

Protocollo per il monitoraggio integrato transfrontaliero su distribuzione e conservazione insetti saproxilici

AGOSTO 2024

Gruppo di lavoro: Alenka Žunič Kosi, Špela Ambrožič Ergaver, Al Vrezec, Andrej Kapla, Stiven Kocijančič, Martina Lužnik, Sara Zupan, Nina Lončarevič, Kevin Rečnik, Alenka Gorjan, Stefano Filacorda, Antonella Stravisi, Lorenzo Frangini, Lorenzo Bernicchi, Virginia Barca, Andrea Madinelli

Protokol čezmejnega integriranega monitoringa saproksilnih žuželk

AVGUST 2024

Delovna skupina: Alenka Žunič Kosi, Špela Ambrožič Ergaver, Al Vrezec, Andrej Kapla, Stiven Kocijančič, Martina Lužnik, Sara Zupan, Nina Lončarevič, Kevin Rečnik, Alenka Gorjan, Stefano Filacorda, Antonella Stravisi, Lorenzo Frangini, Lorenzo Bernicchi, Virginia Barca, Andrea Madinelli



INTRODUZIONE

I coleotteri saproxilici sono stati riconosciuti come buoni indicatori della conservazione e dello stato delle foreste, specialmente dal punto di vista della biodiversità. Rappresentano una parte importante della biodiversità forestale e svolgendo un ruolo chiave nei processi di decomposizione sono significativi per i cicli dei nutrienti forestali (Stokland et al. 2012). Sono altamente dipendenti dalla quantità di legno morto o in decomposizione nelle foreste (Speight 1989), il che li rende molto vulnerabili alla gestione forestale intensiva. Pertanto molte specie saproxiliche sono minacciate (Nieto & Alexander 2010), molte sono state incluse nell'elenco della Direttiva Habitat dell'UE come specie di interesse europeo per la conservazione. Tra queste, *Rosalia alpina* e *Osmoderma eremita* sono state elencate come specie prioritarie per la conservazione, e sono necessarie azioni urgenti per preservarne le popolazioni e l'habitat. Tuttavia, entrambe le specie sono elusive, soprattutto quando presenti in basse densità, pertanto sono necessari metodi di rilevamento efficaci per il monitoraggio e per fornire dati di campo sufficienti per la definizione delle misure di conservazione. Questo protocollo ha come oggetto i metodi di monitoraggio avanzati per entrambe le specie, come proposta di uno schema di monitoraggio transfrontaliero integrato in Slovenia e Italia.

UVOD

Saproksilni hrošči so dobri indikatorji ohranjenosti in stanja gozdnih sestojev, predvsem z vidika biotske raznovrstnosti. Predstavljajo pomemben del biotske raznovrstnosti gozdov in igrajo pomembno vlogo pri razgradnji in kroženju hranil v gozdu (Stokland s sod. 2012). Zelo so odvisni od količine odmrlega ali razpadajočega lesa (Speight 1989), zaradi česar so zelo ranljivi na intenzivno gospodarjenje z gozdovi. Zato je veliko saproksilnih vrst ogroženih (Nieto & Alexander 2010), mnoge so vključene na seznam EU Habitatne direktive kot evropske varstveno pomembne vrste. Med njimi sta vrsti alpski kozliček (*Rosalia alpina*) in puščavnik (*Osmoderma eremita*) opredeljeni kot prednostni vrsti za ohranitev, zato so ukrepi za ohranitev njunih populacij in habitatov nujni. Vendar pa sta obe vrsti težje zaznavni na terenu, zlasti kadar se pojavljata v majhnih gostotah, kar zahteva uporabo bolj učinkovitih metod za spremljanje vrst in zagotavljanje zadostnih terenskih podatkov za ohranitvene ukrepe. Ta protokol je neposredno usmerjen v napredne metode monitoringa za obe vrsti in predlaga integrirano shemo čezmejnega monitoringa v Sloveniji in Italiji.

ROSALIA ALPINA (LONGICORNO ALPINO)

Premessa

La *rosalia alpina* è elencata come specie prioritaria per la conservazione nell'Allegato II della Direttiva Habitat dell'UE (Figura 1) ed è considerata "in pericolo" (E) in Slovenia (Vrezec et al. 2011) e "quasi minacciata" (NT) in Italia (Carpaneto et al. 2015) e "a minor rischio" (LC) in Europa (Nieto e Alexander 2010). La Direttiva Habitat richiede agli Stati membri dell'UE di monitorare lo stato di conservazione degli habitat e delle specie di interesse europeo (Allegato I, II, IV, V, Direttiva del Consiglio 92/43/CE (1992)). La distribuzione del longicorno alpino in Slovenia è relativamente ben nota (Vrezec et al. 2019), ma in base ai dati finora raccolti, è necessario migliorare la conoscenza riguardo la distribuzione della specie. Tuttavia, un modello di distribuzione della specie (Vrezec et al. 2014) ha rivelato nuclei di popolazione sconosciuti della specie in Slovenia. A causa della sua strettissima specializzazione in vecchie faggete, la *rosalia alpina* è stata identificata in Europa centrale come una specie relitta di foresta vergine (Müller et al. 2005) e come specie prioritaria di conservazione ai sensi della direttiva Habitat (direttiva 92/43/CE del Consiglio).

ROSALIA ALPINA (ALPSKI KOZLIČEK)

Pregled

Alpski kozliček je v Prilogi II k Direktivi o habitatih EU (Slika 1) naveden kot prednostna vrsta in je v Sloveniji opredeljen kot »ogrožena vrsta« (E) (Vrezec in sod. 2011) in kot »potencialno ogrožena vrsta« (NT) v Italiji (Carpaneto in sod. 2015). V Evropi je njegov status opredeljen kot »najmanj ogrožena vrsta« (LC) (Nieto in Alexander 2010). Direktiva o habitatih zahteva, da države članice EU spremljajo stanje ohranjenosti habitatov in vrst evropskega pomena (Priloge I, II, IV, V, Direktiva Sveta 92/43/EGS (1992)). Razširjenost alpskega kozlička v Sloveniji je razmeroma dobro poznana (Vrezec in sod. 2019), vendar je glede na doslej zbrane podatke vseeno potrebno zapolniti večje vrzeli. Model razširjenosti vrste (Vrezec in sod. 2014) je razkril neznana populacijska jedra te vrste v Sloveniji. Zaradi svoje zelo ozke specializiranosti na stare bukove sestoje je bil alpski kozliček v Srednji Evropi prepoznan kot reliktna pragozdna vrsta (Müller in sod. 2005) in kot prednostna vrsta v skladu z Direktivo o habitatih (Direktiva Sveta 92/43/EGS).



