera presenti a Creta è stato preso da Audisio e Alonso-Zarazaga (2014) ed è riportato in Appendice 2.

Dal punto di vista pratico, la metodologia che ho applicato in questa fase è stata la stessa adottata per lo smistamento in macro-categorie, ricorrendo però all'osservazione allo stereomicroscopio per ogni esemplare. Per l'identificazione delle famiglie di Coleoptera ho utilizzato le seguenti risorse informative Benisch (2014), Chinery (2010), Choate (2003), de Jong (2014), European Carabidae (2014), Forum Entomologi Italiani (2014), Germann, et al. (2014), Harde e Severa (1984), Iowa State University Department of Entomology (2014), Lompe (2002), Natural History Museum of Crete, University of Crete (2014).

Riporto di seguito (in Tab. 2.3) le principali caratteristiche morfologiche utilizzate per separare le due famiglie oggetto di questo studio, Carabidae e Tenebrionidae, ricavate dalla letteratura e da indicazioni personali del professor A. Trichás (2014).

	Carabidae	Tenebrionidae
		
Forma generale del corpo	Parti del corpo meno arrotondate rispetto a Tenebrionidae.	Parti del corpo generalmente arrotondate.
Apparato boccale	Ben sviluppato e robusto.	Meno robusto rispetto a Carabidae.
Occhi	Ben sviluppati, con forma arrotondata.	Spesso divisi in una porzione superiore e una inferiore.
Zampe	Slanciate e sottili. Tarsi posteriori con 5 tarsomeri.	Tozze e robuste. Tarsi posteriori con 4 tarsomeri.
Aspetto generale	Aspetto abbastanza lucido. Spesso dotati di peli su varie parti del corpo (anche sulle elitre).	Aspetto opaco. Generalmente privi di peli.
Coxae posteriori	Dividono in due parti il primo sternite addominale visibile. 	Non dividono completamente il primo sternite addominale visibile. 

**Tab. 2.3** – Caratteristiche morfologiche di Carabidae e Tenebrionidae utili a distinguere tra loro le due famiglie. Fotografie dall'archivio del NHMC (<https://www.nhmc.uoc.gr/en>); schemi coxae posteriori da Chinery (2010).

### **2.2.3 Identificazione di Carabidae e Tenebrionidae a livello di specie (o genere)**

Conclusa la suddivisione in famiglie dei coleotteri presenti nei campioni, mi sono occupata dell'identificazione a livello di specie (o genere) di tutti gli esemplari appartenenti alle famiglie Carabidae e Tenebrionidae. La nomenclatura adottata per queste due famiglie è stata quella di *Fauna Europaea* (Audisio 2014).

Il personale dell'*Arthropod Lab* mi ha preliminarmente fornito un elenco delle specie di coleotteri epiedafici che, in base ai dati raccolti nel corso delle loro ricerche, risultavano essere più abbondanti nella regione di Creta (Appendice 3). Accedendo al ricco archivio fotografico e alla collezione di insetti conservati a secco del NHMC ho così potuto osservare nel dettaglio alcune delle specie che avrei probabilmente riscontrato nei campioni.

Per la determinazione delle specie, considerando un campione alla volta e le due famiglie separatamente, ho innanzitutto suddiviso gli esemplari, raggruppando insieme quelli che ad occhio nudo apparivano molto simili tra loro; per ognuno dei gruppi così ottenuti, ho scelto un individuo da osservare allo stereomicroscopio e l'ho identificato; successivamente ho osservato allo stereomicroscopio tutti gli altri esemplari del gruppo, comparandoli a quello identificato per verificarne l'appartenenza alla stessa specie o, in caso contrario, per procedere alla loro identificazione. Per la determinazione delle specie di Carabidae ho utilizzato chiavi identificative dedicate, in particolare: Arndt, et al. (2011), European Carabidae (2014), Hackston (2013) Trautner e Geigenmüller (1987), e il *Catalogue of Palaearctic Coleoptera* (Löbl e Smetana 2003). Per l'identificazione delle specie di Tenebrionidae, non essendo disponibili chiavi identificative per la regione di Creta e nemmeno per la Grecia, bensì soltanto il *Catalogue of Palaearctic Coleoptera* (Löbl e Smetana 2008), sono stata aiutata dal personale dell'*Arthropod Lab*, anche attraverso preziosi appunti da loro annotati nel corso di anni di lavoro di identificazione. In ogni caso dubbio la corretta identificazione o meno del materiale è stata inoltre verificata dal prof. A. Trichás.

Per la conservazione dei Carabidae e Tenebrionidae determinati a livello di specie ho preparato ciascun campione allo stesso modo in cui avevo precedentemente preparato i campioni smistati in macro-categorie e famiglie, utilizzando per le due famiglie vasetti distinti. In questo caso però, oltre all'etichetta con le informazioni sul campione (Fig. 2.4), ho inserito in ciascuna provetta ulteriori due etichette, una con il nome scientifico della specie e l'altra con il nome di chi ha effettuato la determinazione (*Det. nome*).

Gli esemplari che mi sono stati indicati dallo specialista come di particolare interesse e quelli che non è stato possibile identificare con certezza sono stati conservati separatamente, in provette Eppendorf con etichetta descrittiva del campione (sempre immersi in alcol etilico) e accompagnati da una nota per il personale del laboratorio.

### **2.2.4 Identificazione a livello di genere o specie di alcuni altri Coleoptera**

Oltre che per Carabidae e Tenebrionidae, ho determinato la specie, o il genere, anche per altri coleotteri che ad occhio nudo apparivano particolarmente abbondanti nel campione, oppure appariscenti o dotati di caratteristiche morfologiche peculiari. Anche per questi *taxa* la nomenclatura adottata è stata quella di *Fauna Europaea* (Audisio e Alonso-Zarazaga 2014).

Per la determinazione e la conservazione del materiale, ho proceduto come per Carabidae e Tenebrionidae.

Per l'identificazione mi sono avvalsa del materiale e dell'esperienza del personale

dell'*Arthropod Lab* e delle seguenti fonti informative: Friedman e Sagiv (2010), Hackston (2014), Monteith e Storey (2013), Paulian e Baraud (1982), Sabatinelli (1981), Ziani (2006), e del *Catalogue of Palaearctic Coleoptera* (Löbl e Smetana 2003, 2004, 2006, 2007, 2008, 2010, 2011).



**Fig. 2.5** – In alto, campione prima (a sinistra) e dopo (a destra) essere processato. In basso, campioni processati pronti per essere depositati in archivio.

Tutti i campioni su cui ho svolto la mia attività di laboratorio sono depositati al *Natural History Museum of Crete*, Knossou Ave., P.O. Box 2208, 71409 Iráklion, Creta, Grecia.

## 2.3 Analisi dei dati

### 2.3.1 Dati quantitativi

L'analisi dei dati è stata effettuata soltanto per i campioni raccolti con trappole a caduta. Al fine di confrontare i dati ottenuti con quelli dei lavori che si sono occupati di Carabidae e Tenebrionidae di Creta, ho utilizzato una formulazione della densità di attività in cui il valore ottenuto con la formulazione base AD viene moltiplicato per 100, ottenendo l'indicazione del numero di individui che in media nell'arco di cento giorni cadono in una trappola nel particolare luogo e periodo dell'anno indagati

$$AD_{100gg.} = \frac{x}{(n.giorni) \cdot (n.trappole\ attive)} \cdot 100.$$

### 2.3.2 Analisi statistica dei dati

L'analisi multivariata è stata applicata per una prima valutazione delle differenze nel popolamento di Coleoptera rilevato nei siti campionati mediante trappole a caduta. Il Non-metric multidimensional scaling (NMDS) è stato applicato separatamente alla matrice con i dati di densità di attività delle famiglie di coleotteri e poi con le specie di carabidi e tenebrionidi. Con questa analisi i siti vengono disposti lungo due assi principali in funzione delle differenze nel popolamento del taxon scelto (Shaw 2003). La bontà della suddivisione è stata valutata mediante uno stress test. L'analisi di NMDS e lo stress test sono stati effettuati in R utilizzando il pacchetto vegan (Oksanen, et al. 2022).

### 3 Risultati

#### 3.1 Macro-categorie di Arthropoda

Dai campioni raccolti con trappole a caduta completi sono stati smistati in totale 11148 artropodi, appartenenti a 21 tra le 36 macro-categorie indicate dal NHMC (si vedano Tab. 3.1 e Tab. 2.2). Gli Hymenoptera, e in particolare la famiglia dei Formicidae, rappresentano da soli poco più della metà degli esemplari (Fig. 3.1). Altri taxa complessivamente abbondanti sono stati Collembola, Diptera, Coleoptera, Araneae, Blattodea, Acarina e Isopoda (Fig. 3.1, Tab. 3.1).

Categoria	N. individui
Acarina	436
Araneae	599
Blattodea	518
Chilopoda	54
Coleoptera	746
Collembola	848
Dermaptera	1
Diplopoda	102
Diptera	809
Embioptera	4
Hemiptera	64
Homoptera	98
Hymenoptera	5728
Isopoda	396
Lepidoptera	74
Opiliones	134
Orthoptera	174
Pseudoscorpiones	10
Scorpiones	2
Thysanura	10
Altri insetti e larve	341
Totale	11148

Tab. 3.1 – Categorie di Arthropoda nei campioni completi (in ordine alfabetico), con le relative quantità di individui complessive.

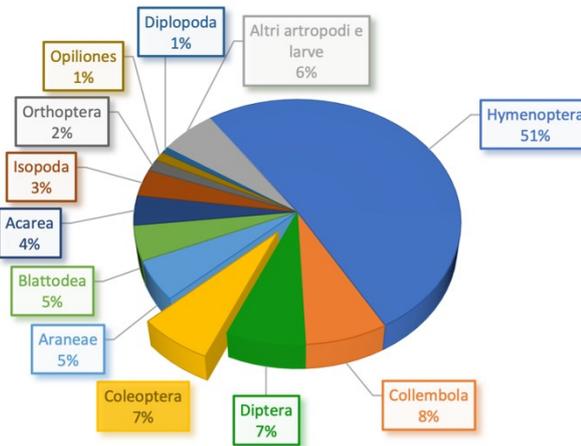


Fig. 3.1 – Categorie di Arthropoda complessivamente più abbondanti (oltre 100 individui totali) nei campioni completi e percentuale con cui ciascuna di esse contribuisce al totale degli individui campionati.

Dallo smistamento dei due campioni raccolti a mano sono stati ottenuti ulteriori 366 artropodi appartenenti a 15 delle sopracitate macro-categorie, oltre che al gruppo Amphipoda.

#### 3.2 Famiglie di Coleoptera

Dall'analisi di tutti i campioni raccolti mediante trappole a caduta nei diversi siti di studio sono risultati complessivamente 3451 coleotteri appartenenti a 36 famiglie, di cui 16 prevalentemente edafiche. Le famiglie risultate complessivamente più abbondanti sono Carabidae (36%) e Tenebrionidae (35%), in misura decisamente minore Staphylinidae, Ptinidae, Cholevidae, Buprestidae e Silvanidae (Fig. 3.2). In tre dei campioni erano presenti alcuni esemplari (20 in totale) che non è stato possibile identificare a livello di famiglia, soprattutto perché rovinati; questi coleotteri rappresentano meno dello 0,6% degli individui campionati, pertanto nel seguito verranno trascurati.

In Tab. 3.2 vengono riportate le densità di attività in ogni sito di tutte le famiglie di Coleoptera raccolte; in Fig. 3.3 vengono invece rappresentate le loro densità di attività complessive nell'area studiata (date dalla somma delle densità di attività della famiglia in ciascun sito di campionamento).

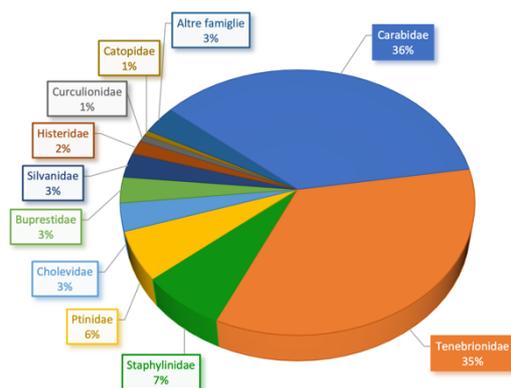


Fig. 3.2 – Famiglie di Coleoptera complessivamente più abbondanti (oltre 20 individui totali) nei campioni raccolti con trappole a caduta, e percentuale con cui ciascuna di esse contribuisce al totale dei coleotteri campionati.

Famiglia	Sito di campionamento							
	Gphm1	Gds	Gophm	Gphm2	CmA	CpB	CfqB	CfqA
Alleculidae		0,06			0,08			
Anobiidae		0,06						
Anthicidae		0,73						0,10
<b>Aphodiidae</b>		0,28						
Bruchidae					0,08			
Buprestidae		5,84	0,28					
<b>Byrrhidae</b>		0,11						0,05
Cantharidae	0,22		0,06		0,08	0,10		
<b>Carabidae</b>	4,21	10,73	0,56	2,58	68,36	0,10	4,06	0,88
<b>Catopidae</b>					1,80			
Cetoniidae	0,06	0,34						
<b>Cholevidae</b>						2,98		
Chrysomelidae	0,06	0,06			0,08	0,08	0,05	0,05
Cryptophagidae		0,17			0,25	0,15		
Curculionidae	0,22	0,11	0,22	0,06	0,33	0,05	0,47	0,21
<b>Dermestidae</b>	0,28	0,28					0,10	0,05
<b>Elateridae</b>		0,22					0,31	0,05
<b>Geotrupidae</b>								0,05
<b>Histeridae</b>	0,28	2,98						
Hydrophilidae					0,08			
<b>Lathriidae</b>					0,16		0,05	
Melolonthidae		0,17						
Melyridae		0,28				0,03		
Mordellidae							0,05	
Nitidulidae		0,11	0,17					
Oedemeridae						0,03		
Phalacridae					0,08			
<b>Pselaphidae</b>			0,06			0,03		
<b>Ptinidae</b>	0,11		0,11		2,13	1,25	0,63	6,08
Scolytidae								0,05
Scydmaenidae					0,16			
<b>Silphidae</b>							0,05	
Silvanidae		0,45	0,39		0,08		4,58	
<b>Staphylinidae</b>	0,34	0,17	0,62	0,11	4,43	2,19	4,06	0,10
<b>Tenebrionidae</b>	3,31	55,11	4,44	0,39	2,87		0,21	1,19
<b>Trogidae</b>		0,06						
<b>Coleoptera</b>	9,10	78,31	6,91	3,15	81,07	6,99	14,64	8,87

Tab. 3.2 – Densità di attività AD100gg. (n. di individui per trappola in 100 giorni) delle famiglie di Coleoptera (in ordine alfabetico) campionate nei diversi siti di studio. Le famiglie edafiche sono evidenziate in grassetto.

