Interreg
Sofinancira EVROPSKA UNIJA
Sufinancira EUROPSKA UNIJA
Slovenija – Hrvatska

transPlant

Stanje populacija i biologija Scopolijeve gušarke (*Arabis scopoliana*) na prekograničnom programskom području

*Stanje populacij in biologija Scopolijevega repnjaka (*Arabis scopoliana*) na čezmejnem programskem območju*

Projekt	transPlant – Integrativna prekogranična zaštita Natura 2000 biljnih vrsta i staništa
Radni paket / Delovni sklop	Radni paket 2; Aktivnost 2.1 - Stanje populacija i biologija dinarskog rošca i Scopolijeve gušarke na prekograničnom programskom području
Odgovoran partner / Odgovoren partner	PMR – Prirodoslovni Muzej Rijeka
Vodeći partner / Vodilni partner	PMR – Prirodoslovni Muzej Rijeka
Autori / Avtorji	izv. prof. dr. sc. Boštjan Surina, dipl. univ. biol. dr. sc. Željka Modrić Surina, dipl. inž. biol. Dora Lolić, mag. biol. exp.
Prijevod / prevod	Dr. sc. Željka Modrić Surina izv. prof. dr. sc. Boštjan Surina
Unutarnja recenzija / Notranja recenzija	Doc. Dr. Peter Glasnović, dipl. univ. biol. UP

PRIRODOSLOVNI MUZEJ RIJEKA
NATURAL HISTORY MUSEUM RIJEKA
Primorsko-goranska županija
County of Primorje and Gorski kotar



Sadržaj / Vsebina

Sadržaj / Vsebina 1
Registar slika / Seznam slik 1
Registar tablica / Seznam tabel 3
O vrsti 4
Status vrste 5
Biologija i ekologija vrste 6
Obilježja staništa 6
Biologija razmnožavanja 11
Omjer broja peludnih zrnaca i jajnih stanica (P/O omjer) 22
Utvrđivanje genetskih provencijencija 28
Rasprostranjenost vrste 29
Sadašnja rasprostranjenost Scopolijeve gušarke 29
Rasprostranjenost i brojnost populacija na prekograničnom programskom području 31
Potencijalna rasprostranjenost vrste 38
Potencijalna rasprostranjenost vrste u budućnosti 39
Zaključak 41
Literatura 43

Registar slika / Seznam slik

Slika 1 Scopolijeva gušarka (Arabis scopoliana). Klek, 30.5.2024. Foto: B. Surina. / Scopolijev repnjak (Arabis scopoliana). Klek, 30.5.2024. Foto: B. Surina. 4
Slika 2 Stanište Scopolijeve gušarke (Arabis scopoliana) i praćenje njezinog stanja na trajnoj plohi na Snežniku. 24.10.2015. Foto: B. Surina. / Habitat Scopolijevega repnjaka (Arabis scopoliana) in spremljanje njegovega stanja na stalni raziskovalni ploskvi na Snežniku. 24. 10. 2015. Foto: B. Surina. 7
Slika 3 Stanište Scopolijeve gušarke (Arabis scopoliana) i praćenje njezinog stanja na trajnoj plohi na Snježniku. 29.7.2015. Foto: B. Surina / Habitat Scopolijevega repnjaka (Arabis scopoliana) in spremljanje njegovega stanja na stalni raziskovalni ploskvi na Snježniku. 29. 7. 2015. Foto: B. Surina. 8
Slika 4 Stanište Scopolijeve gušarke (Arabis scopoliana) i praćenje njezinog stanja na trajnoj plohi na Svilaji. 17.10.2015. Foto: B. Surina / Habitat Scopolijevega repnjaka (Arabis scopoliana) in spremljanje njegovega stanja na stalni raziskovalni ploskvi na Svilaji. 17. 10. 2015. Foto: B. Surina. 9
Slika 5a Mjesečna temperatura na lokacijama uspijevanja Scopolijeve gušarke (Arabis scopoliana) na Dinari i na Snežniku: u Smrekovoj dragi, kao i na vrhu Snežnika / Mesečna temperatura na rastiščih Scopolijevega repnjaka (Arabis scopoliana) na Dinari in Snežniku: v Smrekovi dragi in na vrhu Snežnika 10
Slika 6 Uzorak cvijeta vrste Arabis scopoliana spreman za fotografiranje. / Vzorec cveta vrste Arabis scopoliana pripravljen za fotografiranje. 13