Figura 1. Il coleottero longicorno alpino (*Rosalia alpina*) è elencato come specie prioritaria per la conservazione nell'allegato II della direttiva Habitat dell'UE (foto: Špela Ambrožič Ergaver).

Slika 1. Alpski kozliček (*Rosalia alpina*) je v Prilogi II k Direktivi o habitatih EU opredeljen kot prednostna vrsta za ohranjanje (foto: Špela Ambrožič Ergaver).

Specie saproxiliche

Il longicorno alpino è una specie di coleottero saproxilico obbligato (Campanaro et al. 2017). Gli insetti saproxilici, in particolare i coleotteri, rappresentano una parte importante della biodiversità forestale e svolgono un ruolo importante nei processi di decomposizione e sono quindi significativi per i cicli dei nutrienti forestali (Stokland et al. 2012). Sono altamente dipendenti dalla quantità di legno morto o in decomposizione presente nelle foreste (Speight 1989), il che li rende molto vulnerabili alla gestione forestale intensiva. Il longicorno alpino rappresenta

Saproksilna vrsta

Alpski kozliček je obligatno saproksilna vrsta hrošča (Campanaro in sod. 2017). Saproksilne žuželke, zlasti hrošči, predstavljajo pomemben del biotske raznovrstnosti gozdov in imajo pomembno vlogo v procesih razgradnje – so ključni za kroženje hranil v gozdnih ekosistemih (Stokland in sod. 2012). Neobhodno so odvisni od količine odmrlega ali propadajočega lesa v gozdovih (Speight 1989), zaradi česar so izjemno občutljivi na intenzivno gospodarjenje z gozdovi. Alpski kozliček je eden ključnih kazalcev (bioindikatorjev) naravnega gozdnega

quindi uno degli indicatori chiave dell'ecosistema forestale naturale ed è una parte importante della biodiversità forestale.

Morfologia

La specie varia da 1,4 a 4,0 cm di lunghezza e presenta macchie nere disposte simmetricamente su un corpo azzurro chiaro, che variano per forma e dimensione e permettono l'identificazione individuale (Campanaro et al. 2017). La colorazione dei segmenti antennali varia, alternando segmenti neri e blu. Le antenne sono lunghe e mostrano un chiaro dimorfismo sessuale (Harde 1996; Figura 2): nelle femmine sono leggermente più lunghe del corpo, mentre nei maschi sono lunghe fino a due volte la lunghezza del corpo.

Preferenze di habitat

Il longicorno alpino è, una specie associata principalmente alle foreste di faggi su base carbonatica (Koch 1992). È principalmente considerata una specie montana associata alle foreste di faggi, ma può anche colonizzare varie altre specie di alberi decidui, tra cui Aceraceae, Betulaceae, Fagaceae, Oleaceae, Tiliaceae e Ulmaceae, dalle aree costiere fino a circa 2000 metri sopra il livello del mare (Campanaro et al. 2017), in Slovenia, ad esempio, è presente tra 560 e 1540 m slm (Brelj et al. 2006).

Il suo habitat principale sono le foreste secolari di faggio europeo (*Fagus sylvatica*) con la presenza di alberi maturi o morti, esposti al sole. Sembra che la quantità di legno morto nelle foreste sia molto importante per la specie (Lachat et al. 2013).

ekosistema in je pomemben del gozdne biotske raznovrstnosti.

Morfologija

Vrsta je velika med 1,4 in 4,0 cm in ima simetrično razporejene črne pike na svetlo modrem telesu, ki so različne po obliki in velikosti ter se uporabljajo za prepoznavanje osebkov s foto identifikacijo (Campanaro in sod. 2017). Segmenti tipalk so izmenično črni in modri. Tipalke so dolge in kažejo izrazit spolni dimorfizem (Harde 1996; Slika 2): pri samicah so le nekoliko daljše od telesa, medtem ko so pri samcih lahko dvakrat daljše od telesa.

Habitatne preference

Alpski kozliček je vrsta, ki je vezana predvsem na bukove gozdove na karbonatnih tleh (Koch 1992). Čeprav primarno velja za gorsko vrsto, vezano na bukove gozdove, lahko naseljuje tudi različne druge vrste listavcev, vključno z drevesi iz družin javorovk (Aceraceae), brezovk (Betulaceae), bukovk (Fagaceae), oljkovk (Oleaceae), lipovk (Tiliaceae) in brestovk (Ulmaceae). Pojavlja se na območjih od priobalnih predelov do približno 2000 metrov nadmorske višine (Campanaro in sod. 2017), v Sloveniji na primer med 560 in 1540 m nadmorske višine (Brelj in sod. 2006).

Primarni življenjski prostor alpskega kozlička so starorasli bukovki gozdovi (*Fagus sylvatica*), s prisotnostjo starih ali odmrlih dreves na sončnih legah. Količina mrtvega lesa v gozdnih sestojih je zelo pomembna za vrsto (Lachat in sod., 2013). Izogiba se višjih nadmorskih višin in sestojev z večjim deležem iglavcev (Vrezec in sod. 2014).

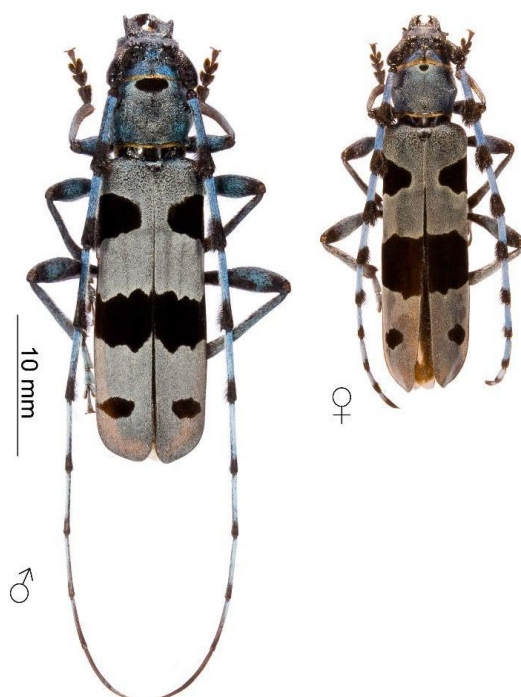


Figura 2. Le antenne sono lunghe e con un chiaro dimorfismo sessuale (foto: Andrej Kapla).