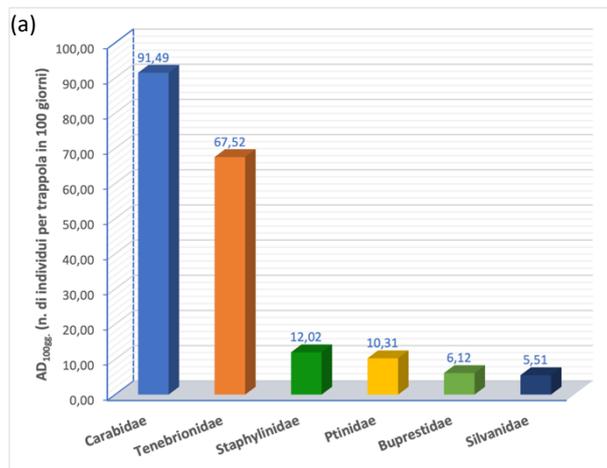
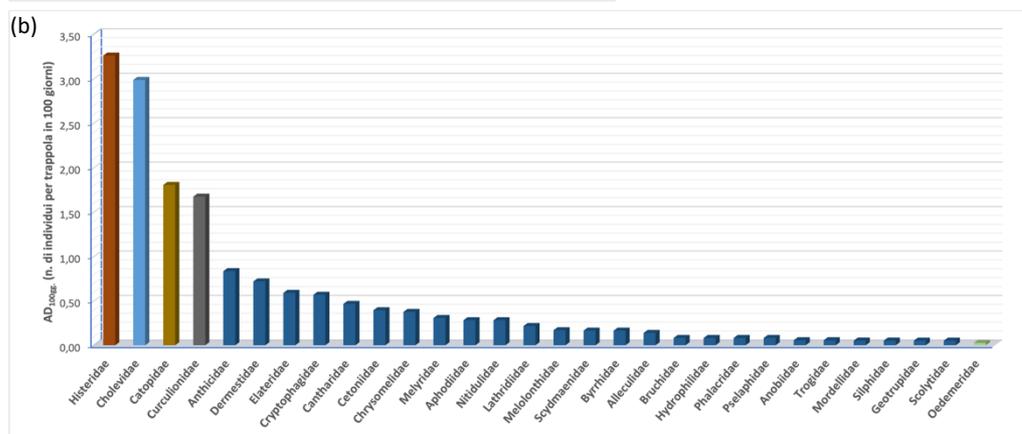


Fig. 3.3 – Densità di attività AD<sub>100gg</sub> complessive delle famiglie di Coleoptera campionate a Creta (a) per AD<sub>100gg</sub> > 5 e (b) per AD<sub>100gg</sub> < 5.



Dall'analisi dei due campioni raccolti a mano sono stati ottenuti ulteriori 106 coleotteri appartenenti a 8 delle 36 famiglie rilevate mediante trappole a caduta e ad altre quattro famiglie (Coccinellidae, Dryopidae, Dytiscidae, Scarabaeidae).

### 3.3 Carabidae e Tenebrionidae

Dalla suddivisione in famiglie dei Coleoptera raccolti mediante trappole a caduta si sono ottenuti complessivamente 1255 individui di Carabidae e 1188 di Tenebrionidae, i quali sono stati tutti identificati a livello di genere e, ove possibile, di specie o sottospecie. Per i Carabidae sono state riconosciute 13 specie appartenenti a 12 generi diversi, di cui 3 (23,1%) endemiche di Creta; i Tenebrionidae sono invece risultati appartenere a 16 specie (18 sottospecie) di 13 generi distinti, di cui 9 sottospecie (50%) endemiche di Creta (tra le quali due endemiche soltanto di Gávdos). Nel seguito specie e sottospecie verranno indicate semplicemente come "specie".

#### 3.3.1 Densità di attività e numero di specie

In Fig. 3.4 vengono riportate le densità di attività di Carabidae (a) e Tenebrionidae (b) per ogni sito campionato con trappole a caduta, mentre la Fig. 3.5 mostra il numero di specie di Carabidae e Tenebrionidae in ciascun sito.

La densità di attività risulta piuttosto bassa in quasi tutti i siti di campionamento sia per i Carabidae che per i Tenebrionidae. Fanno eccezione i siti CmA (biotopo a macchia a 1360 m s.l.m. sull'isola di Creta) e Gds (dune sabbiose con radi cespugli a 5 m s.l.m. sull'isoletta di Gávdos), caratterizzati da una significativa densità di attività rispettivamente di Carabidae e Tenebrionidae, nel primo caso legata principalmente ad una specie soltanto.

Il numero di specie per sito varia tra 2 e 6 per i Carabidae e tra 0 e 9 per i Tenebrionidae; per i Carabidae è più elevato nei biotopi di macchia e foresta a *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis*, mentre per i Tenebrionidae nelle dune sabbiose. Sia la densità di attività che il numero di specie sono minimi per entrambe le famiglie nel biotopo di pineta (foresta a *Pinus brutia*).

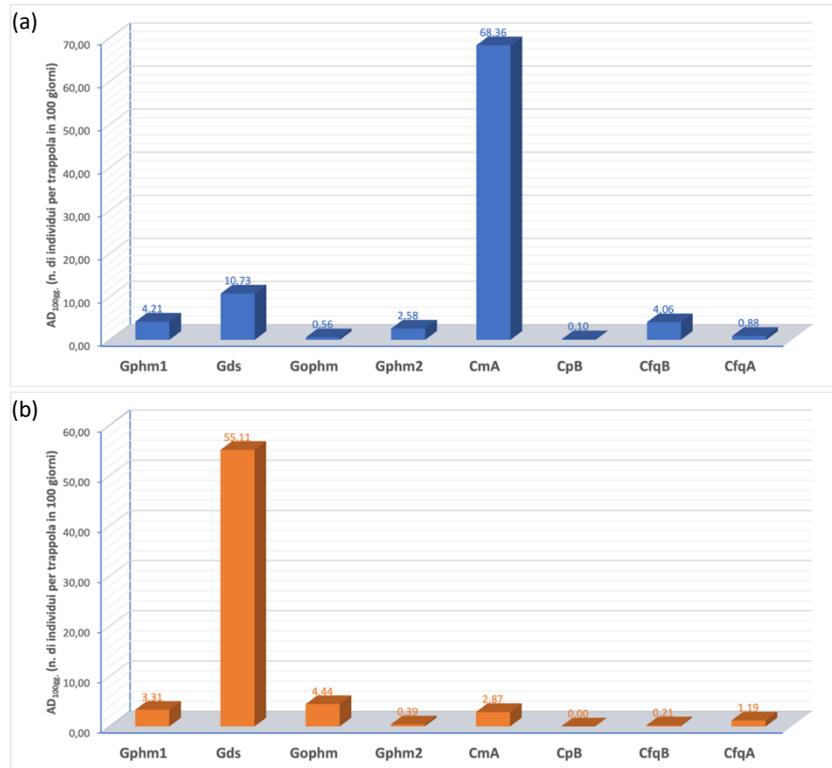


Fig. 3.4 – Densità di attività AD<sub>100gg</sub> complessive di (a) Carabidae e (b) Tenebrionidae nei siti campionati con trappole a caduta.

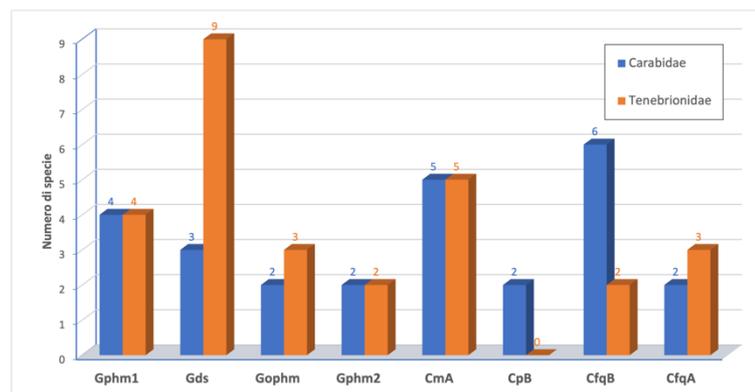


Fig. 3.5 – Numero di specie di Carabidae (in blu) e Tenebrionidae (in arancione) raccolte in ciascun sito campionato con trappole a caduta.

La Tab. 3.3 riporta l'elenco di tutti i generi, specie e sottospecie di Carabidae e Tenebrionidae che sono stati identificati, suddivisi per famiglia; per ognuno di essi vengono specificati il corotipo e le preferenze ambientali (nei casi in cui la determinazione sia soltanto a livello di genere, vengono indicati esclusivamente i caratteri costanti per tutto il genere), e la densità di attività (AD<sub>100gg</sub>) riscontrata in ciascun sito campionato con trappole a caduta.

	Specie (o genere)	Corotipo	Preferenze ambientali	Densità di attività AD <sub>100gg.</sub> nei siti di campionamento (codice campione)							
				Gphm1	Gds	Gophm	Gphm2	CmA	CpB	CfqB	CfqA
Carabidae	<i>Calathus (Calathus) fuscipes</i> (Goeze, 1777)	EuMe	1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10					62,95		0,16	
	<i>Calathus (Calathus) oertzeni</i> Jeanne & F.Battoni, 1987	End	4MA, 5MA, 6, 8	0,39	8,31					0,10	
	<i>Carabus (Procrustes) banonii</i> Dejean, 1829	End	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	3,71	0,79	0,45	0,22	1,07			0,15
	<i>Cymindis (Cymindis) lineata</i> (Quensel, 1806)	EaMe	1, 2, 3, 4, 7, 8, 10					3,11			
	<i>Ditomus calydonius</i> (P.Rossi, 1790)	Seu	2, 3, 4, 10							0,21	
	<i>Dixus obscurus</i> (Dejean, 1825)	EaMe	8							0,05	
	<i>Microlestes</i> sp. ( <i>Microlestes</i> Schmidt-Goebel, 1846)							0,08			
	<i>Olisthopus</i> sp. ( <i>Olisthopus</i> Dejean, 1828)	(Me)	1, 2, 3BB, 8	0,06							
	<i>Pterostichus</i> sp. ( <i>Pterostichus</i> Bonelli, 1810)		1, 2, 5, 7, 8						0,03		
	<i>Tapinopterus (Tapinopterus) creticus</i> (I.Frivaldszky von Frivald, 1845)	End	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10	0,06	1,63	0,11	2,36			3,49	0,72
	<i>Trechus</i> sp. ( <i>Trechus</i> Clairville, 1806)		1, 2, 5, 8						0,08		
	<i>Tschitscherinellus cordatus</i> (Dejean, 1825)	Me	2, 3, 4, 5, 10							0,05	
	<i>Zabrus (Pelar) aegaeus</i> Apfelbeck, 1904	He	2, 3					1,15			
	<b>AD<sub>100gg.</sub> totale Carabidae</b>				<b>4,21</b>	<b>10,73</b>	<b>0,56</b>	<b>2,58</b>	<b>68,36</b>	<b>0,10</b>	<b>4,06</b>
Tenebrionidae	<i>Ammobius rufus</i> (Lucas, 1846)	Me	1		0,11						
	<i>Apentanodes globosus</i> (Reiche & Saulcy, 1857)	Le	1		10,96						
	<i>Cnemeplatia atropos</i> A.Costa, 1847	Seu	1, 2, 3							0,05	
	<i>Colpatus sulcatus</i> (Menetries, 1838)	End	2, 3, 4, 5					0,08		0,16	
	<i>Dailognatha quadricollis</i> (Brulle, 1832)	EaMe	1, 2, 3, 6, 7, 8								0,15
	<i>Dailognatha quadricollis plicata</i> Koch, 1948	End	1, 2	2,02	1,18	3,26	0,22				
	<i>Dailognatha quadricollis rugata</i> Solier, 1835	End	1, 2, 3, 10					1,72			
	<i>Dendarus foraminosus</i> (Kuster, 1851)	End	1, 2, 3, 8, 10					0,16			
	<i>Dendarus graecus</i> Brulle, 1832	End	2, 3, 4, 5, 6, 7					0,49			
	<i>Dendarus maximus</i> Koch, 1948	End Gávdos	1	0,11	5,45	1,12	0,17				
	<i>Dendarus opacus</i> Koch, 1948	End	2, 3								0,77
	<i>Eutagenia minutissima</i> Pic, 1903	An	1, 2, 4BB		5,51						
	<i>Microtelus asiaticus</i> Solier, 1838	He	2, 5, 6		0,51						0,26
	<i>Pedinus quadratus</i> Brulle, 1832	He	1, 2, 6	0,06							
<i>Raiboscelis corvinus</i> (Kuster, 1851)	End	2, 3, 4, 8		0,06							
<i>Scleron multistriatum</i> (Forskl, 1775)	EaMe	1, 2, 4BB, 5MB			0,06						

<i>Tentyria sporadica gavdosana</i> Koch, 1948	End Gávdos	1		31,18						
<i>Zophosis punctata</i> Brulle, 1832	EaMe	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8	1,12	0,17			0,41			
<b>AD<sub>100gg.</sub> totale Tenebrionidae</b>			3,31	55,11	4,44	0,39	2,87	0	0,21	1,19

**Tab. 3.3** – Densità di attività AD<sub>100gg.</sub> delle specie di Carabidae e Tenebrionidae campionate nei siti di Creta e Gávdos. Per ogni specie vengono anche indicati corotipo e preferenze ambientali. Corotipi: v. Appendice 5. Preferenze ambientali: 1 spiagge sabbiose e habitat salini (BB); 2 *phrygana* costiera (BB); 3 mosaico *phrygana* e steppa (BB/MB); 4 *phrygana* con macchia rada (BB/MB/MA); 5 macchia densa (MB/MA); 6 foreste di quercia (MA); 7 pineta (BB/MB/MA); 8 habitat subalpini (AA); 9 zone umide (BB/MB/MA); 10 coltivazioni e pascoli (BB/MB); (altitudini: BB: 0-400 m, MB: 400-800 m, MA: 800-1400 m., AA: 1400-1800 m). Con sfondo colorato i corotipi endemici; in grassetto le tipologie di biotopo in cui le specie sono più abbondanti e/o frequenti (Fattorini 2008b; Kaltsas, et al. 2013; Pavlou 2016; Trichás 1996).

Specie	Corotipo	Preferenze ambientali	Sito di campionamento	
			Gzu	CophA
<b>Carabidae</b>				
<i>Acinopus (Acinopus) creticus</i> Maran, 1947	End	MA	0	1
<i>Calathus (Calathus) fuscipes</i> (Goeze, 1777)	EuMe	1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10	0	1
<i>Carabus (Procrustes) banonii</i> Dejean, 1829	End	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	0	1
<i>Calomera littoralis nemoralis</i> (Olivier, 1790)	EuMe	1, 2	1	0
<i>Cymindis (Cymindis) lineola</i> L.Dufour, 1820	Ba	4MB-MA, 5MB-MA, 7, 8	0	1
<i>Zabrus (Pelor) oertzeni</i> Reitter, 1885	End	4MA, 8	0	1
<b>Tenebrionidae</b>				
<i>Dailognatha cylindritarsis</i> Koch, 1948	End	3BB-MB, 4BB-MB-MA, 8	1	0
<i>Dailognatha quadricollis</i> (Brulle, 1832)	EaMe	1, 2, 3, 6, 7, 8	0	1
<i>Dailognatha quadricollis plicata</i> Koch, 1948	End	1, 2	1	0
<i>Dendarus foraminosus</i> (Kuster, 1851)	End	1, 2, 3, 8, 10	0	1
<i>Dendarus maximus</i> Koch, 1948	End Gávdos	1	1	0

**Tab. 3.4** – Specie di Carabidae e Tenebrionidae raccolte a mano in due diversi siti di campionamento (0 = assenza; 1 = presenza). Le specie sono riportate in ordine alfabetico e ne vengono indicati corotipo e preferenze ambientali (per la legenda si veda Tab. 3.3).