Slika 7 Rezultati izmjerenih duljina latica kod vrsta Arabis scopoliana, A. alpina, A.vochinensis i A. bryoides. / Rezultati izmerjenih dolžin venčnih listov pri vrstah Arabis scopoliana, A. alpina, A. vochinensis in A. bryoides. 17
Slika 8 Rezultati izmjerene širine latica kod vrsta Arabis scopoliana, A. alpina, A.vochinensis i A. bryoides. / Rezultati izmerjenih širin venčnih listov pri vrstah Arabis scopoliana, A. alpina, A. vochinensis in A. bryoides. 18
Slika 9 Rezultati izmjerene duljine lapova kod vrsta Arabis scopoliana, A. alpina, A.vochinensis i A. bryoides. / Rezultati izmerjenih dolžin čašnih listov pri vrstah Arabis scopoliana, A. alpina, A. vochinensis in A. bryoides. 19
Slika 10 Rezultati izmjerene širine lapova kod vrsta Arabis scopoliana, A. alpina, A.vochinensis i A. bryoides. / Rezultati izmerjenih širin čašnih listov pri vrstah Arabis scopoliana, A. alpina, A. vochinensis in A. bryoides. 20
Slika 11 Rezultati izmjerene duljine filamenta unutarnjeg prašnika kod vrsta Arabis scopoliana, A. alpina, A.vochinensis i A. bryoides. / Rezultati izmerjenih dolžin filamentov notranjih prašnikov pri vrstah Arabis scopoliana, A. alpina, A. vochinensis in A. bryoides. 21
Slika 12 Udaljenost između antere prašnika i stigme tučka kod vrsta Arabis scopoliana, A. alpina, A.vochinensis i A. bryoides. / Razdalja med prašnico prašnika in brazdo pestiča pri vrstah Arabis scopoliana, A. alpina, A. vochinensis in A. bryoides. 21
Slika 13 Duljina vrata i njuške tučka kod vrsta Arabis scopoliana, A. alpina, A.vochinensis i A. bryoides. / Dolžina vratu in brazde pestiča pri vrstah Arabis scopoliana, A. alpina, A. vochinensis in A. bryoides. 22
Slika 14 Log P/O omjera vrsta Arabis alpina, A. scopoliana, A. vochinensis i A. bryoides na istraživanim lokacijama. / Logaritmirano razmerje P/O pri vrstah Arabis alpina, A. scopoliana, A. vochinensis in A. bryoides na raziskanih lokalitetah. 27
Slika 15 Haplotipska mreža na osnovu kloroplastnih sekvenci kod Scopolijeve gušarke (Arabis scopoliana). / Haplotipska mreža na podlagi kloroplastnih sekvenc pri Scopolijevem repnjaku (Arabis scopoliana). .. 29
Slika 16 Rasprostranjenost Scopolijeve gušarke (Arabis scopoliana). Žutom bojom označeni su uzorci za genetske analize, crvenom povijesna nalazišta na kojima nismo pronašli biljku, dok su plavom bojom označeni dvojbeni literaturni podaci. / Razširjenost Scopolijevega repnjaka (Arabis scopoliana). Z rumeno barvo so označeni vzorci za genetske analize, z rdečo zgodovinska nahajališča, na katerih rastline nismo našli, z modro barvo pa sporni literaturni podatki. 31
Slika 17 Mreža s označenim brojem rozeta Scopolijeve gušarke (Arabis scopoliana) unutar trajne plohe na Snježniku (Dinaridi, Liburnijski krš, Hrvatska). / Mreža z označenim številom rozet Scopolijevega repnjaka (Arabis scopoliana) znotraj stalne raziskovalne ploskve na Snježniku (Dinaridi, Liburnijski kras, Hrvaška). 33
Slika 18 Mreža i broj rozeta Scopolijeve gušarke (Arabis scopoliana) unutar trajne plohe na Svilaji (Dinaridi, Hrvatska). I Mreža in število rozet Scopolijevega repnjaka (Arabis scopoliana) znotraj stalne raziskovalne ploskve na Svilaji (Dinaridi, Hrvaška). 35
Slika 19 Mreža s označenim brojem rozeta Scopolijeve gušarke (Arabis scopoliana) unutar trajne plohe na Snežniku (Dinaridi, Liburnijski krš, Slovenija). / Mreža z označenim številom rozet Scopolijevega repnjaka (Arabis scopoliana) znotraj stalne raziskovalne ploskve na Snežniku (Dinaridi, Liburnijski kras, Slovenija). 36
Slika 20 Model potencijalne rasprostranjenosti Scopolijeve gušarke (Arabis scopoliana) unutar područja istraživanja (prema Čonč et al. 2025). / Model potencialne razširjenosti Scopolijevega repnjaka (Arabis scopoliana) na območju raziskave (po Čonč et al. 2025). 39