Evita altitudini molto elevate e foreste con una maggiore percentuale di conifere (Vrezec et al. 2014).

Stagionalità

Gli adulti del coleottero *rosalia alpina* compaiono tra luglio e agosto (Mikšič & Georgijević 1973, Drovenik e Pirnat 2003). I dati raccolti in Slovenia mostrano che i primi adulti compaiono a maggio, soprattutto a quote più basse, e gli ultimi vengono trovati a quote più elevate a settembre, il picco di attività si raggiunge nella seconda metà di luglio e all'inizio di agosto (Vrezec 2008). Va sottolineato che si è notata un'anticipazione del picco di attività nel corso del XX secolo, il che potrebbe essere dovuto al cambiamento climatico (Vrezec 2008).

Slika 2. Tipalke so dolge in kažejo izrazit spolni dimorfizem (foto: Andrej Kapla).

Sezonska aktivnost

Odrasli alpski kozlički se pojavljajo med julijem in avgustom (Mikšič in Georgijević 1973, Drovenik in Pirnat 2003). Zbrani podatki iz Slovenije kažejo, da se prvi odrasli hrošči pojavijo maja, predvsem v nižjih legah, zadnje aktivne hrošče pa so našli v višjih nadmorskih višinah septembra, pri čemer vrhunec aktivnosti dosežejo v drugi polovici julija in v začetku avgusta (Vrezec 2008). Opozoriti je treba tudi, da se je pri alpskem kozličku vrhunec aktivnosti v 20. stoletju premaknil na zgodnejši čas, kar bi lahko bila posledica podnebnih sprememb (Vrezec 2008).

Dispersione

È stato scoperto che *Rosalia alpina* può compiere spostamenti volando da 10 a 100 m tra aree con habitat idonei, con la distanza più lunga osservata di 1,5 km, che è simile in entrambi i sessi (Campanaro et al. 2017). La capacità di dispersione relativamente limitata degli adulti significa che la specie è a rischio in caso di frammentazione dell'habitat (Campanaro et al. 2017).

Uso di feromoni e attrazione dei partner

Nella *rosalia alpina* i maschi svolgono un ruolo cruciale nell'attrazione del partner emettendo un feromone di aggregazione sessuale (Žunič Kosi et al. 2017). Il componente principale di questo feromone, il 3,5-dimetil-6-(1-metilbutil)-piran-2-one, un pirone alchilato, è stato identificato come un composto chiave che attrae sia i maschi che le femmine nei siti di riproduzione. I maschi in genere arrivano per primi sui substrati adatti, come pile di tronchi di faggio accatastati, e iniziano a rilasciare feromoni per segnalare la loro presenza. Il loro comportamento di "chiamata" (Figura 3, osservazione personale) comporta l'elevazione del corpo e l'esposizione dell'estremità dell'addome, il che aumenta la dispersione di feromoni volatili nell'aria. Un comportamento di chiamata simile è stato documentato nella specie correlata *R. batesi* (Kiriya et al 2018), sottolineando il significato evolutivo della comunicazione chimica in questo genere.

Il feromone facilita l'attrazione a lungo raggio, aumentando la probabilità di incontri tra individui e promuovendo il corteggiamento e l'accoppiamento. Studi

Razširjanje

Tako samec kot samica alpskega kozlička lahko preletita od 10 do 100 m razdalje med primernimi habitat, najdaljši izmerjen prelet pa je bil dolg 1,5 km (Campanaro in sod. 2017). Zaradi razmeroma omejene sposobnosti razširjanja odraslih hroščev je vrsta ogrožena, še posebej kadar je habitat razdrobljen (Campanaro in sod. 2017).

Uporaba feromonov in privabljanje spolnih partnerjev

Pri alpskem kozličku imajo samci ključno vlogo pri privabljanju samic z oddajanjem spolno-agregacijskega feromona (Žunič Kosi in sod. 2017). Glavna sestavina tega feromona, 3,5-dimetil-6-(1-metilbutil)-piran-2-on (alkilirani piron), je bila prepoznana kot ključna spojina, ki privlači tako samce kot samice na mesta parjenja. Samci običajno prvi prispejo na primerna mesta za parjenje, kot so na primer naloženi kupi bukovih hlodov, in začnejo sproščati feromone, da bi signalizirali svojo prisotnost. Njihovo vedenje "privabljanja samic" (Slika 3, osebno opazovanje) vključuje dvig telesa in izpostavljanje konice zadka, kar izboljša razširjanje hlapnih feromonov v zrak. Podobno vedenje so dokumentirali pri sorodni vrsti *Rosalia batesi* (Kiriya et al. 2018), kar poudarja evlucijski pomen kemične komunikacije pri tem rodu. Feromoni omogočajo privabljanje na dolge razdalje, kar povečuje verjetnost srečanja med posamezniki ter spodbuja dvorjenje in parjenje. Terenske študije so dokazale učinkovitost uporabe feromona pri privabljanju hroščev, saj so se v pasti z umetno pridobljenimi feromoni uspešno ujeli predstavniki obeh spolov, kar kaže na

sul campo hanno dimostrato l'efficacia del feromone nell'attrarre i coleotteri, poiché le trappole innescate con feromoni sintetici hanno catturato con successo entrambi i sessi, indicando il suo potenziale per il monitoraggio della popolazione (Žunič Kosi et al. 2017, 2021, 2023).

potencial uporabe feromonskih pasti za spremljanje populacij (Žunič Kosi in sod. 2017, 2021, 2023).



Figura 3. Comportamento di «richiamo» nel maschio di *rosalia alpina*.

Slika 3. Vedenje med "privabljanjem samic" pri samcu alpskega kozlička.