### 3.3.2 Specie più abbondanti e preferenze ambientali

Le specie più abbondanti sul totale dei Carabidae e Tenebrionidae catturati sono risultate essere *Calathus fuscipes* (Carabidae, euritopica e con corotipo ad ampia distribuzione) e *Tentyria sporadica gavdosana* (Tenebrionidae, stenotopica e con distribuzione ristretta alla sola Gávdos): benché entrambe siano state raccolte sostanzialmente in una stazione di campionamento soltanto (rispettivamente nel sito su macchia montana a Creta (CmA) e nel sito sulle dune sabbiose a Gávdos (Gds)), raggiungono localmente densità di attività decisamente più elevate rispetto a quelle delle altre specie, che sono tra 5 e 1000 volte inferiori. Le altre specie per cui si sono registrate nel complesso abbondanze elevate sono *Calathus oertzeni*, *Tapinopterus creticus*, *Carabus banonii* e *Cymindis lineata* tra i Carabidae, e *Apentanodes globosus*, *Dendarus maximus*, *Dailognatha quadricollis plicata* e *Eutagenia minutissima* tra i Tenebrionidae. La maggior parte delle specie di entrambe le famiglie di Coleoptera, in particolare 9 su 13 per i Carabidae e 13 su 18 per i Tenebrionidae, compare in un sito di campionamento soltanto, mentre solo quattro specie sono state raccolte almeno nella metà dei siti, tra cui *Carabus banonii* e *Tapinopterus creticus*, gli unici rilevati in  $\frac{3}{4}$  delle stazioni.

Un effettivo confronto dei dati ottenuti per l'isola di Creta con quelli ottenuti per Gávdos non è possibile, poiché i siti di campionamento non sono collocati nelle stesse tipologie di biotopo sulle due isole. Si può tuttavia osservare che quasi tutte le specie di tenebrionidi raccolte a Gávdos, anche quelle frequenti o localmente abbondanti, non sono state invece registrate a Creta, mentre questo non si verifica per i carabidi. Tale risultato si spiega considerando non soltanto che i biotopi mediterranei cui i Tenebrionidae sono meglio adattati sono stati campionati soltanto a Gávdos, ma anche che nell'isoletta la composizione in specie di questa famiglia è diversa rispetto a Creta, in termini di abbondanze relative delle specie, ma anche di presenza o assenza di alcune di esse (si veda Appendice 3). In particolare, *Dendarus maximus* e *Tentyria sporadica gavdosana* sono endemiche di Gávdos; *Apentanodes globosus* è estremamente abbondante a Gávdos e Chrysi ma rara a Creta; *Dailognatha quadricollis plicata* è l'unica sottospecie di *D. quadricollis* presente a Gávdos, mentre sull'isola di Creta all'abbondanza della specie concorrono tre sottospecie diverse; *Eutagenia minutissima* è invece effettivamente molto abbondante anche a Creta (Trichás 1996).

Per quanto riguarda le preferenze ambientali, si osserva che le specie di Carabidae campionate sono da euritopiche a stenotopiche, con quelle più abbondanti adattate a quasi ogni tipo di biotopo, anche antropizzato (eccetto *Calathus oertzeni*); le specie di Tenebrionidae raccolte sono invece oligotopiche o stenotopiche, con quelle più abbondanti tutte sostanzialmente stenotopiche, adattate ai biotopi costieri.

### 3.3.3 Corotipi

Le specie di Carabidae e Tenebrionidae raccolte hanno corotipi con distribuzione da molto ampia – corotipo euromediterraneo (EuMe) – a molto ristretta – corotipo endemico (End) – fino all'estremo di due specie endemiche della piccola isola di Gávdos (per l'elenco completo e la caratterizzazione geografica dei corotipi individuati per la fauna di coleotteri di Creta in generale, si veda l'Appendice 5). La Fig. 3.6 rappresenta, per ogni sito di campionamento, i corotipi di (a) Carabidae e (b) Tenebrionidae riscontrati e la loro percentuale rispetto al totale delle specie della relativa famiglia. Sia per i Carabidae che per i Tenebrionidae il corotipo più rappresentato in quasi tutti i siti di campionamento è quello endemico: per i Carabidae, in cinque siti di campionamento su otto, tra cui tutti

quelli a Gávdos, è l'unico corotipo rilevato. Osservando la Tab. 3.3 si può notare anche come, sia per i Carabidae che per i Tenebrionidae, le specie più abbondanti in ciascun sito (eccetto in CmA) e complessivamente più frequenti nei siti campionati siano tutte endemiche. Per questo, oltre a caratterizzare molte delle specie raccolte, il corotipo endemico rende conto del 25,8% e del 71,3% della densità di attività complessiva rispettivamente di carabidi e tenebrionidi. Tutte le specie endemiche di Carabidae sono state campionate sia nell'isola di Creta che a Gávdos, mentre le specie endemiche di Tenebrionidae sono state campionate soltanto sull'una o sull'altra delle due isole.

Benché con frequenze e percentuali decisamente inferiori, un altro corotipo significativamente rappresentato è quello del mediterraneo orientale (EaMe), soprattutto tra i Tenebrionidae. Il corotipo greco (He) è presente con una specie di Tenebrionidae in tre siti di raccolta (e con una specie di Carabidae in un sito soltanto), mentre il corotipo euro-mediterraneo è rappresentato solo tra i Carabidae, con una specie in due siti di campionamento. Il corotipo europeo meridionale (SEu) e quello mediterraneo (Me) sono rappresentati entrambi soltanto da una specie in ciascuna delle due famiglie, rispettivamente nel medesimo sito di raccolta e in due siti di raccolta diversi. Infine, nel sito su dune sabbiose di Gávdos sono presenti due specie di Tenebrionidae a distribuzione orientale, una levantina (Le) e una anatolica (An).

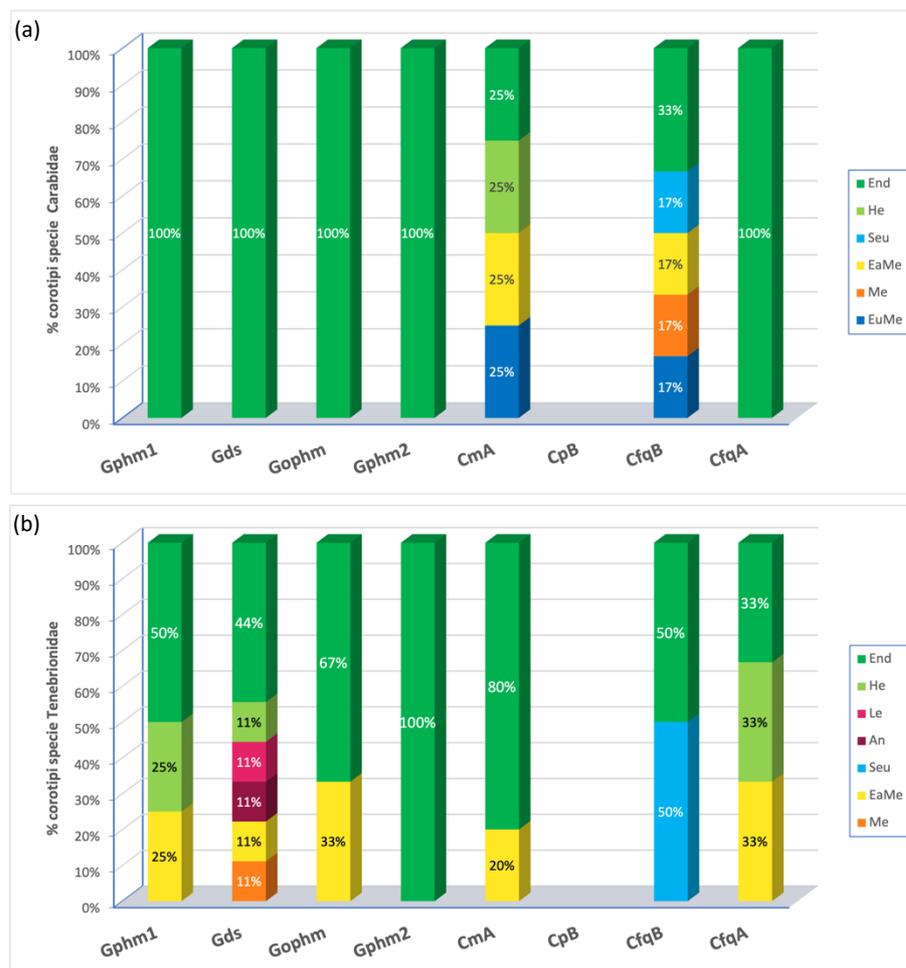


Fig. 3.6 – Composizione corologica percentuale delle specie di (a) Carabidae e (b) Tenebrionidae nei siti campionati con trappole a caduta.

Dall'analisi dei due campioni raccolti a mano sono stati ottenuti ulteriori 56 Carabidae e 26 Tenebrionidae, appartenenti rispettivamente a 6 e 5 specie (l'elenco completo è riportato in Tab. 3.4).

Per quanto riguarda i Coleoptera non appartenenti alle famiglie Carabidae e Tenebrionidae, sono stati identificati a livello di genere o specie complessivamente 163 esemplari, il cui elenco completo è riportato in Appendice 6. Di questi, 104 sono rappresentanti della specie invasiva cosmopolita *Oryzaephilus surinamensis*, risultata particolarmente abbondante nel campione dal querceto a bassa quota a Creta (CfqB), ma presente anche Gávdos.

### 3.3.4 Similarità faunistica delle aree di studio

L'analisi multivariata (NMDS) applicata alla matrice con le densità di attività delle famiglie di coleotteri restituisce una suddivisione dei siti che ben evidenzia la differenza tra le isole di Creta e Gávdos, sebbene vi sia una notevole variabilità, come evidenziato dallo stress test basso (0,078). I tre siti dominati da *phrygana* di Gávdos formano un cluster abbastanza ben definito, sebbene il sito con maggiore antropizzazione (Gphm2) si discosti maggiormente dagli altri due. Per contro, i siti sull'isola di Creta risultano molto differenziati e anche i tre ambienti forestali (i due di *Quercus* e la pineta) sono molto distanziati tra di loro. La stessa analisi applicata alla matrice delle specie di Carabidae e Tenebrionidae non ha restituito alcun risultato, probabilmente per il numero relativamente basso di specie riscontrate; lo stress test in questo caso è inferiore a 0,001 e pertanto qualsiasi suddivisione non è attendibile.

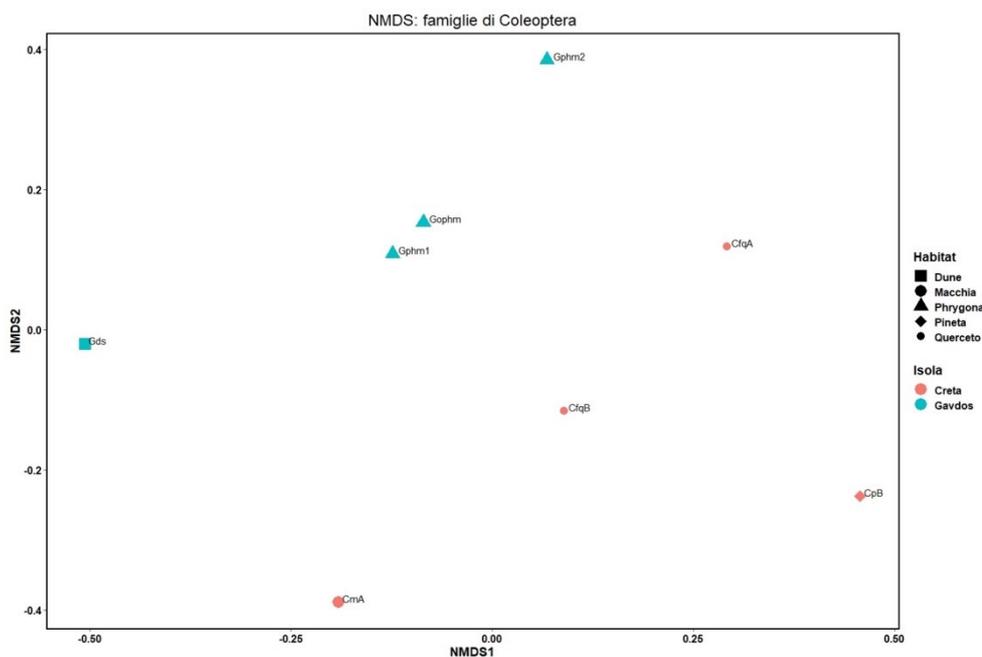


Fig. 3.7 – NMDS delle aree di studio con i dati di densità di attività delle famiglie di coleotteri.

## 4 Discussione

Le prime quattro famiglie di Coleoptera per densità di attività complessiva nei campioni raccolti con trappole a caduta (Fig. 3.3), presenti in tutti o quasi i siti, sono prevalentemente edafiche e coincidono con quelle riscontrate da Trichás (1996). Le densità di attività complessive di Buprestidae, Silvanidae, Histeridae e Cholevidae, benché significative, si devono ad abbondanze locali limitate ad un solo sito, e non trovano corrispondenza nei dati forniti da Trichás (1996). I Curculionidae hanno al contrario fatto registrare una densità di attività minore del previsto. La suddivisione dei siti restituita dall'applicazione della NMDS alla matrice con le densità di attività delle famiglie di coleotteri rispecchia abbastanza bene le differenze tra i tipi di biotopo campionati, benché sia in parte determinata anche dalle differenze faunistiche tra le isole di Creta e Gávdos. L'analisi di un maggior numero di campioni per ciascuna tipologia di biotopo dovrebbe però consentirne una più accurata suddivisione. Trichás (1996) ha infatti individuato alcune peculiarità nella composizione in famiglie di Coleoptera di molti tra i principali tipi di biotopo di Creta (anche se la presenza di famiglie con tendenza all'aggregazione può risultare fuorviante).

Nell'analizzare i dati ottenuti occorre quindi considerare che i campioni esaminati sono in numero ridotto, non esauriscono tutte le principali tipologie di biotopo presenti a Creta e non coprono l'intero arco temporale di massima attività dei coleotteri edafici in quest'area (primavera e autunno). Questo incide sulle misure di densità di attività locali e complessive di ciascuna famiglia (e specie) di Coleoptera, che sono risultate generalmente minori rispetto ai dati di letteratura, e in proporzioni relative diverse.

Le 13 specie (appartenenti a 12 generi) di Carabidae campionate rappresentano soltanto il 5,2% delle 249 specie complessive della fauna di Creta (Arndt, et al. 2011). Le 18 specie (13 generi) rilevate per i Tenebrionidae costituiscono invece il 18,2% delle 99 specie totali nella fauna dell'isola (Anastasiou, Papadopoulou e Trichas 2018; Bolanakis 2021; Fattorini 2002; Fattorini 2008a).