Slika 21 Modeli potencijalne rasprostranjenosti Scopolijeve gušarke (Arabis scopoliana) na programskom području u budućnosti (prema Kuhelj et al. 2025). / Modeli potencialne razširjenosti Scopolijevega repnjaka (Arabis scopoliana) na programskem območju v prihodnosti (po Kuhelj et al. 2025). 40

Registar tablica / Seznam tabel

Tablica 1 Prosječne vrijednosti izračunatih parametara za svaku uzorkovanu populacije Scopolijeve gušarke (Arabis scopoliana), alpske gušarke (Arabis alpina), bohinjske gušarke (Arabis vochinensis) i mahovnate gušarke (Arabis bryoides). / Povprečne vrednosti izračunanih parametrov za vsako vzorčeno populacijo Scopolijevega repnjaka (Arabis scopoliana), alpskega repnjaka (A.alpina), bohinjskega repnjaka (A. vochinensis) in mahovastega repnjaka (A. bryoides). 14
Tablica 2 Lokaliteti populacija vrsta Arabis alpina, A. scopoliana, A. vochinensis i A. bryoides kojima smo određivali P/O omjer. / Lokalitete populacij vrst Arabis alpina, A. scopoliana, A. vochinensis in A. bryoides, pri katerih smo določali razmerje P/O. 24
Tablica 3 P/O omjer vrsta Arabis alpina, A. scopoliana, A. vochinensis i A. bryoides na istraživanim lokacijama. / Razmerje P/O pri vrstah Arabis alpina, A. scopoliana, A. vochinensis in A. bryoides na raziskanih lokalitetah. 26
Tablica 4 Regije kloroplastne DNA koje smo testirali i koristili u određivanju genetskih provenijencija Scopolijeve gušarke (Arabis scopoliana). / Regije kloroplastne DNA, ki smo jih testirali in uporabili pri določanju genetskih provenienc Scopolijevega repnjaka (Arabis scopoliana). 28