Oviposizione

Le femmine depongono le uova nelle fessure del legno secco di vecchi alberi in piedi (parzialmente vitali) esposti al sole (Duelli e Wermelinger 2005); solitamente preferiscono tronchi o rami spessi almeno 20 cm (Castro et al. 2012) con legno secco o in decomposizione (Bense 1995), ma occasionalmente depongono le uova su ceppi o grossi rami caduti a terra (Duelli e Wermelinger 2005, Campanaro et al. 2011, Castro et al. 2012). La larva si sviluppa per due o tre anni (Drovenik e Pirnat 2003, Duelli e Wermelinger 2005).

Odlaganje jajčec

Samice odlagajo jajčeca v razpoke suhega lesa starih, stoječih (delno vitalnih) dreves, ki so izpostavljena soncu (Duelli in Wermelinger 2005). Običajno izberejo debela ali veje, debele vsaj 20 cm (Castro in sod. 2012), s suhim ali razpadajočim lesom (Bense 1995), včasih pa odložijo jajčeca tudi na šture ali velike veje, ki so padle na tla (Duelli in Wermelinger 2005, Campanaro in sod. 2011, Castro in sod. 2012). Ličinka se razvija dve do tri leta (Drovenik in Pirnat 2003, Duelli in Wermelinger 2005).

Sviluppo larvale

La larva di *R. alpina* ha un corpo allungato, subcilindrico con lati dorsali e ventrali leggermente appiattiti e di colore bianco crema. Lo sviluppo larvale è completo dopo due o tre anni in funzione delle condizioni meteorologiche e della qualità del legno (Sama 2002). Larghezza e altezza dei fori di uscita sono positivamente correlate con le dimensioni adulte (Campanaro et al. 2017).

Minacce

La larva si sviluppa per tre o quattro anni, quindi un grosso problema nella conservazione della specie sono i tronchi appena tagliati destinati a ulteriore lavorazione o combustione (Figura 4). Questi tronchi sono vere e proprie trappole ecologiche per il coleottero (Adamski 2016, 2018), poiché possono essere distrutte intere covate di *R. alpina*. Particolarmente problematici sono i tronchi che rimangono nella foresta durante l'attività della specie, ovvero da luglio a inizio settembre e i più critici dalla prima metà di luglio alla prima metà di agosto, il che è contrario alle linee guida di gestione per i siti Natura 2000 in base alle specie. Le linee guida di gestione proposte per la specie sono quindi un disboscamento limitato a luglio e agosto o la deportazione del legname abbattuto dai boschi durante questo periodo. Per deporre le uova, le femmine scelgono principalmente tronchi di faggio morti, spessi, alti e in piedi (Duelli e Wermelinger 2005), che sono rari nelle foreste commerciali. Per questo motivo, Duelli e Wermelinger (2005) hanno suggerito, come misura di mitigazione, soprattutto nelle vicinanze delle segherie vicino alla foresta, il

Razvoj ličink

Ličinka alpskega kozlička ima podolgovato, valjasto telo z rahlo sploščeno hrbtno in trebušno stranjo ter kremno belo barvo. Razvoj ličinke se zaključi po dveh do treh letih, odvisno od vremenskih razmer in kakovosti lesa (Sama 2002). Širina in višina izhodnih odprtín iz lesne biomase sta v sorazmerju z velikostjo odraslih hroščev (Campanaro in sod. 2017).

Grožnje

Ker se ličinka razvija več let, je velik problem pri ohranjanju vrste sveže posekan les, namenjen nadaljnji obdelavi ali sežiganju (Slika 4). Tak les predstavlja ekološko past za hrošča (Adamski 2016, 2018), saj v celoti uniči zarode alpskega kozlička. Ker je vrsta aktivna od julija do začetka septembra, jo izjemno ogroža hlodovina, ki ostane v gozdu v času od prve polovice julija do prve polovice avgusta (čas parjenja in odlaganja jajčec), kar je tudi v nasprotju s smernicami za upravljanje območij Natura 2000 glede kvalifikacijskih vrst.

Za odlaganje jajčec samice izbirajo predvsem debela, visoka in stoječa odmrta bukova drevesa (Duelli in Wermelinger 2005), ki so redkost v gospodarskih gozdovih. Zaradi tega sta Duelli in Wermelinger (2005) kot omilitveni ukrep, zlasti v bližini žag, ki so v bližini gozda, predlagala postavitev "stalne" hlodovine, ki bi pritegnila vsaj del samic, s tem pa bi zaščitili del zaroda alpskega kozlička pred uničenjem.

Predlagane smernice za upravljanje vrste zato vključujejo omejeno sečnjo v juliju in avgustu ali odstranitev posekanega lesa iz gozda v tem obdobju. Raziskave kažejo tudi

posizionamento di tali tronchi per attirare almeno una parte delle femmine e quindi proteggere almeno una parte della covata di rosalia dalla distruzione durante l'ulteriore lavorazione e utilizzo.



Figura 4. Particolarmente problematici sono i tronchi che rimangono nella foresta durante l'attività di *Rosalia alpina*. L'immagine mostra un esempio di disboscamento intensivo dalla foresta di Trnovo (sinistra) e di Menina planina (destra) (foto: Špela Ambrožič Ergaver).

da, che se les odstrani prepozno to negativno vpliva na vrsto, saj postane primeren za odlaganje jajčec (Duelli in Wermelinger 2005). Zato bi bilo morda smiselno pustiti hlodovino na terenu le omejeno obdobje, da bi preprečili odlaganje jajčec in zmanjšali tveganje za uničenje zaroda.



Slika 4. Poseben problem predstavlja hlodovina, ki ostane v gozdu med aktivnostjo alpskega kozlička (*Rosalia alpina*). Slika prikazuje primer intenzivnega sekanja v Trnovskem gozdu (levo) in na Menini planini (desno) (foto: Špela Ambrožič Ergaver).

OSMODERMA EREMITA (SCARABEO EREMITA)

Premessa

Lo scarabeo eremita (*Osmoderma eremita*, Figura 5), è un grande scarabeo (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) ed è elencato come specie prioritaria di interesse europeo per la conservazione nell'Allegato II della Direttiva Habitat dell'UE (e considerato "in pericolo" (E) in Slovenia (Vrezec et al. 2011) e "vulnerabile (VU) nella Lista Rossa italiana (Audisio et al. 2014), e "quasi a rischio" (NT) in Europa (Nieto & Alexander 2010). La Direttiva Habitat richiede agli Stati membri dell'UE di monitorare lo stato di conservazione degli habitat e delle specie di interesse europeo (Allegato I, II, IV, V, Direttiva 92/43/CE del Consiglio (1992)).