Molte delle specie campionate sono endemiche di Creta: 3 specie (23,1%) di Carabidae e 9 specie (50%) di Tenebrionidae (di cui 2 endemiche soltanto di Gávdos). Come la flora e diversi altri gruppi di invertebrati terrestri, i Tenebrionidae presentano a Creta un considerevole livello di endemismo, anche rispetto ad altre isole mediterranee: 34 specie su 99 (34%) sono endemiche (Bolanakis 2021; Fattorini 2008a). L'elevato endemismo di flora e fauna di Creta è stato messo in relazione con la complessa storia geologica dell'isola e il suo precoce isolamento definitivo da altre terre emerse, antecedente anche al sollevamento delle sue catene montuose (Bolanakis 2021; Fassoulas 2017; Trigas, Panitsa e Tsiftsis 2013). Le specie di Carabidae endemiche di Creta sono invece una quindicina (6-7%) (Arndt, et al. 2011), ed in generale l'Arco Egeo Meridionale non presenta un elevato livello di endemismo per questi coleotteri, principalmente a causa della loro natura idrofila e mesofila (Trichás 1996). Tuttavia anche nei Carabidae alcune specie endemiche sono ampiamente diffuse e in qualche caso abbondanti (Bolanakis 2021; Trichas 1996)).

La bassa densità di attività e il ridotto numero di specie di Carabidae riscontrati in ciascun sito di campionamento non si discostano molto da quanto rilevato per Creta da Trichás (1996) e Kaltsás et al. (2013), soprattutto per i biotopi di *phrygana* costiera e pineta. Valori molto elevati della densità di attività locale dei Carabidae, come quello osservato nel sito CmA, sono stati registrati anche negli studi sopracitati, ad altitudini superiori a 1100 m s.l.m. in biotopi di querceto e di *phrygana*, macchia, arbusteto subalpino sottoposti a pascolamento intenso; in tutti i casi sono legati sostanzialmente all'attività di una specie

soltanto, spesso con preferenze ambientali ampie (e.g. *Cymindis lineata*, *Calathus fuscipes*, *C. oertzeni*, *Calosoma sycophanta*). Gli studi di Trichás (1996) e Kaltsas et al. (2013) hanno evidenziato che per i Carabidae edafici di Creta la densità di attività raggiunge i valori maggiori in autunno, nei biotopi di macchia e foresta a *Quercus coccifera* delle zone collinari e montane, e mantiene valori inferiori ma relativamente elevati e quasi uguali tra loro nelle altre fasce altimetriche e tipologie di biotopo, eccetto che nelle pinete, dove è minima e piuttosto bassa indipendentemente dall'altitudine. Il numero di specie maggiore si registra invece nei biotopi di spiaggia e di *phrygana* costiera soggetta a livelli intermedi di disturbo da pascolamento; tale valore è più che dimezzato nella macchia e nella pineta ed è minimo nei biotopi subalpini. Nelle zone umide Pavlou (2016) segnala un'elevata ricchezza in specie di carabidi, con forti differenze nella composizione tra un sito e l'altro.

Le basse densità di attività dei Tenebrionidae rilevate in quasi tutti i siti di campionamento sono comparabili con i valori registrati da Trichás (1996) sull'isola di Creta per quanto riguarda i biotopi di pineta, macchia montana e querceto, ma decisamente inferiori anche rispetto ad essi per i biotopi di *phrygana* costiera: si osserva un picco di densità di attività locale, cui concorrono più specie, nel sito su dune sabbiose di Gávdos (Gds), ma negli ambienti di *phrygana* e macchia sparsa i valori sono bassi. In questi ambienti anche il numero di specie rilevate è minore che nei dati di letteratura. Una possibile spiegazione risiede nel disturbo antropico di questi ambienti, che si sono sviluppati recentemente su terrazzamenti abbandonati (Gphm1, Gphm2) o sono tuttora sottoposti a pascolamento eccessivo (Gophm). Dalle ricerche di Trichás (1996), si ricava che per i Tenebrionidae edafici di Creta i valori di densità di attività più elevati, benché generalmente dovuti a popolazioni molto abbondanti di due o tre specie soltanto, si concentrano nei biotopi subalpini e montani, soprattutto in primavera, con una tendenza all'aumento dalle basse (1000 m) alle alte quote (1800 m); si registrano poi valori abbastanza elevati nei biotopi costieri di spiaggia sabbiosa e di *phrygana*, decisamente inferiori nella *phrygana* interna e nella macchia rada dalle basse alle medie altitudini, trascurabili nella macchia densa e nelle foreste a *Quercus coccifera*, nulli o quasi nelle pinete. La ricchezza in specie dei Tenebrionidae di Creta è invece massima nei biotopi costieri di spiaggia sabbiosa e di *phrygana*, e diminuisce drasticamente negli altri tipi di biotopo e con l'altitudine.

Una nota a parte merita il biotopo di pineta (CpB), dove la densità di attività dei Carabidae è risultata minima e non sono stati raccolti Tenebrionidae. Numeri molto contenuti per entrambe le famiglie sono stati riscontrati dal NHMC nel corso degli anni in tutte le stazioni di campionamento nelle pinete di Creta, popolate soprattutto da Formicidae e Diplopoda, ma raramente in altre regioni della Grecia. Questi dati sembrano essere legati alla maggiore produzione di terpeni e terpenoidi che caratterizza i pini cretesi rispetto a quelli delle regioni settentrionali, che sarebbe alla base della inusuale scarsità della fauna edafica nella lettiera delle pinete di Creta (Trichás, comunicazione personale 2022). Le specie di Carabidae che nel presente studio sono risultate più abbondanti, sia complessivamente che per ciascuna tipologia di biotopo, coincidono con quelle indicate come tali in altri studi nella stessa area, o sono incluse tra esse (si veda Appendice 4) (Kaltsas, et al. 2013; Pavlou 2016; Trichás 1996). Per i Tenebrionidae si riscontrano invece delle differenze rispetto ai dati ottenuti da Trichás (1996) per l'isola di Creta, in particolar modo nei biotopi di dune sabbiose e *phrygana* costiera; queste differenze si devono in gran parte alla diversa composizione in specie dei tenebrionidi di Creta e di Gávdos.

Per quanto riguarda la corologia delle specie, i dati ottenuti dall'analisi dei campioni sono sostanzialmente concordi con gli andamenti generali descritti in letteratura (Pavlou 2016;

Trichás 1996). Per i Carabidae Creta rappresenta la regione più a sud-est e più a sud-ovest della distribuzione di molte specie rispettivamente greche, balcaniche o europee (ad es. *Calathus fuscipes latus*), e dell'Anatolia o del Vicino oriente, che spesso sono assenti per ragioni ecologiche dalle isole intermedie minori, più aride (Kythira, Kárpáthos, ecc.); l'influenza dell'Egeo da nord è invece minima. Anche per i Tenebrionidae Creta rappresenta il limite di distribuzione sud-occidentale di molte specie dell'Anatolia o del Vicino oriente (ad es. *Apentanodes globosus*), ma a differenza di quanto osservato per i Carabidae, Creta costituisce anche il limite meridionale di alcune specie di Tenebrionidae dell'Egeo settentrionale e delle Cicladi (es. *Erodus orientalis oblongus* Solier, 1834), mentre quasi del tutto assenti sono specie che abbiano colonizzato Creta da nord-ovest, attraverso il Peloponneso. In estrema sintesi, i corotipi più rappresentati in termini di specie sono per i Carabidae quelli "mediterranei" – euro-mediterraneo e mediterraneo – che sono ad ampia distribuzione, mentre per i Tenebrionidae soprattutto quelli "orientali" – endemico, mediterraneo orientale, greco, mediterraneo, balcanico, orientale – che hanno quasi tutti una distribuzione ristretta. In termini di numero di individui, il corotipo maggiormente rappresentato è invece per entrambe le famiglie di coleotteri quello endemico, infatti tutte le specie endemiche di Carabidae e di Tenebrionidae dominano sull'isola entro la relativa famiglia, in termini di abbondanza e densità di attività. Nei carabidi le specie endemiche sono euritopiche (*Carabus banonii*, *Tapinopterus creticus*) o mostrano preferenza per i biotopi montani (*Zabrus oertzeni*, *Calathus oertzeni*); nei tenebrionidi le specie endemiche sono invece quasi tutte adattate soltanto ad ambienti xerici, di spiaggia sabbiosa e/o di *phrygana* e/o subalpini. Alcune specie endemiche cretesi di Carabidae e tutte quelle di Tenebrionidae sono differenziate a livello di sottospecie nelle tre catene montuose principali dell'isola e in alcune isolette satelliti, mentre sono prive di forme correlate nelle altre isole dell'Arco Egeo Meridionale e nelle aree circostanti (Trichás 1996).

Rispetto all'utilizzo di Carabidae e Tenebrionidae come indicatori delle varie tipologie di habitat, considerato il numero ridotto di campioni in riferimento alle diverse tipologie di biotopo, i dati rilevati sono solo preliminari. Da essi emerge comunque la necessità di sfruttare entrambi i taxa, i cui popolamenti presentano caratteristiche diverse nei principali tipi di habitat. Per esempio, i Carabidae sono più abbondanti in ambienti forestali, mentre i Tenebrionidae in ambienti costieri, di duna e di *phrygana*. Quindi l'impiego di entrambi i taxa permette di disporre di un paniere sufficientemente ampio di specie in tutte le tipologie di biotopo che sono state considerate. Tuttavia, occorre sottolineare come anche utilizzando le densità di attività delle specie di Carabidae e Tenebrionidae congiuntamente, mediante analisi esplorativa (NMDS) non sia stato possibile caratterizzare efficacemente i diversi tipi di biotopo. Questo potrebbe essere dovuto al fatto che i campioni studiati non coprono tutto l'arco dell'anno e soprattutto in alcuni casi mancano campioni per i periodi di maggiore attività dei due taxa. Occorre valutare con ulteriori studi se ampliando il periodo di permanenza delle trappole oppure concentrandolo nei mesi di maggiore attività si riescano a caratterizzare meglio le varie tipologie di habitat. In alternativa potrebbe essere utile ampliare il set di indicatori, in modo da includere altri taxa raccolti con la stessa tipologia di trappola e con abbondanze sufficientemente elevate (e.g. Coleoptera Staphylinidae). Permane tuttavia il problema che per molte di queste famiglie il riconoscimento a livello di specie è decisamente più complesso e implica conoscenze specialistiche non sempre disponibili. Anche per gli stessi Tenebrionidae non esiste ad oggi una *checklist* della fauna di Creta o greca, né tantomeno chiavi identificative o manuali che forniscano informazioni sulla loro ecologia.



## Bibliografia

- Anastasiou, Ioannis, Anna Papadopoulou, e Apostolis Trichas. 2018. «Tenebrionid Beetles of the Aegean Archipelago: Historical Review, Current Knowledge and Future Directions.» In *Biogeography and Biodiversity of the Aegean. In Honour of Prof. Moysis Mylonas*, a cura di Spyros Sfenthourakis, Panayiotis Pafilis, Aristeidis Parmakelis, Nikos Poulakakis e Kostas A. Triantis, 151-167. Nicosia: Broken Hill Publishers Ltd.
- Arndt, Erik, Peer Schnitter, Spyros Sfenthourakis, e David W. Wrase, a cura di. 2011. *Ground Beetles (Carabidae) of Greece*. Sofia-Mosca: Pensoft Publishers.
- ARPA Piemonte. 2002. *Tecniche di Biomonitoraggio della Qualità del Suolo*. A cura di Pierangela Angelini, Stefano Fenoglio, Marco Isaia, Carlo Jacomini, Massimo Migliorini e Angelo Morisi. Pinerolo, TO: ARPA Piemonte.
- Assing, Volker. 2019. «Monograph of the Staphylinidae of Crete (Greece). Part I. Diversity and Endemism (Insecta: Coleoptera).» *Contributions to Entomology = Beiträge zur Entomologie* 69 (2): 197-239. DOI <https://doi.org/10.21248/contrib.entomol.69.2.197-239>.
- Audisio, Paolo. s.d. *Fauna Europaea: Carabidae e Tenebrionidae. Fauna Europaea version 2017.6*. Consultato il giorno Dicembre 20, 2014. <https://fauna-eu.org>.
- Audisio, Paolo, e Miguel A. Alonso-Zarazaga. s.d. *Fauna Europaea: Coleoptera. Fauna Europaea version 2017.06*. Consultato il giorno Dicembre 20, 2014. <https://fauna-eu.org>.
- Bánki, Olaf, Yury Roskov, Markus Döring, Geoff Ower, Leen Vandepitte, Donald Hobern, David Remsen, et al. 2022. *Catalogue of Life Checklist (Version 2022-09-25)*. *Catalogue of Life*. 25 09. Consultato il giorno Ottobre 4, 2022. <https://doi.org/10.48580/dfqc>.
- Benisch, Christoph. 2007-2022. *Kerbtier.de, Beetle Fauna of Germany*. Consultato il giorno Dicembre 20, 2014. <https://www.kerbtier.de>.
- Blondel, Jacques, James Aronson, Jean-Yves Bodiou, e Gilles Boeuf. 2010. *The Mediterranean Region: Biological Diversity in Space and Time*. Seconda edizione. New York: Oxford University Press.
- Bolanakis, Giannis. 2021. «Analysis of Endemism of the Terrestrial Arthropod Fauna of Crete (EL).» Iràklion: M.Sc. Thesis, University of Crete, Natural History Museum of Crete.
- Bosmans, Robert, Johan Van Keer, Anthony Russell-Smith, Torbjörn Kronestedt, Mark Alderweireldt, Jan Bosselaers, e Herman De Koninck. 2013. «Spiders of Crete (Araneae). A catalogue of all Currently Known Species from the Greek Island of Crete.» *Newsletter of the Belgian Arachnological Society* 28 (suppl. 1): 1-147.
- Brandmayr, Pietro, Tullia Zetto, e Roberto Pizzolotto. 2005. *I Coleotteri Carabidi per la Valutazione Ambientale e la Conservazione della Biodiversità*. Roma: APAT - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici.
- Brown, Grant R., e Iain M. Matthews. 2016. «A Review of Extensive Variation in the Design of Pitfall Traps and a Proposal for a Standard Pitfall Trap Design for Monitoring Ground-active arthropod Biodiversity.» *Ecology and Evolution* 6 (12): 3953-3964. DOI <https://doi.org/10.1002/ece3.2176>.
- Brun, G. 1970. «Cycle biologique de *Pimelia bipunctata* (Col. tenebrionidae) dans les dunes du littoral provencal et languedochen.» *Annales de la Société entomologique de France* (Société entomologique de France) 6 (3): 655-671.
- Brun, G. 1975. «Recherches sur l'ecologie de *Pimelia bipunctata* (Col. Tenebrionide) des dunes du littoral de Camargue.» *Bulletin d'Ecologie* (Société d'écologie) 6: 99-115.
- Chatzaki, Maria. 2003. «Ground Spiders of Crete (Araneae: Gnaphosidae): Taxonomy, Ecology and Biogeography.» PhD Thesis, University of Crete.
- Chinery, Michael. (1986) 1993. *Collins Guide to the Insects of Britain and Western Europe*. Londra: HarperCollins Publishers. Ristampa, Saint-Helier: Domino Books Ltd.