O vrsti
O vrsti

Scopolijeva gušarka (*Arabis scopoliana*) je trajnica bijelih cvjetova i niska rasta (visine 5–10 cm) iz porodice krstašica (Brassicaceae; Slika 1). Cvijet se sastoji od četiri latice i četiri lista čaške; ima šest prašnika, pri čemu su unutarnja četiri dulja od dva vanjska. Plodnica je nadrasla, a vrat je jedan. Cvat je grozdast. Listovi na stabljici su zašiljeni, sjedeći, sa zaobljenom ili suženom bazom, a po rubu imaju jednostavne, čekinjasto stršeće dlačice. Plod je komuška, razmjerno kratka i spljoštena, sa sjemenkama bez krilaca koje su u pretincu poredane u jednom redu (Surina 2004). Razdoblje cvatnje obuhvaća kasno proljeće i rano ljeto, odnosno mjesece svibanj i početak lipnja, dok ispod prirodne šumske granice vrijeme cvjetanja može se pomaknuti i u srpanj.
Scopolijev repnjak (*Arabis scopoliana*) je nizka, 5–10 cm visoka trajnica z belimi cvetovi iz družine križnic (Brassicaceae; Slika 1). Cvet je sestavljen iz štirih venčnih listov in štirih čašnih listov; ima šest prašnikov, pri čemer so notranji štirje daljši od dveh zunanjih. Plodnica je nadrasla, vrat je en. Socvetje je grozdasto. Stebelni listi so koničasti, sedeči, z zaobljeno ali zoženo bazo, po robu pa imajo preproste, ščetinasto štrleče dlačice. Plod je lusk, razmeroma kratek in sploščen, s semeni brez krilc, ki so v predalčku razporejena v eni vrsti (Surina 2004). Obdobje cvetenja zajema pozno pomlad in zgodnje poletje, torej mesec maj in začetek junija, medtem ko se lahko pod naravno gozdno mejo čas cvetenja premakne tudi v julij.



Slika 1 Scopolijeva gušarka (Arabis scopoliana). Klek, 30.5.2024. Foto: B. Surina. / Scopolijev repnjak (*Arabis scopoliana*). Klek, 30.5.2024. Foto: B. Surina.

Status vrste

Status vrste

Scopolijeva gušarka je biljna vrsta koja se štiti na razini čitave Europske unije kroz mrežu Natura 2000 – navedena je u Direktivi Vijeća o očuvanju prirodnih staništa i divljih životinjskih i biljnih vrsta 92/43/EEZ od 21. svibnja 1992., Poglavlje 6. Direktive o staništima Natura 2000. Također, strogo je zaštićena zakonskim propisima na razini država Hrvatske i Slovenije. U Sloveniji ima status rijetke vrste (R), koja je zbog svoje rijetkosti na području Republike Slovenije potencijalno ugrožena i, u slučaju ugroženosti, može brzo prijeći u kategoriju ugrožene vrste (Prilog 1 pravilnika o uvrštavanju ugroženih biljaka i životinjske vrste na crvenom popisu, 2002), a njezin je konzervacijski status ocijenjen s DD (vrsta s nedovoljno podataka (Jogan 2011).

Scopolijev repnjak je rastlinska vrsta, ki je zaščitena na ravni celotne Evropske unije prek omrežja Natura 2000 – naveden je v Direktivi Sveta o ohranjanju naravnih habitatov ter prostoživečih živalskih in rastlinskih vrst 92/43/EGS z dne 21. maja 1992, Poglavje 6 Direktive o habitatih Natura 2000. Prav tako je strogo zaščiten z zakonodajo Republike Hrvaške in Republike Slovenije. V Sloveniji ima status redke vrste (R), ki je zaradi svoje redkosti na območju Republike Slovenije potencialno ogrožena in lahko hitro preide v kategorijo ogroženih vrst (Priloga 1 Pravilnika o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst na rdeči seznam, 2002), njen varstveni status pa je ocenjen z DD (vrsta s pomanjkljivimi podatki) (Jogan 2011).

Prema Izvješću Republike Hrvatske o napretku i provedbi mjera sukladno Direktivi 92/43/EEZ o zaštiti prirodnih staništa i divljih biljnih i životinjskih vrsta za razdoblje 2013-2018 (2019), napuštanje održavanja travnjaka prepoznato je kao prijetnja i pritisak za ciljnu vrstu *Arabis scopoliana*. Prestanak košnje i/ili pašnje dovodi do sukcesije i obraštanja travnjaka drvenastim vrstama što smanjuje potencijalni areal ove ciljne vrste. Terenskim istraživanjima djelatnika tvrtke Oikon d.o.o. prepoznati su i dodatni pritisci i prijetnje koji uključuju prirodnu sukcesiju koja rezultira promjenom sastava vrsta, sport, turizam i ostale rekreacijske aktivnosti te izgradnju cesta, staza, pruga i druge infrastrukture (Mlinarec Novosel *et al.* 2023; Turkalj & Đanić 2024).