Studi genetici su *O. eremita* hanno dimostrato che si tratta in realtà di un complesso di cinque specie, geneticamente definite in modo chiaro, ma morfologicamente molto simili (Audisio et al. 2007, 2009). Tra queste, due sono più diffuse, l'eremita occidentale (*O. eremita*) distribuita dalla Svezia alla Spagna settentrionale, e l'eremita orientale (*O. barnabita*), che si trova in tutta l'Europa orientale (Audisio et al. 2009). Entrambe le specie vivono in Slovenia, ma le loro popolazioni sono chiaramente separate (Vrezec et al. 2020). Nell'area transfrontaliera di Interreg E-NAT2CARE è presente l'eremita occidentale (Vrezec et al. 2020).

Lo scarabeo eremita occidentale è stato descritto per la prima volta sulla base di esemplari provenienti dalla Slovenia (Scopoli 1763).

Osmoderma eremita (ZAHODNI PUŠČAVNIK)

Pregled

Zahodni puščavnik (*Osmoderma eremita*, slika 5) je relativno velika vrsta minice (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae). Uvrščen je med prednostne varstveno pomembne vrste v skladu s Prilogo II Direktive EU o habitatih. V Sloveniji je vrsta opredeljena kot "ogrožena" (E) (Vrezec s sod. 2011), na italijanskem Rdečem seznamu kot »ranljiva (VU) (Audisio s sod. 2014) ter »potencialno ogrožena vrsta« (NT) v Evropi (Nieto & Alexander 2010). Direktiva EU o habitatih zahteva, da države članice EU spremljajo stanje ohranjenosti habitatov in vrst v evropskem interesu (Priloga I, II, IV, V, Direktiva Sveta 92/43/ES (1992)).

Genetske raziskave vrste *O. eremita* so pokazale, da gre pravzaprav za kompleks petih, genetsko jasno definiranih, a morfološko zelo podobnih vrst (Audisio in sod. 2007, 2009). Med njimi sta širše razširjeni dve, zahodni puščavnik *O. eremita* od Švedske do severne Španije, ter vzhodni puščavnik *O. barnabita* Motschulsky, 1845, ki se pojavlja po vsej vzhodni Evropi (Audisio in sod. 2009). V Sloveniji živita obe vrsti puščavnika, populaciji pa sta med sabo jasno ločeni (Vrezec in sod. 2020). V čezmejnem območju Interreg E-NAT2CARE je prisoten zahodni puščavnik (Vrezec s sod. 2020).

Zahodni puščavnik je bil v znanosti prvič opisan na podlagi primerkov iz Slovenije (Scopoli 1763).



Figura 5. Lo scarabeo eremita occidentale (*Osmoderma eremita*) è elencato come specie prioritaria per la conservazione nell'allegato II della direttiva Habitat dell'UE (foto: Andrej Kapla).

Slika 5. Zahodni puščavnik (*Osmoderma eremita*) je na Prilogi II Direktive EU o habitatih uvrščen med prednostno varstveno pomembne vrste (foto: Andrej Kapla).



Figura 6. Dimorfismo sessuale (foto: Andrej Kapla).

Slika 6. Spolni dimorfizem (photo: Andrej Kapla).

Specie saproxiliche

Lo scarabeo eremita è una specie saproxilica obbligata, il che significa che fa affidamento sul legno morto o in decomposizione per il suo ciclo di vita (Ranius et al. 2005). Gli scarabei saproxilici come lo scarabeo eremita svolgono un ruolo fondamentale nel ciclo dei nutrienti all'interno degli ecosistemi forestali, aiutando a decomporre il legno e contribuendo alla biodiversità forestale. Questi scarabei dipendono fortemente dagli alberi secolari cavi, che forniscono il legno in decomposizione necessario per lo sviluppo delle larve.

Morfologia

I coleotteri eremiti maschi e femmine possono essere distinti dalla forma del torace. I coleotteri eremiti maschi hanno un torace più largo, più spigoloso con creste pronunciate sul lato superiore. Le femmine hanno un torace più piccolo e più arrotondato, con creste deboli o talvolta appena visibili. I maschi hanno anche segmenti tarsali più spessi e robusti, specialmente sulle zampe anteriori (Figura 6).

Preferenze di habitat

L'habitat primario dello scarabeo eremita è costituito da foreste di latifoglie vetuste con un'abbondanza di alberi cavi e legno morto. Abita più spesso in cavità a un'altezza di 2-5 m o più (Ranius et al. 2005). In una cavità possono vivere da tre a 20, e fino a 150 larve, a seconda delle dimensioni della cavità e della quantità di detriti lignei (Ranius et al. 2005). Non è una specie che vive strettamente nelle foreste.

Saproksilna vrsta

Zahodni puščavnik je saproksilna vrsta hrošča, vezana na starejše, ohranjene drevesne sestoje (Ranius in Hedin 2001). Saproksilni hrošči, kot je puščavnik, imajo ključno vlogo pri kroženju hranil v gozdnih ekosistemi, pomagajo pri razgradnji lesa in prispevajo h gozdni biotski raznovrstnosti. Ti hrošči so vezani na stara drevesa z dupli, ki zagotavljajo razpadajoč lesni mulj, ki je potreben za razvoj ličink v teh duplih.

Morfologija

Samce in samice hroščev puščavnika lahko ločimo po obliki oprsja. Samci puščavnika imajo širši vratni ščit, bolj oglat s poudarjenimi grebeni na zgornji strani. Samice imajo vratni ščit manjši, bolj zaokrožen, grebeni so zabrisani, včasih komaj vidni. Samci imajo tudi debelejši, bolj robustne tarzalne člene, še posebej na sprednjih nogah (slika 6).

Habitatne preference

Primarni habitat puščavnika so stari listnati gozdovi s številnimi starejšimi dreves z dupli in odmrlim lesom. Puščavnik najpogosteje naseljuje dupla na višini 2 do 5 m ali več (Ranius in sod. 2005). V duplu lahko živi od tri do 20, pa vse do 150 ličink, odvisno od velikosti dupla in od količine drevesnega mulja (Ranius in sod. 2005). Puščavnika pogosto najdemo tudi na gozdnih robovih in jasah, v kmetijskih in urbanih območjih s starimi drevesi z dupli (rev v Maurizi in sod. 2017).