- . 2010. *Guida degli Insetti d'Europa. Atlante Illustrato a Colori*. Edizione aggiornata e rinnovata nel 1998. A cura di Anna De Marinis. Traduzione di Claudio Manicastro e Carla Marangoni. Roma: Franco Muzzio Editore.
- Choate, Paul M. 2003. «Dichotomous Keys to Some Families of Florida Coleoptera. Introduction to the Identification of Beetles (Coleoptera).» *Introduction to the Identification of Insects And Related Arthropods*. University of Florida Entomology/Nematology Department. Consultato il giorno Dicembre 20, 2014. <https://entnemdept.ufl.edu/choate/beetles1a.pdf>.
- Dal Cortivo, Marialuisa, Monica Sommacal, e Enzo Gatti. 2021. *Chiave dicotomica alle famiglie dei Coleotteri della fauna d'Italia - Key to the families of Coleoptera of the Italian fauna*. Belluno: Raggruppamento Carabinieri Biodiversità, Reparto Carabinieri Biodiversità Belluno. Edizioni DBS.
- de Jong, Yde S. D. M. s.d. *Fauna Europaea version 2.6*. Consultato il giorno Dicembre 20, 2014. <http://www.faunaeur.org>.
- de los Santos, Antonio, Carlos Montes, Luis Ramirez Diaz, e Luis Ramirez Diaz. 1988. «Life Histories of Some Darkling Beetles (Coleoptera: Tenebrionidae) in Two Mediterranean Ecosystems in the Lower Guadalquivir (Southwest Spain).» *Environmental Entomology* 17 (5): 799-614. DOI: <https://doi.org/10.1093/ee/17.5.799>.
- Español y Coll, Francesc. 1984. *Tenebrionidae of the Pityusic Islands (Coleoptera: Heteromera)*. Vol. Monographiae Biologicae vol. 52, in *Biogeography and Ecology of the Pityusic Islands*, a cura di Heinrich Manfred Kuhbier, Josep Antoni Alcover e Cristòfol Guerau d'Arellano Tur, 265-285 DOI [https://doi.org/10.1007/978-94-009-6539-3\\_13](https://doi.org/10.1007/978-94-009-6539-3_13). The Hague: Dr W. Junk Publishers.
- s.d. *European Carabidae*. Consultato il giorno Dicembre 20, 2014. <http://www.eurocarabidae.de>.
- Fassoulas, Charalampos. 2017. «The Geological Setting of Crete: an Overview.» In *Minoan Earthquakes: Breaking the Myth through Interdisciplinarity*, a cura di Simon Jusseret e Manuel Sintubin, 135-163. Lovanio: Leuven University Press.
- Fattorini, Simone. 2008b. «7 Ecology and conservation of tenebrionid beetles in Mediterranean coastal areas.» In *Insect Ecology and Conservation*, a cura di Simone Fattorini, 165-297. Trivandrum: Research Signpost.
- Fattorini, Simone. 2008b. «7 Ecology and conservation of tenebrionid beetles in Mediterranean coastal areas.» In *Insect Ecology and Conservation*, a cura di Simone Fattorini, 165-297. Trivandrum: Research Signpost.
- Fattorini, Simone. 2008a. «A Multidimensional Characterization of Rarity Applied to the Aegean Tenebrionid Beetles (Coleoptera Tenebrionidae).» *Journal of Insect Conservation* 12: 251-263. DOI 10.1007/s10841-007-9080-y.
- Fattorini, Simone. 2002. «Biogeography of the Tenebrionid Beetles (Coleoptera, Tenebrionidae) on the Aegean Islands (Greece).» *Journal of Biogeography* (29): 49-67.
- Fattorini, Simone, e Glauco Di Stefano. 2004. «Osservazioni biogeografiche ed eco-etologiche su *Pimelia bipunctata* in Italia (Coleoptera, Tenebrionidae).» *Bollettino Associazione Romana di Entomologia* 59: 23-.
- Fattorini, Simone, e Luca Salvati. 2014. «Tenebrionid beetles as Proxy Indicators of Climate Aridity in a Mediterranean area.» *Ecological Indicators* 38: 256-261. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.11.019>.
- 2009-2022. *Forum Entomologi Italiani*. Consultato il giorno Dicembre 20, 2014. <http://www.entomologiitaliani.net/forum>.
- Friedman, Ariel-Leib-Leonid, e Amir Sagiv. 2010. «Review of the Genus *Brachycerus* Olivier in Israel (Coleoptera: Curculionoidea: Brachyceridae: Brachycerinae).» *Israel Journal of Entomology* 40: 25-70.
- GBIF.org. 2022. *GBIF Home Page*. Consultato il giorno Ottobre 4, 2022. <https://www.gbif.org>.
- Germann, Christoph, Friedhelm Bahr, Carlo Braunert, e Andreas Link. s.d. *Die Rüsselkäfer Griechenlands. Katalog der Curculionoidea Griechenlands (Coleoptera)*. - *Le Charançon*.

- Catalogues & Keys No. 3*. Curculio-Institute: Mönchengladbach. Consultato il giorno Dicembre 20, 2014.
- Grimaldi, David, e Michael S. Engel. 2005. *Evolution of the Insects*. Cambridge University Press.
- Gullan, Penny G., e Peter S. Cranston. 2014. *The Insects: An Outline of Entomology*. Quinta edizione. Chichester: Wiley Blackwell.
- Hackston, Mike. 2013. «Family Carabidae. Key to Genus after Lindroth (1974) Adapted by Mike Hackston (2013).» *Mike's Insect Keys*. Consultato il giorno Dicembre 20, 2014. <https://sites.google.com/view/mikes-insect-keys/mikes-insect-keys/keys-for-the-identification-of-british-beetles-coleoptera/keys-for-the-identification-of-british-carabidae>.
- . 2014. «Family Chrysomelidae. Key to subfamilies found in the British Isles, adapted from Joy (1932).» *Mike's Insect Keys*. Consultato il giorno Dicembre 20, 2014. <https://sites.google.com/view/mikes-insect-keys/mikes-insect-keys/keys-for-the-identification-of-british-beetles-coleoptera/keys-for-the-identification-of-british-chrysomelidae>.
- Harde, Karl Wilhelm, e F. Severa. 1984. *A Field Guide in Colour to Beetles*. A cura di Peter M. Hammond. Traduzione di Margot Schierlová. Londra: Octopus Books Limited.
- Hohbein, Rhianna R., e Courtney J. Conway. 2018. «Pitfall Traps: A Review of Methods for Estimating Arthropod Abundance.» *Wildlife Society Bulletin* 42 (4): 597-606. DOI <https://doi.org/10.1002/wsb.928>.
- Iannuzzi, Luciana, Carolina Nunes Liberal, Thamyras Bezerra de Souza, Thais Giovannini Pellegrini, Janaina Camara Siqueira da Cunha, Ricardo Koroiva, Larissa Simões Corrêa de Albuquerque, Fábio Correia Costa, Renato Portela Salomão, Artur Campos Dália Maia, e Fernando Willyan Trevisan Leivas. 2021. «Sampling Methods for Beetles (Coleoptera).» In *Measuring Arthropod Biodiversity. A Handbook of Sampling Methods*, a cura di Jean Carlos Santos e Geraldo Wilson Fernandes, 125-185. DOI [https://doi.org/10.1007/978-3-030-53226-0\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-53226-0_6). Cham: Springer.
- Iowa State University Department of Entomology. 2003-2022. *BugGuide*. Consultato il giorno Dicembre 20, 2014. <https://bugguide.net>.
- Kaltsàs, Dimitris. 2010. «Comparative Study of the Community Structure of Coleoptera in Mediterranean Type Ecosystems in the Eastern Mediterranean (EL).» Iràklion: Ph.D. Thesis, University of Crete.
- Kaltsas, Dimitris, Apostolos Trichas, Kostas Kougioumoutzis, e Maria Chatzaki. 2013. «Ground beetles respond to grazing at assemblage level, rather than species-specifically: the case of Cretan shrublands.» *J Insect Conserv* 17: 681-697. DOI <https://doi.org/10.1007/s10841-013-9553-0>.
- Kotitsa, Nefeli, Apostolos Trichas, e Moysis Mylonas. 2019. «An ecological and biogeographical approach to the geobiontic orthopteran fauna of Crete.» *Proceedings of the International Congress on the Zoogeography and Ecology of Greece and Adjacent Regions*. Salonicco. 87.
- Koutroulis, Aristeidis G., Aggeliki-Eleni K. Vrohidou, e Ioannis K. Tsanis. 2011. «Spatiotemporal Characteristics of Meteorological Drought for the Island of Crete.» *Journal of Hydrometeorology* 12 (2): 206-226. <https://doi.org/10.1175/2010JHM1252.1>.
- Löbl, Ivan, e Ales Smetana, a cura di. 2011. *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*. Vol. 7 Curculionoidea. Stenstrup: Apollo Books.
- Löbl, Ivan, e Ales Smetana, a cura di. 2010. *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*. Vol. 6 Chrysomeloidea. Stenstrup: Apollo Books.
- Löbl, Ivan, e Ales Smetana, a cura di. 2008. *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*. Vol. 5 Tenebrionoidea. Stenstrup: Apollo Books.
- Löbl, Ivan, e Ales Smetana, a cura di. 2007. *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*. Vol. 4 Elateroidea - Derodontoidea - Bostrichoidea - Lymexyloidea - Cleroidea - Cucujoidea. Stenstrup: Apollo Books.
- Löbl, Ivan, e Ales Smetana, a cura di. 2006. *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*. Vol. 3 Scarabaeoidea - Scirtoidea - Dascilloidea - Buprestoidea - Byrrhoidea. Stenstrup: Apollo Books.

- Löbl, Ivan, e Ales Smetana, a cura di. 2004. *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*. Vol. 2 Hydrophiloidea - Histeroidea - Staphyloidea. Stenstrup: Apollo Books.
- Löbl, Ivan, e Ales Smetana, a cura di. 2003. *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*. Vol. 1 Archostemata - Myxophaga - Adephaga. Stenstrup: Apollo Books.
- Lompe, Avred. 2002. *Die Käfer Europas. Ein Bestimmungswerk im Internet*. Consultato il giorno Dicembre 20, 2014. <http://www.coleo-net.de>.
- Lymberakis, Petros, Panayiotis Pafilis, Konstantinos Sotiropoulos, Efstratios D. Valakos, e Nikos Poulakakis. 2018. «Amphibians and Reptiles of the Aegean Sea.» In *Biogeography and Biodiversity of the Aegean* *Biogeography and Biodiversity of the Aegean: in honour of Prof. Moysis Mylonas*, a cura di Spyros Sfenthourakis, Panayiotis Pafilis, Aristeidis Parmakelis, Nikos Poulakakis e Kostas A. Triantis, 169-189. Nicosia: Broken Hill Publishers Ltd.
- Matthews, Eric G., John F. Lawrence, Patrice Bouchard, Warren E. Steiner, e Adam Ślipiński. 2011. «11.14. Tenebrionidae Latreille, 1802.» In *Volume 2 Morphology and Systematics (Elateroidea, Bostrichiformia, Cucujiformia partim)*, a cura di Willy Kükenthal, Richard A. B. Leschen, Rolf G. Beutel e John F. Lawrence, 574-659 DOI: <https://doi.org/10.1515/9783110911213.574>. Berlino, New York: De Gruyter.
- Médail, Frédéric. 2017. «The Specific Vulnerability of Plant Biodiversity and Vegetation on Mediterranean Islands in the Face of Global Change.» *Regional Environmental Change* 17: 1775-1790. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1123-7>.
- Médail, Frédéric, e Pierre Quézel. 1999. «Biodiversity Hotspots in the Mediterranean Basin: Setting Global Conservation Priorities.» *Conservation Biology* 13 (6): 1510-1513. <https://www.jstor.org/stable/2641976>.
- Meulenkamp, Johan E., Gijsbert J. van der Zwaan, e W. A. van Wamel. 1994. «On Late Miocene to Recent Vertical Motions in the Cretan Segment of the Hellenic Arc.» *Tectonophysics* 234 (1-2): 53-72.
- Monteith, Geoffrey B., e Ross I. Storey. 2013. «A Review of the Onthophagus posticus-group (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) of Australian Dung Beetles with Five New Species.» *Memoirs of the Queensland Museum - Nature* 58: 55-72. <https://doi.org/10.17082/j.2204-1478.58.2013.2013-08>.
- Natural History Museum of Crete, University of Crete. s.d. *Arthropods*. Consultato il giorno Dicembre 20, 2014. <https://www.nhmc.uoc.gr/en/museum/photo-archive/selection/images/groups/9637>.
- Oksanen, Jari, F. Guillaume Blanchet, Michael Friendly, Roeland Kindt, Pierre Legendre, e Dan McGlinn. 2022. «Package "Vegan".» Consultato il giorno Ottobre 10, 2022. <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf>.
- Pamperis, Lazaros N. 2010. *The Butterflies of Greece*. Seconda edizione. Athens: Editions Pamperis.
- Paulian, Renaud, e Jacques Baraud. 1982. *Encyclopédie Entomologique XLIII - Faune des Coléoptères de France*. Vol. II - Lucanoidea et Scarabaeoidea . Parigi: Éditions Lechevalier S.A.R.L.
- Pavlou, Christóphoros. 2016. «Study of the Biodiversity of the Carabidae Family (Coleoptera, Insecta) in Wetland Ecosystems of Crete.» Iràklion: M.Sc. Thesis, University of Crete.
- Rackham, Oliver, e Jennifer Moody. 1996. *The making of the Cretan Landscape*. Manchester e New York: Manchester University Press.
- Sabatinelli, Guido. 1981. «Le Oxythyrea Muls. del Mediterraneo: Studi Morfologici Sistematici (Coleoptera, Scarabaeoidea).» *Fragmenta Entomologica* 16 (1): 45-60.
- Salata, Sebastian, Lech Borowiec, e Apostolos Trichas. 2020. «Review of Ants (Hymenoptera: Formicidae) of Crete, with Keys to Species Determination and Zoogeographical Remarks.» *Monographs of the Upper Silesian Museum* 12 (April): 5-296.
- Schmalfuss, Helmut, Kaloust Paragamian, e Spyros Sfenthourakis. 2004. «The Terrestrial Isopods (Isopoda: Oniscidea) od Crete and the Surrounding Islands.» *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde. Serie A (Biologie)* (662): 1-74.

- Shaw, Peter J. A. 2003. *Multivariate Statistics for the Environmental Sciences*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Simaiakis, Stylianos, Alessandro Minelli, e Moysis Mylonas. 2004. «The Centipede Fauna (Chilopoda) of Crete and its Satellite Islands (Greece, Eastern Mediterranean).» *Israel Journal of Ecology and Evolution* (Brill) 50 (4): 367-418. DOI <https://doi.org/10.1560/HBE1-QJER-YDKF-BD8Q>.
- Sommaggio, Daniele, e Maurizio G. Paoletti. 2018. *Gli Invertebrati come Bioindicatori di un Paesaggio Sostenibile*. Padova: Libreriauniversitaria.it.
- Townsend, Lee. s.d. «ENTfact-017: Recognizing Insect Larval Types.» *Entomology - College of Agriculture, Food and Environment - University of Kentucky*. Consultato il giorno Ottobre 13, 2014. <http://entomology.ca.uky.edu/ef017>.
- Trautner, Jürgen, e Katrin Geigenmüller. 1987. *Tiger Beetles, Ground Beetles. Illustrated Key to the Cicindelidae and Carabidae of Europe*. Aichtal: Josef Margraf.
- Trichás, Apostólis. 1996. «Ecology and Biogeography of the ground coleoptera in the South Aegean (EL).» Iràklion: Ph.D. Dissertation, University of Crete.
- Trichàs, Apostólis. 1996. «Ecology and Biogeography of the ground coleoptera in the South Aegean (EL).» Iràklion: Ph.D. Dissertation, University of Crete.
- Trigas, Panayiotis, Maria Panitsa, e Spyros Tsiftsis. 2013. «Elevational Gradient of Vascular Plant Species Richness and Endemism in Crete – The Effect of Post-Isolation Mountain Uplift on a Continental Island System.» *PLoS ONE* 8 (3): e59425. DOI 10.1371/journal.pone.0059425.
- van der Geer, Alexandra, George Lyras, e John de Vos. 2021. «Crete.» In *Evolution of Island Mammals: Adaptation and Extinction of Placental Mammals on Islands*, di Alexandra van der Geer, George Lyras e John de Vos, 56-81. Wiley-Blackwell.
- van Hinsbergen, Douwe J. J., e Johan E. Meulenkamp. 2006. «Neogene Supradetachment Basin Development on Crete (Greece) During Exhumation of the South Aegean Core Complex.» *Basin Research* 18 (1): 103-124. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2117.2005.00282.x>.
- Vardinoyannis, Katerina. 1994. *Biogeography of Land Snails in the South Aegean Island Arc*. PhD Thesis, University of Athens.
- Vitali, Francesco, e Thomas Schmitt. 2017. «Ecological Patterns Strongly Impact the Biogeography of Western Palaearctic Longhorn Beetles (Coleoptera: Cerambycoidea).» *Organisms Diversity & Evolution* 17: 163-180. DOI 10.1007/s13127-016-0290-6.
- Vogiatzakis, Ioannis N., e Oliver Rackham. 2008. «Crete.» In *Mediterranean Island Landscapes: Natural and Cultural Approaches*, a cura di Ioannis N. Vogiatzakis, Gloria Pungetti e Antoinette M. Mannion, 245-270. Berlino: Springer.
- Zhang, Zhi-Qiang. 2011. «Phylum Arthropoda von Siebold, 1848 In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness.» *Zootaxa* 3148 (1): 99-103. DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3148.1.14>.
- Ziani, Stefano. 2006. «Remarks on Some Near Eastern Euentophagus Species with the Description of Two New Species from Iran (Insecta Coleoptera Scarabaeidae: Onthophagini).» *Quaderno di Studi e Notizie di Storia Naturale della Romagna* 23: 95-130.



## Appendici

### Appendice 1

Si veda Tab. A 1 (a pagina seguente).

### Appendice 2

Lista (in ordine alfabetico) delle famiglie di Coleoptera presenti a Creta in base ad Audisio e Alonso-Zarazaga (2014), con le più abbondanti in carattere grassetto

Aderidae, Anobiidae, Anthicidae, Anthribidae, Aphodiidae, Apionidae, Bostrichidae, Brachyceridae, Brentidae, **Buprestidae**, Cantharidae, **Carabidae**, **Cerambycidae**, **Cetoniidae**, **Chrysomelidae**, Cleridae, **Coccinellidae**, Corylophidae, Cryptophagidae, **Curculionidae**, Cybocephalidae, **Dasytidae**, Dermestidae, Drilidae, Dryophthoridae, Dynastidae, **Dytiscidae**, Elateridae, Endomychidae, Eirrhinidae, Geotrupidae, Glaphyridae, Haliplidae, Histeridae, Hybosoridae, Hydraenidae, **Hydrophilidae**, Kateretidae, Lampyridae, Latridiidae, Leiodidae, Malachiidae, Meloidae, Melolonthidae, Monotomidae, Mordellidae, Mycetophagidae, Nitidulidae, Oedemeridae, Phalacridae, Ptiliidae, Rhynchitidae, Rutelidae, Scarabaeidae, Scraphiidae, Scydmaenidae, Silphidae, Silvanidae, **Staphylinidae**, **Tenebrionidae**, Trogidae, Zopheridae.

### Appendice 3

Lista (in ordine di abbondanza decrescente) delle specie di Coleoptera più abbondanti a Creta secondo l'Arthropod Lab del NHMC (2014) (in base a Trichás (1996)), con la famiglia di appartenenza.

*Dailognatha quadricollis* (Brulle, 1832) (Tenebrionidae); *Carabus (Procrustes) banonii* Dejean, 1829 (Carabidae); *Dendarus foraminosus* (Kuster, 1851) (Tenebrionidae); *Opatroides punctulatus* Brulle, 1832 (Tenebrionidae); *Ocypus (Pseudocypus) mus* (Brullé, 1832) (Staphylinidae); *Tapinopterus (Tapinopterus) creticus* (I.Frivaldszky von Frivald, 1845) (Carabidae); *Microlestes exilis* Schmidt-Goebel, 1846 (Carabidae); *Dendarus graecus* Brulle, 1832 (Tenebrionidae); *Calathus (Calathus) fuscipes* (Goeze, 1777) (Carabidae); *Calathus (Calathus) oertzeni* Jeanne & F.Battoni, 1987 (Carabidae); *Ocypus (Ocypus) olens* (Müller, O. F., 1764) (Staphylinidae); *Cymindis (Cymindis) lineata* (Quensel, 1806) (Carabidae); *Zophosis punctata* Brulle, 1832 (Tenebrionidae); *Eutagenia minutissima* Pic, 1903, (Tenebrionidae); *Stenosis cretica* Koch, 1940 (Tenebrionidae); *Tentyria rotundata* (Brulle, 1832) (Tenebrionidae); *Pterostichus* sp. (Carabidae); *Quedius (Sauridus) candicus* Coiffait, 1976 (Staphylinidae); *Jekelius (Jekelius) brullei* (Jekel, 1865) (Geotrupidae); *Zabrus oertzeni* Reitter, 1885 (Carabidae); *Quedius tristis* (Gravenhorst, 1802) (Staphylinidae).

Lista delle specie di Carabidae e Tenebrionidae più abbondanti nell'isoletta di Gávdos secondo l'Arthropod Lab del NHMC (2014) (Trichas, comunicazione personale 2014).

**Carabidae:** *Calathus* sp.; *Carabus (Procrustes) banonii* Dejean, 1829; *Tapinopterus (Tapinopterus) creticus* (I.Frivaldszky von Frivald, 1845).

**Tenebrionidae:** *Apentanodes globosus* (Reiche & Saulcy, 1857); *Dailognatha quadricollis* subsp. *plicata* Koch, 1948; *Dendarus maximus* Koch, 1948; *Tentyria sporadica* subsp. *gavdosana* Koch, 1948.

Codice campione	Posizione geografica del sito di raccolta			Altitudine (m s.l.m.)	Biotopo	Periodo di raccolta	Metodo di raccolta	Tipo di campione	Metodo di conservazione
	Località (Prefettura)	Isola	Coordinate geografiche						
Gzu FC 47	torrente Kedrés presso chiesa di Ag. Geórgios (Chaníon)	Gávdos	34° 51' 38" N 24° 04' 28" E	c. 50	zona umida con presenza permanente di acqua; la specie vegetale dominante è <i>Nerium oleander</i> L.	27/07/1996	a mano ( <i>leg. Trichas</i> )	artropodi	alcol (e spillati a secco)
Gphm1 FC 545	presso faro di Gávdos (Chaníon)	Gávdos	34° 50' 19" N 24° 03' 37" E	c. 360	campo abbandonato con terrazzamenti, <i>phrygana</i> con dominanza di <i>Thymbra capitata</i> (L.) Cav. e macchia sparsa ( <i>Pistacia lentiscus</i> , <i>Pinus brutia</i> , <i>Juniperus phoenicea</i> , <i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>macrocarpa</i> )	16/03/1997 - 13/06/1997 (89 giorni)	trappole a caduta ( <i>leg. Paragamian</i> )	coleotteri	alcol
Gds FC 548	spiaggia di Lavrakás (Chaníon)	Gávdos	34° 52' 13" N 24° 04' 21" E	c. 5	dune sabbiose con dominanza di <i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>macrocarpa</i> e sparsi <i>Pistacia lentiscus</i> , <i>Thymbra capitata</i> e <i>Pinus brutia</i>	16/03/1997 - 13/06/1997 (89 giorni)	trappole a caduta ( <i>leg. Paragamian</i> )	coleotteri	alcol
Gophm FC 550	Vatsianá (Chaníon)	Gávdos	34° 48' 56" N 24° 06' 28" E	c. 170	<i>phrygana</i> eccessivamente pascolata con dominanza di <i>Sarcopoterium spinosum</i> (L.) Spach, <i>Thymbra capitata</i> e macchia sparsa ( <i>Pistacia lentiscus</i> , <i>Pinus brutia</i> , <i>Juniperus phoenicea</i> , <i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>macrocarpa</i> )	16/03/1997 - 13/06/1997 (89 giorni)	trappole a caduta ( <i>leg. Paragamian</i> )	coleotteri	alcol
Gphm2 FC 551	presso <i>metóchi</i> ("cascina") abbandonato, tra Vatsianá e Alykí (Chaníon)	Gávdos	34° 48' 36" N 24° 06' 57" E	c. 50	terrazzamenti abbandonati con cespugli di <i>Pinus brutia</i> , <i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>macrocarpa</i> , <i>Juniperus phoenicea</i> , <i>Thymbra capitata</i> e <i>Sarcopoterium spinosum</i>	16/03/1997 - 13/06/1997 (89 giorni)	trappole a caduta ( <i>leg. Paragamian</i> )	coleotteri	alcol
CmA FC 798	Omalós Viánnou (Iraklíou)	Creta	35° 04' 20" N 25° 26' 55" E	c. 1360	macchia al limitare della piana montana	26/03/1999 - 26/05/1999 (61 giorni)	trappole a caduta ( <i>leg. Papadimitrakis</i> )	coleotteri	alcol
CpB FC 1727	Kaló Chorió (Lasithíou)	Creta	35° 06' 18" N 25° 43' 26" E	c. 300	foresta a <i>Pinus brutia</i>	14/03/1990 - 26/09/1990 (196 giorni)	trappole a caduta ( <i>leg. Trichas</i> )	campione completo	alcol (e spillati a secco)
CophA FC 1904	polje di Nida, Monte Ida (Rethymnou)	Creta	35° 12' 17" N 24° 50' 30" E	c. 1350	<i>phrygana</i> subalpina eccessivamente pascolata	31/05/2001	a mano ( <i>leg. Simaiakis</i> )	artropodi	alcol
CfqB FC 2275	Arménoi (Rethymnou)	Creta	35° 18' 35" N 24° 27' 53" E	c. 390	foresta a <i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i> (Kotschy) Hedge & Yalt	26/05/2002 - 30/08/2002 (96 giorni)	trappole a caduta ( <i>leg. Roditakis</i> )	campione completo	alcol
CfqA FC 2278	Askyfou (Chaníon)	Creta	35° 17' 37" N 24° 10' 12" E	c. 850	foresta a <i>Quercus coccifera</i>	26/05/2002 - 31/08/2002 (97 giorni)	trappole a caduta ( <i>leg. Stathi</i> )	campione completo	alcol etilico 75%

**Tab. A 1** – Descrizione dei campioni. In prima colonna per ogni campione sono riportati la sigla assegnata al sito di raccolta (isola: Creta (C), Gávdos (G); biotopo: dune sabbiose (ds), *phrygana* (ph), macchia (m), foresta di quercia (fq), pineta (p), zona umida (zu), *overgrazed* "eccessivamente pascolata" (o); altitudine: 0-400 m (B), 400-1800 m (A)) e il numero identificativo nella collezione del *Natural History Museum of Crete* (FC). "Alcol" sta per alcol etilico 75%.

## Appendice 4

Specie di **Carabidae** più abbondanti nelle principali tipologie di biotopo presenti a Creta (Kaltsas, et al. 2013; Pavlou 2016; Trichás 1996):

- Nei biotopi di spiaggia sabbiosa e di *phrygana* costiera, sia in primavera che in autunno, le specie più abbondanti sono *Carabus (Procrustes) banonii*, *Tapinopterus (Tapinopterus) creticus*, *Zabrus (Pelor) graecus* Dejean, 1828, *Calathus (Calathus) oertzeni* e *Microlestes exilis*, mesofile e comuni anche in altri tipi di biotopo; sulle spiagge delle coste orientali sono presenti anche specie meno abbondanti e prettamente xerofile e/o psammofile, come *Platytarus faminii* (Dejean, 1826), *Licinus (Licinus) aegyptiacus* Dejean, 1826, *Dixus eremita* (Dejean, 1825), *Cymindis (Cymindis) lineata*, *Bembidion* spp., che non sono state osservate sulle coste occidentali.
- Nei biotopi di *phrygana* e di *phrygana* con macchia rada, da bassa quota fino alle aree montane (1100-1200 m s.l.m.) e subalpine (1500-1900 m s.l.m.), le specie dominanti sono *Carabus (Procrustes) banonii* e *Tapinopterus (Tapinopterus) creticus*; abbondanti sono anche *Zabrus (Pelor) oertzeni* Reitter, 1885 (che sostituisce *Zabrus (Pelor) graecus* negli ambienti montani, con una sottospecie montana diversa in ciascuna delle tre principali catene montuose di Creta), *Calathus (Calathus) fuscipes* e *Calathus (Calathus) oertzeni* (specie compatibili che non sembrano essere in competizione), *Harpalus (Harpalus) honestus* (Duftschmid, 1812), *Pterostichus* spp.; abbondanti ma localmente sono *Trechus* spp., *Cymindis (Cymindis) lineata*, *Dixus obscurus* (Dejean, 1825), *Olisthopus fuscatus* Dejean, 1828.
- Nei biotopi di macchia densa e di foresta a *Quercus coccifera* le specie più abbondanti sono *Carabus (Procrustes) banonii*, *Calathus (Calathus) fuscipes*, *Microlestes exilis*, *Microlestes maurus* (Sturm, 1827), *Tapinopterus (Tapinopterus) creticus*, *Ditomis calydonius* (P. Rossi, 1790), *Trechus* spp. e *Amara* spp; abbondanti ma localmente sono *Calosoma (Calosoma) sycophanta* (Linnaeus, 1758) e *Calosoma (Calosoma) inquisitor* (Linnaeus, 1758).
- Nei biotopi di pineta le specie più abbondanti sono *Carabus (Procrustes) banonii* e *Tapinopterus (Tapinopterus) creticus*, entrambe endemiche dell'isola; abbondanti localmente sono *Microlestes exilis*, *Calathus (Calathus) fuscipes*, *Cymindis (Cymindis) lineata*, *Leistus (Pogonophorus) spinibarbis* (Fabricius, 1775), e *Pterostichus* spp. (Trichás 1996).
- Nelle zone umide le specie presenti con il maggior numero di individui sono *Agonum (Olisares) viridicupreum* (Goeze, 1777), *Agonum (Olisares) permolestum* Puel, 1938 e *Poecilus (Poecilus) cupreus* (Linnaeus, 1758); occorre tuttavia ricordare che vi è una forte differenza tra i *taxa* presenti in ciascuna zona umida e alcuni di essi sono presenti soltanto in uno o pochi di questi biotopi, mentre i *taxa* comuni sono pochi (*Carabus (Procrustes) banonii* è la specie più comune, ma a differenza di quanto accade negli altri tipi di biotopo, nelle zone umide è presente con un numero di individui ridotto). Nelle zone umide si osserva in generale una buona uniformità nella distribuzione delle abbondanze relative delle specie (*evenness*; maggiore che nei biotopi di *phrygana* indagati da Kaltsas et al. (2013), dove poche specie si presentano con un elevato numero di individui), con possibili eccezioni legate soprattutto alla presenza di un disturbo, che porta alla dominanza di una o poche specie (Pavlou 2016). Nelle zone umide costiere predominano *taxa* di carabidi idrofili e mesofili,

mentre in quelle montane sono più numerosi i *taxa* xerofili; inoltre, molti dei *taxa* delle zone umide costiere sono alofili (Pavlou 2016).