L'areale altitudinale dello scarabeo eremita si estende dal livello del mare nelle foreste sempreverdi dominate dal leccio (*Quercus ilex*) e quercia da sughero (*Q. suber*), fino a 1400 m nelle foreste di faggio montano (*Fagus sylvatica*) (Ranius et al. 2005).

Stagionalità

Gli adulti compaiono da giugno a settembre, eccezionalmente a maggio (Vrezec et al. 2008) e sono attivi per tutto il giorno, anche al tramonto e di notte (Stegner 2002). Durante il giorno, i maschi si posizionano vicino all'ingresso della cavità e attraggono le femmine emettendo un feromone dal caratteristico odore dolce (Larsson et al. 2003).

Dispersione

La maggior parte degli adulti non abbandona mai l'albero natale (82-88%) o percorre distanze molto brevi, per lo più solo verso un albero vicino (Hedin et al. 2008). Solo l'1% degli individui supera la distanza di un chilometro dall'albero nativo (Svensson et al. 2011). Si osserva che nell'Europa meridionale le distanze sono leggermente più lunghe (max. 1,5 km) e anche la percentuale di individui che abbandonano l'albero natale è più alta, il 69% delle femmine e l'81% dei maschi (Chiari et al. 2013). A causa della mobilità relativamente scarsa della specie, i popolamenti continui di alberi habitat sono estremamente importanti per il mantenimento delle popolazioni (Ranius e Hedin 2001).

Sezonica aktivnost

Odrasli osebki puščavnika se pojavljajo od junija do septembra, izjemoma že maja (Vrezec in sod. 2008) in so aktivni skozi ves dan, tudi v mraku in ponoči (Stegner 2002). Samci se čez dan zadržujejo v bližini vhoda v duplo in z oddajanjem feromona z značilnim sladkobnim vonjem privabljajo samice (Larsson in sod. 2003).

Razširjenost

Večina odraslih osebkov nikoli ne zapusti rodne drevesa (82-88 %) ali pa leti le na zelo kratke razdalje, običajno do bližnjega drevesa (Hedin in sod. 2008). Razdalja enega kilometer od rodne drevesa je že izjemna in jo preseže le 1 % hroščev (Svensson s sod. 2011). V južni Evropi so razdalje nekoliko daljše (max. 1,5 km), večji pa je tudi delež osebkov, ki zapusti rodno drevo, 69 % samic in 81 % samcev (Chiari in sod. 2013). Zaradi relativno slabe mobilnosti vrste so za vzdrževanje populacij izjemno pomembni sklenjeni sestoji habitatnih dreves (Ranius in Hedin 2001).

Uporaba feromonov in privabljanje spolnih partnerjev

Samci puščavnika oddajajo spolni feromon, identificiran kot (R)-(+)-y-dekalakton, ki privablja samice k drevesnim duplom, kjer se nahajajo samci (Larsson in sod. 2003). Raziskave so pokazale, da isto feromonsko spojino uporabljajo tudi sorodne vrste, kot sta *O. barnabita* in *O. cristinae*, kar kaže na močno evolucijsko ohranjenost te lastnosti znotraj rodu (Zauli in sod. 2016). Ta feromon lahko služi tudi kot teritorialni signal in ne kot vrstno specifični spolni feromon.

Uso di feromoni e attrazione del partner

I maschi dello scarabeo eremita emettono un feromone sessuale, identificato come (R)-(+)- γ -decalattone, che attrae le femmine nella cavità dell'albero del maschio (Larsson et al. 2003). Studi hanno dimostrato che lo stesso composto feromonico è utilizzato da specie correlate, come *O. barnabita* e *O. cristinae*, indicando una forte conservazione di questo tratto in tutto il genere (Zauli et al. 2016). Questo feromone può anche fungere da segnale territoriale, piuttosto che da feromone sessuale specie-specifico (Svensson et al. 2009). L'uso diffuso di questo composto in tutte le specie facilita gli sforzi di monitoraggio su larga scala per gli scarabei *Osmoderma* in Europa.

Oviposizione

La femmina dello scarabeo eremita depone 20-80 uova in profondità nella cavità di un albero, nella polpa del legno; dopo 14-20 giorni, dalle uova si schiudono 12-18 larve (rev in Maurizi et al. 2017).

Sviluppo larvale

Le larve si sviluppano nei detriti di legno nelle cavità di vecchi alberi decidui, principalmente in quercia (*Quercus*), salice (*Salix*), faggio (*Fagus sylvatica*), tiglio (*Tilia*), frassino (*Fraxinus*) e alberi da frutto, e talvolta anche in altri alberi ornamentali, come l'ippocastano (*Aesculus*) (Vrezec et al. 2014). La durata dello sviluppo larvale dipende dalla qualità del terriccio del legno e solitamente dura da due a tre anni (Ranius et al. 2005).

Odlaganje jajčec

Samica puščavnika odloži od 20 do 80 jajčec globoko v drevesno duplo, med lesni mulj, po 14 do 20 dneh se iz jajčec izleže 12-18 ličink (rev. Maurizi in sod. 2017).

Razvoj ličink

Ličinke se razvijajo v lesnem mulju dupel starih listnatih dreves, večinoma v hrastu (*Quercus*), vrbi (*Salix*), bukvi (*Fagus sylvatica*), lipi (*Tilia*), jesenu (*Fraxinus*) in sadnem drevju, ponekod pa tudi v drugem okrasnem drevju, kot je divji kostanj (*Aesculus*) (Vrezec in sod. 2014). Hitrost razvoja ličink je odvisna od kvalitete lesnega mulja in večinoma poteka dve do tri leta (Ranius in sod. 2005).

TECNICHE DI MONITORAGGIO

Per la distribuzione e il monitoraggio della popolazione di *R. alpina* e *O. eremita*, questo protocollo propone l'approccio di cattura multi-esca in una singola trappola. L'uso di feromoni nella ricerca e nel monitoraggio di insetti protetti, rari e in via di estinzione ha dimostrato di essere uno strumento essenziale per la conservazione della natura in Europa (Larsson 2016).