Specie di **Tenebrionidae** più abbondanti nelle principali tipologie di biotopo presenti a Creta (Trichás 1996):

- Nei biotopi di spiaggia puramente sabbiosa predominano *Tentyria rotundata*, *Dichomma dardanum* (Steven, 1829), *Erodus orientalis* Brulle, 1832 ed *Eutagenia minutissima*; nella vegetazione a *phrygana* costiera sono invece più abbondanti *Dailognatha quadricollis*, *Zophosis punctata*, *Pedinus olivieri* Mulsant & Rey, 1853 e *Dendarus foraminosus*. *Stenosis cretica*, *Gunarus lapidicola* Küster, 1850, *Scleron multistriatum* (Forskl, 1775), e *Opatroides punctulatus* sono abbondanti ma localmente, mentre *Pachyscelis quadricollis* Brulle, 1832, *Raiboscelis corvinus* (Kuster, 1851) e *Cephalostenus orbicollis* Menetries, 1836 sono comuni ma formano piccole popolazioni. Rare sono *Apentanodes globosus* (Reiche & Saulcy, 1857), una specie psammofila che è invece molto abbondante sulle spiagge sabbiose di Gavdos, *Dailognatha cylindritarsis* Koch, 1948, una specie endemica cretese relativamente comune a Gavdos, *Akis elongata* Brulle, 1832, *Trachyderma lima* (Petagna, 1819), e altre due specie endemiche cretesi, *Pimelia minos* Lucas, 1853, e *P. sericella* Solier, 1836.
- Nei biotopi subalpini delle Lefka Ori e di Psiloreitis dominano *Dailognatha quadricollis* e *Dendarus foraminosus*, specie endemiche cretesi che presentano sottospecie locali differenziate nelle catene montuose maggiori dell'isola. Anche *Dendarus graecus* è un endemismo montano comune a Creta, e la sua densità di attività è massima ad altitudini inferiori rispetto a quella di *D. foraminosus* (1200 m e 1800 m, rispettivamente).
- I pochi individui campionati nelle pinete e nelle foreste a *Quercus coccifera* appartengono a due tipi di specie: a) specie comuni e abbondanti nei biotopi di *phrygana* adiacenti (*Dailognatha quadricollis* e *Dendarus graecus*); b) specie presenti esclusivamente in questi biotopi (*Helops glabriventris jelineki* Picka, 1984, *Probaticus mori* (Brulle, 1832) e *P. euboicus* (Reitter, 1885)).

Riassumendo, considerata l'importanza della tipologia di suolo e della struttura e composizione della copertura vegetale (soprattutto relativamente alla disponibilità di sostanza vegetale in decomposizione) nella distribuzione spaziale delle specie di questi coleotteri (sia larve che adulti), in base alle loro preferenze ecologiche i tenebrionidi edafici di Creta possono essere suddivisi in: 1) specie stenotopiche, strettamente psammofile, che vivono nelle dune e spiagge sabbiose (ad es. *Dichomma dardanum*, *Erodus orientalis*); 2) specie geofile, associate ad habitat con suoli compatti (argillosi o siltosi), come quelli con vegetazione a *phrygana*, macchia o foresta di quercia (ad es. *Dailognatha quadricollis*); 3) specie euritopiche psammofile e geofile, associate alle dune sabbiose, alla *phrygana* e alla macchia (ad es. *Tentyria rotundata*, *Zophosis punctata*) (Anastasíou, Papadopúlou e Trichás 2018).

## Appendice 5

**Tab. A 2** – Principali corotipi della fauna di Carabidae e Tenebrionidae di Creta e loro definizione geografica. Per ciascun corotipo vengono fornite le percentuali con cui esso partecipa alla fauna dell'una e dell'altra famiglia di coleotteri, con alcuni esempi di specie significative (Trichás 1996).

Carabidae	Tenebrionidae
<p><u>Specie euro-mediterranee (EuMe):</u> specie (generalmente) termofile, ad ampia distribuzione, con limite a nord nell'Europa centrale o talvolta settentrionale, frequenti e abbondanti nell'Europa meridionale e nelle isole mediterranee, abbastanza comuni ma localmente in alcune zone dell'Africa settentrionale, generalmente limitate ad est all'Anatolia;</p>	
<p>sono presenti con una percentuale importante (ca. 20%) nella fauna di Carabidae di Creta ed i loro areali di distribuzione ne testimoniano la grande adattabilità ecologica: molte di queste specie sono infatti state segnalate a Creta sia a bassa che ad alta quota, e perfino in ambiente di spiaggia, tuttavia sembrano essere presenti in piccola percentuale o assenti dagli isolotti di Creta; alcuni esempi significativi sono <i>Calathus mollis mollis</i> (Marsham, 1802), una paio di sottospecie di <i>Agonum</i> (<i>Agonum</i>) <i>marginatum</i> (Linnaeus, 1758), <i>Acupalpus</i> (<i>Acupalpus</i>) <i>brunnipes</i> (Sturm, 1825), <i>Harpalus</i> (<i>Harpalus</i>) <i>attenuatus</i> Stephens, 1828 e <i>Harpalus</i> (<i>Cryptophonus</i>) <i>tenebrosus</i> Dejean, 1829;</p>	<p>al contrario, come le specie europee (Eu) e dell'Europa meridionale (SEu), costituiscono soltanto una piccola percentuale (ca. 4%) della fauna di Tenebrionidae di Creta e sono quasi tutte specie semi-montane o montane, che si trovano negli ambienti di <i>phrygana</i> montana o ad elevata umidità, come le entrate delle grotte, mentre sono assenti dagli isolotti cretesi; questa scarsa presenza, soprattutto rispetto ai Carabidae, si deve alla mancanza di Tenebrionidae a carattere europeo in se; le specie euro-mediterranee di tenebrionidi a Creta sono <i>Blaps mucronata</i> Latreille, 1804, <i>Corticeus fasciatus</i> (Fabricius, 1790) e <i>Menephilus cylindricus</i> (Herbst, 1784);</p>
<p><u>Specie mediterranee (Me):</u> specie termofile, in gran parte alofile o psammofile, con distribuzione continua o discontinua nella maggior parte dei paesi europei ed africani che si affacciano sul Mar Mediterraneo, limitata alle zone costiere oppure più ampia;</p>	
<p>sono rappresentate con una percentuale molto alta (ca. 20%), da specie per la maggior parte di piccole dimensioni e dotate di ali; alcuni esempi significativi sono <i>Cicindela melancholica</i> Fabricius, 1798, <i>Notiophilus geminatus</i> Dejean, 1831, <i>Siagona europaea</i> Dejean, 1826, <i>Dyschirius</i> (<i>Dyschiriodes</i>) <i>cylindricus</i> (Dejean, 1825), alcune specie del genere <i>Scarites</i> Fabricius, 1775, <i>Apotomus rufithorax</i> Pecchioli, 1837, un paio di specie dei generi <i>Pogonus</i> Dejean, 1821, <i>Olisthopus</i> Dejean, 1828 e <i>Carterus</i> Dejean, 1830;</p>	<p>la percentuale nella fauna di Creta è alta (9-10%), ma pari a circa la metà della corrispondente proporzione di specie mediterranee nei carabidi, con le quali questi tenebrionidi condividono le abitudini psammofile e/o costiere; alcuni esempi significativi sono <i>Blaps gigas</i> (Linnaeus, 1767), <i>Gonocephalum rusticum</i> (Olivier, 1811) e <i>Ammobius rufus</i> (Lucas, 1846);</p>
<p><u>Specie del Mediterraneo orientale (EaMe):</u> hanno limiti di distribuzione a nord nei Balcani, ad est in Anatolia e nei Paesi bagnati dal Mar di Levante, a sud in Egitto e ad ovest nell'Italia centro-meridionale;</p>	
<p>costituiscono circa l'11% della carabidofauna, in gran parte con specie costiere di spiaggia e di <i>phrygana</i>; alcuni esempi significativi sono un paio di specie</p>	<p>rappresentano la stessa percentuale (11%) anche nella tenebrionidofauna; alcuni esempi significativi sono <i>Zophosis punctata</i>,</p>

dei generi <i>Ditomus</i> Bonelli, 1810, e <i>Chlaenius</i> Bonelli, 1810, e <i>Licinus</i> ( <i>Licinus</i> ) <i>aegyptiacus</i> Dejean, 1826;	<i>Dichomma dardanum</i> , <i>Scleron multistriatum</i> ;
<b>Specie del Mediterraneo occidentale (WeMe):</b> specie dell'Italia centro-meridionale e delle coste dei paesi europei ed africani che si affacciano sul Bacino del Mediterraneo ad ovest della penisola italiana, incluse le isole maggiori;	
rappresentano soltanto una piccola percentuale (ca. 2%) delle specie, con il diffuso <i>Calathus</i> ( <i>Calathus</i> ) <i>fuscipes latus</i> Audinet-Serville, 1821, e con riferimenti sporadici per <i>Poecilus gisellae gisellae</i> (Csiki, 1930) e <i>Metadromius myrmidon</i> (Fairmaire, 1859);	l'unico esempio significativo a Creta, e in tutto il Mediterraneo orientale, è <i>Tentyria grossa</i> Besser, 1832, presente lungo la costa occidentale dell'isola; ad Iráklion sono stati segnalati <i>Scaurus tristis</i> Olivier, 1795 e <i>Pachychila frioli</i> Solier, 1835, probabilmente specie introdotte sull'isola per dispersione antropocora;
<b>Specie levantine (Le):</b> poche specie che si trovano sulle coste meridionali dell'Anatolia (non sempre), a Rodi, a Cipro e nelle zone costiere del Levante, fino al deserto siriano;	
segnalata soltanto la presenza di <i>Cicindela</i> ( <i>Calomera</i> ) <i>concolor</i> Dejean, 1822;	sono state registrate soltanto due specie (3%), <i>Apentanodes globosus</i> e <i>Polycoelogastridium sexcostatum</i> (Motschulsky, 1858);
<b>Specie europee (Eu):</b> specie dell'Europa settentrionale e centrale che si sono diffuse anche nell'Europa meridionale, nelle regioni montuose dei paesi mediterranei, dove sono tipiche specie forestali, montane e subalpine (possono trovarsi raramente anche nell'Africa settentrionale);	
rappresentano circa il 12% delle specie e sono state segnalate sia a bassa quota, in macchia a <i>Quercus</i> , che ad alta quota, in foresta a <i>Quercus</i> ; sono generalmente abbondanti e talora prevalenti nelle zone umide (Pavlou 2016); alcuni esempi significativi sono <i>Omophron</i> ( <i>Omophron</i> ) <i>limbatum</i> (Fabricius, 1777), <i>Calosoma</i> ( <i>Calosoma</i> ) <i>sycophanta</i> (Linnaeus, 1758), <i>Calosoma</i> ( <i>Calosoma</i> ) <i>inquisitor</i> (Linnaeus, 1758), <i>Notiophilus substriatus</i> G. R. Waterhouse, 1833, <i>Bembidion</i> ( <i>Metallina</i> ) <i>properans</i> (Stephens, 1828), <i>Bembidion</i> ( <i>Philochthus</i> ) <i>biguttatum</i> (Fabricius, 1779), <i>Anisodactylus</i> ( <i>Hexatrachus</i> ) <i>poeciloides</i> (Stephens, 1828), <i>Acupalpus</i> ( <i>Acupalpus</i> ) <i>parvulus</i> (Sturm, 1825) e <i>Harpalus</i> ( <i>Harpalus</i> ) <i>honestus</i> (Duftschmid, 1812); tuttavia, come anche nel caso del corotipo euro-mediterraneo, il numero di specie potrebbe essere sovrastimato a causa della difficoltà nell'identificare alcune di esse;	costituiscono soltanto una piccola percentuale (ca. 4%) della fauna (si veda "specie euro-mediterranee"); sono <i>Blaps lethifera</i> Marsham, 1802, <i>Palorus depressus</i> (Fabricius, 1790) e <i>Uloma culinaris</i> (Linnaeus, 1758);