Trappole

- trappole a finestra nere (*cross vane panel trap*) alte 1,1 m × larghe 0,3 m
- ricoperte con Fluon® (dispersione di politetrafluoroetilene, 1:3 in H₂O) per incrementarne l'efficienza

Vaso di raccolta

- barattolo in plastica bianca (diametro circa 8 cm e altezza 17 cm) riempito con 2 cm di acqua
- per prevenire la morte degli insetti catturati, un elemento galleggiante va aggiunto alla superficie dell'acqua.

Feromoni

- longicorno alpino: *R. alpina* pyrone, 25 mg del composto in isopropanolo/esca (Žunič Kosi et al. 2017, 2023)
- scarabeo eremita: (R)-(+)-γ-decalattone, 500 mg di composto puro (Larsson et al. 2003, Svensson & Larsson 2008)

METODA VZORČENJA

Za spremljanje razširjenosti in populacije alpskega kozlička in zahodnega puščavnika ta protokol predlaga pristop lova z več feromonskimi vabami na eni pasti. Uporaba feromonov pri raziskovanju in spremljanju zaščitene, redke in ogrožene žuželke se je izkazala kot bistveno orodje za ohranjanje narave v Evropi (Larsson 2016).

Past

- uporabljajo se viseče, križnoprestrezne pasti, črne barve (približno 1,1 višine × 0,3 m širine) (slika 7)
- pasti premazane s Fluon® (politetrafluoretilenska disperzija, 1:3 v H₂O) za povečanje učinkovitosti lovljenja pasti

Zbirna posoda

- bela plastična posoda (približno 8 cm v premeru in 17 cm v višino), napolnjena z vodo do približno 2 cm
- za preprečevanje utopitve ujetih žuželk se na vodno gladino doda plavajoči element

Feromoni

- alpski kozliček: *R. alpina* pyrone, 25 mg spojine v izopropanolu/vabi (Žunič Kosi in sod. 2017, 2023)
- zahodni puščavnik: (R)-(+)-γ-dekalakton, 500 mg čiste spojine (Larsson in sod. 2003, Svensson in Larsson 2008)

Vaba

- vrečke iz polietilena nizke gostote z drsno zadrgo (zapiralom) (5 × 7,5 cm, debelina stene 2 μm) s tamponom iz bombaža za

Esca

- buste tipo *ziploc* in polietilene a bassa densità ($5 \times 7,5$ cm, spessore 2 μ m) con un tampone di cotone dentale per assorbire e rilasciare gradualmente il feromone nell'ambiente

Area di trappolaggio

- minimo 15 trappole/area di monitoraggio (ciascuna trappola rappresenta una località di monitoraggio).
- distanza tra le trappole: minimo 200 m

Periodo di trappolaggio

- luglio, quando l'attività di entrambe le specie è massima (Vrezec et al. 2008).
- Le trappole vengono posizionate per due settimane. Per i primi due giorni senza barattolo di raccolta, al fine di attrarre gli esemplari nell'area di campionamento. Dopo due giorni viene posizionato il barattolo di raccolta e le trappole vengono controllate ogni uno/due giorni. Quando una specie viene confermata, il feromone di questa specie viene rimosso e l'altro feromone rimane.

assorbimento in postopno sproščanje feromona v okolico

Območje postavitve pasti

- minimalno 15 pasti/območje vzorčenja (vsaka past predstavlja eno mesto vzorčenja/lokacijo)
- razdalja med pastmi: najmanj 200 m

Obdobje postavitve pasti

- julij, ko naj bi bila aktivnost obeh vrst največja (Vrezec in sod. 2008).
- pasti ostanejo nameščene za obdobje dveh tednov. Prva dva dni se postavi pasti brez zbirne posode, da se privabi osebkke na območje vzorčenja. Po dveh dneh se postavi zbirna posoda in pasti se preveri na en/dva dneva. Ko je vrsta potrjena, se feromon te vrste odstrani, drugi feromon ostane.



Figura 7. Trappola Cross-vane nera, a intercettazione di volo, con esca feromonica e barattolo di raccolta (foto: Alenka Žunič Kosi).

Slika 7. Viseča prestrezna past s feromonom in belo zbirno posodo (foto: Alenka Žunič Kosi).

RACCOLTA DEI DATI

Per monitorare la dinamica e la distribuzione della popolazione di *R. alpina* e *O. eremita*, è necessario un approccio sistematico alla raccolta dei dati. Ciò comporta la registrazione di diversi parametri.

Dati di cattura

- data e ora di raccolta
- identificazione della specie
- numero di individui catturati per specie
- sesso degli individui
- altre note, osservazioni rilevanti

Dati trappola

- localizzazione della trappola (coordinate, tipo di habitat, altitudine)
- data/ora di installazione e rimozione della trappola
- altre note, osservazioni rilevanti (potenziale danneggiamento della trappola, disturbo, attività selvicolturali, ecc)

Dati ambientali dell'area campionata:

- caratteristiche dell'habitat (es. tipologia vegetazionale, copertura arborea)
- monitoraggio della temperatura, consigliato poiché la temperatura è un fattore abiotico critico che influenza il comportamento e l'attività degli insetti (Leithetal, 2021, Bale et al., 2022), mediante utilizzo di sensori di temperatura o da dati di stazioni meteorologiche

ZBIRANJE PODATKOV

Za spremljanje populacijske dinamike in razširjenosti alpskega kozlička in zahodnega puščavnika potreben sistematičen pristop k zbiranju podatkov. To vključuje popis naslednjih parametrov.

Podatki o ulovu

- datum in čas pregleda pasti
- določitev vrste
- število ujetih osebkov
- spol osebkov
- druga opažanja (opombe) (druge vrste?)

Podatki o pasti

- lokacija pasti (koordinate, tip habitata, nadmorska višina)
- datum namestitve in odstranitve pasti
- druga opažanja (vzdrževanje pasti, morebitne poškodbe,...)

Okoljski podatki na območju vzorčenja:

- značilnosti habitata (npr. tip vegetacije, pokrovnost krošnje, motnje v okolju-npr sečnja)
- priporočeno spremljanje temperature (temperatura kritičen abiotični dejavnik, ki vpliva na vedenje in aktivnost žuželk (Leithetal 2021, Bale in sod. 2022) z uporabo temperaturnih senzorjev ali iz meteoroloških postaj)

Ai fini del monitoraggio della popolazione calcolare anche a) l'abbondanza relativa e b) il rapporto tra i sessi.

a) Abbondanza relativa (numero di individui per 10 unità di campionamento) per area

Nel campionamento con le trappole, l'unità di campionamento è una notte o un giorno trappola, ovvero la cattura di una trappola in una notte o in un giorno.

L'abbondanza relativa (RA) è calcolata:

$RA = \text{Numero di esemplari} / [\text{Numero di trappole} \times \text{Numero di notti (giorni)}]$

b) Sex ratio

Uno dei parametri per una migliore comprensione e interpretazione delle dinamiche demografiche nel tempo è anche il rapporto tra i sessi. Il rapporto negli anni può cambiare a causa della mortalità specifica per genere (Tome 2006). Il rapporto tra i sessi dovrebbe in linea di principio essere 1:1 nella popolazione, il che significa che il rapporto è del 50%:

$\text{Sex ratio} = \text{numero di maschi} \times 100\% / \text{numero di tutti gli esemplari}$

Za spremljanje populacije vrste izračunavamo a) relativno gostoto in b) spolno razmerje.

a) Relativna gostota (število osebkov na 10 vzorčnih enot) na območje vzorčenja

Pri vzorčenju s pastmi je vzorčna enota past na noč ali dan, kar pomeni ulov ene pasti v eni noči ali dnevu.

Relativna gostota (RA) se izračuna: $RA = \text{št. osebkov} / [\text{št. pasti} \times \text{št. noči (dni)}]$

b) Spolno razmerje

Eden od parametrov za boljše razumevanje in razlago medletne populacijske dinamike je tudi razmerje med spoloma, ki se med seboj dobro ločita po dolžini tipalk. Razmerje se med leti lahko spreminja zaradi spolno specifične umrljivosti (Tome 2006). Spolno razmerje naj bi bilo načeloma razmerje v populaciji 1:1, kar pomeni, da je indeks spolnega razmerja 50 %:

$\text{Indeks spolnega razmerja} = \text{št. samcev} \times 100\% / \text{št. vseh osebkov}$

RIFERIMENTI/REFERENCE

- Adamski P et al. 2016. Journal of Insect Conservation:1099–1105
- Audisio P et al. 2007. Fragmenta Entomologica:273–290.
- Audisio P et al. 2009. Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research:88–95.
- Audisio P et al. 2014. Comitato Italiano IUCN e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma:132.
- Bale JSB et al. 2002. Global Change Biology 8(1):1-16.
- Bense U. 1995. Margraf Verlag, Weikersheim.
- Brelj S et al. 2006. Scopolia 58:1-442.
- Campanaro A et al. 2011. Quaderni Conservazione Habitat 6. Cierre Grafica, Verona:1–8.
- Campanaro A et al. 2017. Nature Conservation 20:165-203.
- Carpaneto GM et al. 2015. Fragmenta Entomologica 47:53–126.
- Castro A et al. 2012. Munibe, Ciencias Naturales-Natur Zientziak 60:77–100.
- Chiari S et al. 2013. Journal of Insect Conservation 17(6):1255-1265.
- Council Directive 92/43 of the Council of the European Community on the conservation of habitats and wild fauna and flora. Brussels, European Community.
- Drovenik B, Pirnat A. 2003. Biološki inštitut Jovana Hadžija ZRC SAZU, Ljubljana.
- Duelli P, Wermelinger B. 2005. Sherwood 114:19-25.
- European Environment Agency. 2016. Corine Land Cover 2012.
- Harde KW. 1996. In: Freude H, Harde KW, Lohse GA, Verlag G, Vergal E (Eds). Krefeld Die Käfer Mitteleuropas, Bd. 9: Cerambycidae - Chrysomelidae, Einbeck.
- Hedin J et al. 2008. Biodiversity and Conservation 17(3):675-684.
- Kiriyama S et al. 2018. Insects 9(2-48):1-16.
- Koch K. 1992. Goecke & Evers, Krefeld.
- Lachat T et al. 2013. Journal of Insect Conservation 17:653-662.
- Larsson MC et al. 2003. Journal of Chemical Ecology 29:575-587.
- Larsson M. 2016. Journal of Chemical Ecology 42(9):853-868.
- Leith NT et al. 2021. Current Opinion in Insect Science 45:106-114.
- Maurizi E et al. 2017. Nature Conservation 20:79-128.
- Müller J et al. 2005. Waldökologie online 2:106-113.

- Mikšić R, Georgijević E. 1973. Akademija nauka in umjetnosti Bosne i Hercegovine, Sarajevo.
- Nieto A, Alexander KNA. 2010. Publications Office of the European Union, Luxembourg:1–46.
- Ranius T, Hedin J. 2001. Oecologia 126:363–370.
- Ranius T et al. 2005. Animal Biodiversity and Conservation 28(1):1–44.
- Sama G. 2002. V. Kabourek, Zlin:1–173.
- Speight MCD. 1989. Council of Europe: 82 pp.
- Stokland JN, Siitonen J, Jonsson BG. 2012. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Svensson GP, Larsson MC. 2008. Journal of Chemical Ecology 34:189–197.
- Svensson GP et al. 2009. Entomologia Experimentalis et Applicata 1–7.
- Svensson GP et al. 2011. Biodiversity and Conservation 20(13):2883–2902.
- Stegner J. 2002. Entomologische Nachrichten und Berichte 46(4):213–238.
- Tome D. 2006. Tehniška založba Slovenije, Ljubljana.
- Vrezec A et al. 2008. Nacionalni inštitut za biologijo, Ljubljana.
- Vrezec A et al. 2011. Nacionalni inštitut za biologijo, Ljubljana.
- Vrezec A et al. 2014. Gozdarski vestnik 72(10):452–471.
- Vrezec A et al. 2019. Nacionalni inštitut za biologijo, Ljubljana.
- Vrezec A et al. 2020. Nacionalni inštitut za biologijo, Ljubljana.
- Zauli A et al. 2016. Microscopy Research and Technique 79:178–191.
- Žunič Kosi A et al. 2017. PLoS One 12(8)
- Žunič Kosi A et al. 2021. Final report on habitat and population survey of *Rosalia alpina*. Nacionalni inštitut za biologijo, Ljubljana.
- Žunič Kosi A et al. 2023. Entomology 2023 (Entomological Society of America Annual Meeting), November 5, National Harbor, MD, USA.