<b>Specie dell'Europa meridionale (SEu):</b>	
specie dei paesi europei mediterranei con limiti settentrionali di distribuzione nei Pirenei, nelle Alpi e nei Carpazi, che solo raramente e localmente si trovano sulla costa nordafricana e anatolica fino al Mar Nero;	
costituiscono una percentuale abbastanza piccola (ca. 8%) della fauna e hanno preferenze di habitat varie: molte di esse si trovano sia in ambiente di spiaggia sia nelle zone montuose di Creta; ne sono esempi <i>Asaphidion rossii</i> (Schaum, 1857) e <i>Ditomus calydonius</i> (P. Rossi, 1790);	non costituiscono una percentuale significativa della fauna (si veda "specie euro-mediterranee"); l'unico esempio significativo è <i>Cnemeplatia atropos</i> A. Costa, 1847;
<b>Specie balcaniche (Ba):</b>	
specie distribuite esclusivamente nella penisola balcanica, con limiti di distribuzione rappresentati dai Carpazi a nord, dalle coste dell'Anatolia ad est, dalle isole greche del Mar Egeo e del Mar Ionio a sud e a ovest;	
sono una percentuale piccola (ca. 4%) delle specie di Creta (e sono soprattutto sottospecie) e sono completamente assenti dalle sue isolette; alcuni esempi sono <i>Leistus spinibarbis rufipes</i> Chaudoir, 1843, <i>Bembidion (Philochthus) inoptatum</i> Schaum, 1857, <i>Calathus fuscipes</i> subsp. <i>graecus</i> Dejean, 1831, <i>Cymindis (Cymindis) lineata</i> (Quensel, 1806);	rappresentano l'8% della fauna di Creta, ma sono completamente assenti da Gávdos; sono specie semi-montane e montane; esempi significativi sono <i>Blaps tibialis</i> Reiche, 1857 e <i>Iphthiminus italicus croaticus</i> Truqui, 1857, mentre <i>Gunarus lapidicola</i> Küster, 1850, è stata registrata anche a Chrysi;
<b>Specie greche (He):</b>	
specie diffuse principalmente nella penisola greca, con presenza estremamente ridotta oltre i confini della Macedonia;	
rappresentano una piccola percentuale (ca. 4%) della fauna e sono endemiche della penisola greca, generalmente dalla Macedonia al Peloponneso, con molte sottospecie nell'Egeo; le più significative sono <i>Tapinopterus (Tapinopterus) filigranus</i> (L. Miller, 1862), <i>Zabrus (Pelor) aegaeus</i> Apfelbeck, 1904 (la cui presenza a Creta è stata però contestata), <i>Zabrus graecus convexus</i> Zimmermann, 1831, <i>Acinopus (Acinopus) subquadratus</i> Brullé, 1832, <i>Platyderus graecus</i> (Reiche & Saulcy, 1855);	costituiscono una percentuale importante della fauna (11%) e sono soprattutto specie di ambienti costieri e sabbiosi; esempi significativi sono <i>Microtelus asiaticus</i> Solier, 1838 e <i>Euboicus mimonti</i> Boieldieu, 1865;
<b>Specie egee (Ai):</b>	
specie, spesso psammofile, delle isole del Mar Egeo e presenti localmente sulle coste della Grecia continentale e dell'Anatolia;	
per quanto riguarda i Carabidae di Creta (e dell'Arco Egeo meridionale in generale), questo corotipo è proprio soltanto di una sottospecie di <i>Trechus (Trechus) subnotatus</i> Dejean, 1831, che sembra essere l'unico	sono poche anche tra i Tenebrionidae (ca. 3 % della tenebrionidofauna dell'isola): le due sottospecie <i>Erodium orientalis oblongus</i> e <i>E. o. brevicostatus</i> Solier, 1834 della specie greca <i>E. orientalis</i> e la specie <i>Micrositus</i>

endemismo comune tra l'Egeo centrale e quello meridionale;	<i>orbicularis</i> Mulsant & Rey, 1854, che sono relativamente comuni sulle spiagge;
<b>Specie orientali (An):</b>	
specie distribuite prettamente nell'Anatolia, che si sono diffuse dall'Iran e dall'Iraq alle regioni meridionali del Caucaso e, attraverso l'Anatolia, hanno raggiunto l'Egeo, che rappresenta generalmente il loro limite di distribuzione occidentale;	
rappresentano una percentuale piuttosto piccola (ca. 3%) delle specie della fauna; le più significative sono <i>Bembidion (Peryphus) cordicolle</i> Jacquelin du Val, 1852, <i>Pterostichus lissoderus</i> (Chaudoir, 1842), <i>Pachycarus (Mystropterus) brevipennis</i> Chaudoir, 1850, <i>Carterus (Carterus) rufipes</i> (Chaudoir, 1843), <i>Aptinus (Aptinus) cordicollis</i> Chaudoir, 1843;	costituiscono una percentuale modesta ma significativa dei Tenebrionidae di Creta (8%); alcuni esempi significativi sono <i>Pimelia sericella</i> e <i>Doliema turcica</i> Reitter, 1877;
<b>Specie africane (Af):</b>	
specie a distribuzione nordafricana, con presenza estremamente ridotta nell'Egeo meridionale;	
per l'isola di Creta non ci sono segnalazioni di specie di Carabidae a distribuzione prettamente africana, tuttavia sull'isoletta cretese di Chrysi sono stati raccolti esemplari di una specie del genere africano <i>Masoreus</i> Dejean, 1821 che si discostano dall'altra specie dello stesso genere diffusa in Europa, e somigliano invece molto alla specie africana <i>Masoreus aegyptiacus</i> Dejean, 1828;	sono piuttosto scarse anche nella fauna di Tenebrionidae dell'isola di Creta, di cui rappresentano soltanto l'1%: <i>Imatismus villosus</i> (Haag-Rutenberg, 1870) è probabilmente l'unica specie dell'Egeo meridionale con un'ampia distribuzione in Africa ma non nella regione mediterranea europea;
<b>Specie paleartiche (PA), olartiche (HO) e cosmopolite (CO):</b>	
specie con diffusione rispettivamente sul continente eurasiatico, sui continenti eurasiatico e nordamericano e sulla maggior parte dei continenti, solitamente a dispersione antropocora (soprattutto HO e CO);	
le specie paleartiche costituiscono una piccola percentuale (ca. 4%) della fauna di Creta, ma rappresentano spesso il corotipo prevalente nelle zone umide (Pavlou 2016) (alcuni esempi sono <i>Trechus (Trechus) quadristriatus</i> (Schrank, 1781), <i>Asaphidion flavipes</i> (Linnaeus, 1760), <i>Amara (Amara) aenea</i> (DeGeer, 1774)), mentre è stata segnalata una sola specie olartica ( <i>Bembidion (Bracteon) litorale</i> (Olivier, 1790));	decisamente poche a Creta sono sia le specie paleartiche ( <i>Opatroides punctulatus</i> Brulle, 1832), sia quelle cosmopolite ( <i>Alphitobius diaperinus</i> (Panzer, 1797), e le ben note <i>Tenebrio molitor</i> Linnaeus, 1758 e <i>Tenebrio obscurus</i> Fabricius, 1792);
<b>Specie endemiche di Creta (Cr):</b>	
specie con distribuzione limitata a Creta; si distinguono gli endemismi (solitamente a livello di specie) della sola isola di Creta, e gli endemismi "stretti" (a livello di sottospecie) delle tre principali catene montuose dell'isola e delle isolette satelliti che la circondano;	

<p>sono una percentuale abbastanza piccola (ca. 7%) delle specie di Carabidae di Creta, anche rispetto a quanto si osserva per altre famiglie di coleotteri nella stessa regione; tuttavia, eccetto i <i>taxa</i> troglobi, rappresentano i coleotteri edafici più abbondanti, insieme alle specie endemiche cretesi di Tenebrionidae e Staphylinidae edafici; <i>Carabus (Procrustes) banonii</i> Dejean, 1829 è il carabide più comune sull'isola, con popolazioni dense e nicchia ecologica molto ampia; <i>Tapinopterus (Tapinopterus) creticus</i> (l. Frivaldszky von Frivald, 1845) è la seconda specie di carabide più diffusa a Creta, a tutte le altitudini, mentre le altre specie endemiche, eccetto <i>Licinus (Licinus) bartoni</i> Maran, 1934, vivono nelle aree montane (<i>Calathus (Calathus) oertzeni</i> Jeanne &amp; F. Battoni, 1987, <i>Acinopus (Acinopus) creticus</i> Maran, 1947, <i>Microlestes creticus</i> Holdhaus, 1912, <i>Zabrus (Pelor) oertzeni</i> Reitter, 1885), con sottospecie ben differenziate nelle catene montuose dell'isola, o sono troglobie e quindi fortemente locali (<i>Duvalius (Duvalius) sbordonii</i> Vigna Taglianti Genest &amp; Sciaky, 1980, <i>D. mixanigi</i> Daffner, 1993, <i>Speluncarius (Speluncarius) pasquinii</i> Cerruti, 1973);</p>	<p>costituiscono una percentuale elevatissima della fauna di Tenebrionidae di Creta, ben il 34% (Bolanakis 2021); le specie <i>Dailognatha quadricollis</i>, <i>Dendarus foraminosus</i>, <i>Dendarus graecus</i> e <i>Raiboscelis corvinus</i>, sono diversificate in diverse sottospecie strettamente endemiche nelle principali catene montuose dell'isola, fenomeno a cui hanno contribuito le altitudini raggiunte da Creta, piuttosto elevate per un'isola; la differenziazione "orizzontale" in sottospecie è invece molto limitata; anche le isolette cretesi, come ad esempio Gavdos, Gavdopúla, Dionysádes, Gramvoúsa, presentano <i>taxa</i> endemici, che sono tutte forme differenziate di specie caratteristiche cretesi.</p>
--	---

Tab. A 3 – Composizione percentuale (%) degli elementi faunistici delle famiglie Carabidae e Tenebrionidae a Creta. Per le sigle che identificano i corotipi si veda il testo (Trichás 1996).

Corotipo	Carabidae	Tenebrionidae	Corotipo	Carabidae	Tenebrionidae
EuMe	20%	4%	He	4%	11%
Me	20%	10%	Ai	non significativa	3%
EaMe	11%	11%	An	3%	8%
WeMe	2%	non significativa	Af	non significativa	1%
Le	non significativa	3%	PA	4%	1%
Eu	12%	4%	HO	non significativa	
SEu	8%	non significativa	CO		
Ba	4%	8%	Cr	7%	28%

Per quanto riguarda gli isolotti satellite di Creta, solo i tre maggiori – Gávdos, Día e Chrysi – ospitano un numero significativo di specie di Carabidae, mentre gli altri, a causa della loro ridotta superficie e della conseguente scarsità di microhabitat, sono dominati dai Tenebrionidae, meglio adattati alle condizioni di siccità (oltre che da specie dei generi *Brachycerus* (Brachyceridae) e *Otiorhynchus* (Curculionidae)). Sono state analizzate in particolare Gávdos e Chrysi: sebbene esse ospitino un numero di specie complessivo simile, la prima presenta una fauna molto più povera della seconda, che ha un'area minore; infatti a Gávdos dominano alcune sottospecie delle principali specie endemiche di Creta, che formano ampie popolazioni, e alcune specie mediterranee, mentre Chrysi

appare come una porzione recentemente separata dalla Creta “continentale”, mostrando proporzioni tra i corotipi simili a quest’ultima, oltre che molte delle specie presenti sull’isola maggiore, non sufficientemente differenziate, almeno morfologicamente, da essere considerate sottospecie endemiche dell’isoletta (Trichás 1996).

## Appendice 6

**Tab. A 4** – Coleoptera non Carabidae o Tenebrionidae determinati a livello di genere o specie, suddivisi per famiglia e con l’indicazione del sito in cui sono stati raccolti e della loro numerosità nel campione (in caso di raccolta a mano, quest’ultima non viene specificata).

Famiglia	Specie (o genere)	Sito di raccolta (n. individui o presenza)
Alleculidae	<i>Omophilus</i> sp. ( <i>Omophilus</i> Dejean, 1834)	CmA (1)
Anobiidae	<i>Dorcatoma</i> sp. ( <i>Dorcatoma</i> Herbst, 1791)	Gds (1)
Chrysomelidae	<i>Chrysolina</i> sp. ( <i>Chrysolina</i> Motschulsky, 1860)	Gphm1 (1)
Coccinellidae	<i>Coccinella septempunctata</i> Linnaeus, 1758	CophA
Cryptophagidae	<i>Cryptophagus</i> sp. ( <i>Cryptophagus</i> Herbst, 1792)	Gds (3)
Curculionidae	<i>Brachycerus</i> sp. ( <i>Brachycerus</i> A.G.Olivier, 1789)	CmA (2), CophA
	<i>Polydrosus</i> sp. ( <i>Polydrosus</i> C.J.Schoenherr, 1823)	CfqB (1), CfqA (1)
Dermestidae	<i>Anthrenus</i> sp. ( <i>Anthrenus</i> Geoffroy, 1762)	Gds (5)
	<i>Attagenus</i> sp. ( <i>Attagenus</i> Latreille, 1802)	Gphm1 (2)
	<i>Dermestes (Dermestinus) intermedius</i> Kalik, 1951	CophA, CfqB (1)
	<i>Dermestes</i> sp. ( <i>Dermestes</i> C.Linnaeus, 1758)	Gphm1 (3)
	<i>Thorictus</i> sp. ( <i>Thorictus</i> Germar, 1834)	CfqB (1), CfqA (1)
Geotrupidae	<i>Bolbelasmus (Bolbelasmus) keithi</i> Miessen & Trichas, 2011	CfqA (1)
Hydrophilidae	<i>Helophorus</i> sp. ( <i>Helophorus</i> Fabricius, 1775)	CmA (1)
Nitidulidae	<i>Amphotis orientalis</i> Reiche, 1861	Gds (2)
Oedemeridae	<i>Oedemera</i> sp. ( <i>Oedemera</i> Olivier, 1789)	CpB (1)
Scarabaeidae	<i>Epicometis hirta</i> (Poda, 1761)	Gds (4)
	<i>Euonthophagus atramentarius</i> (Ménétriés, 1832)	CophA
	<i>Oxythyrea cinctella</i> (Schaum, 1841)	Gphm1 (2), Gds (2)
	<i>Psammodytes</i> sp. ( <i>Psammodytes</i> Fallen, 1807)	Gds (5)
Silphidae	<i>Silpha obscura</i> Linnaeus, 1758	CfqB (1)
Silvanidae	<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Linnaeus, 1758)	Gds (8), Gophm2 (7), CmA (1), CfqB (88)
Staphylinidae	<i>Astenus (Astenus) thoracicus</i> (Baudi di Selve, 1857)	CpB (3)
	<i>Quedius (Sauridus) candicus</i> Coiffait, 1976	CpB (2)
	<i>Quedius tristis</i> (Gravenhorst, 1802)	CpB (1)
Trogidae	<i>Trox</i> sp. ( <i>Trox</i> Fabricius, 1775)	Gds (1)

## Ringraziamenti

*Un grazie di cuore a tutti coloro che mi hanno aiutata a raggiungere questo importante traguardo, che per me significa molto più di un titolo. In primo luogo, voglio ringraziare sinceramente il mio relatore, il Prof. Daniele Sommaggio, che mi ha accompagnata in tutto questo lungo e impegnativo cammino, e in cui ho trovato sempre disponibilità, gentilezza e comprensione senza pari. Un ringraziamento particolare anche al mio co-relatore, il Dott. Apóstolos Trichás, che ha accettato di seguirmi per il tirocinio presso il Laboratorio Artropodi del Museo di Storia Naturale di Creta e che mi ha fornito informazioni e consigli importanti per la realizzazione di questa tesi.*

*Desidero ringraziare di cuore Marco, che mi ha aiutata a trovare la forza per riprendere gli studi e a superare innumerevoli difficoltà lungo la via, e tutta la mia famiglia, Vittorio, Cinzia e Ilaria, che mi ha supportata e sopportata in tutto il periodo degli studi. Un caloroso grazie anche a tutti i gatti di casa, che mi hanno fatto compagnia, mi hanno rasserenata e fatta sorridere in questi anni.*

*Ringrazio anche tutti i miei amici, in modo particolare Cecilia, Ambra, Giulia, Niki e Katerina. Un grazie per i bei ricordi che conservo ai compagni di Scienze Naturali, in particolare Alessandra, Melissa, Alessia, Valeria, Alberto e Andrea. Desidero ringraziare Luisa, per la sua vicinanza e per l'esempio che rappresenta per me con la sua forza. Grazie anche a tutti i membri del personale del Museo di Storia Naturale di Creta che ho avuto modo di conoscere, in modo particolare Ljubica, per il calore con cui mi ha accolta nella sua casa in un freddo inverno cretese e per le chiacchierate sulle tradizioni greche con la sua famiglia, davanti al caminetto. Tra gli altri, grazie anche a Stelios, Mina e Iasmi, per l'ospitalità e la gentilezza con cui mi hanno aiutata ogni giorno.*