Skladno s Poročilom Republike Hrvaške o napredku in izvajanju ukrepov v skladu z Direktivo 92/43/EGS o varstvu naravnih habitatov ter prostoživečih rastlinskih in živalskih vrst za obdobje 2013–2018 (2019) je bilo opuščanje vzdrževanja travišč prepoznano kot grožnja in pritisk na ciljno vrsto *Arabis scopoliana*. Prenehanje košnje in/ali paše povzroča sukcesijo ter zaraščanje travišč z lesnatimi vrstami, kar zmanjšuje potencialni areal te ciljne vrste. Terenske raziskave zaposlenih v podjetju Oikon d.o.o. so pokazale tudi dodatne pritiske in grožnje, med katere sodijo naravna sukcesija, ki povzroča spremembe v sestavi vrst, šport, turizem in druge rekreacijske dejavnosti ter gradnja cest, poti, železniških prog in druge infrastrukture (Mlinarec Novosel *et al.* 2023; Turkalj & Đanić 2024).

Prema posljednjem izvješću Republike Slovenije o napretku i provedbi mjera sukladno Direktivi 92/43/EEZ o zaštiti prirodnih staništa i divljih biljnih i životinjskih vrsta za razdoblje 2013-2018 (2019), prepoznati pritisci su aktivnosti vezane uz sport, turizam i slobodno vrijeme u alpskoj i kontinentalnoj biogeografskoj regiji, izgradnja ili razvoj infrastrukture za potrebe sporta, rekreacije ili zabave (izvan urbanih i rekreacijskih područja) u alpskom i kopnenom biogeografskom području te abiotski prirodni procesi (npr. erozija, zamuljivanje, isušivanje, potapanje, salinizacija) u kontinentalnoj biogeografskoj regiji (Lolić & Mihelin 2025).

V skladu z zadnjim poročilom Republike Slovenije o napredku in izvajanju ukrepov v skladu z Direktivo 92/43/EGS o varstvu naravnih habitatov ter prostoživečih rastlinskih in živalskih vrst za obdobje 2013–2018 (2019) so bili prepoznani naslednji pritiski: dejavnosti, povezane s športom, turizmom in prostim

časom, v alpski in celinski biogeografski regiji; gradnja ali razvoj infrastrukture za potrebe športa, rekreacije ali zabave (zunaj urbanih in rekreacijskih območij) v alpski in celinski biogeografski regiji ter abiotski naravni procesi (npr. erozija, zamuljevanje, izsuševanje, poplavljanje, zaslanjevanje) v celinski biogeografski regiji (Lolić & Mihelin 2025).

Biologija i ekologija vrste
Biologija in ekologija vrste

Obilježja staništa
Značilnosti habitata

Najčešća staništa Scopolijeve gušarke su pukotine stijena, točila i kamenjarski travnjaci te mjestima gdje se dugo zadržava snijeg u gornjem gorskom i subalpinskom pojasu; na Snežniku je nalazimo u subalpinskim travnjacima iz sveze *Seslerion juncifoliae*, u zajednici travnolisnog zvonca i čvrstog šaša (*Edraiantho graminifolii-Caricetum firmae*; Slika 2), zajednici udovičicolisnog staračca i šiljastog šaša (*Scabioso silenifoliae-Caricetum mucronatae*), u sastojini s prevladavajućom vrstom *Carex rupestris* (stjenoviti greben u pojasu klekovine ispod Malog Snežnika), u klekovini bora krivulja (*Hyperico grisebachii-Pinetum mugo*) te u fragmentarno razvijenoj zajednici predalpskog petoprstnika u dinarskom obliku (*Potentilletum caulescentis*); na Nanosu uspijeva u sastojinama pukotina stijena iz sveze *Potentillion caulescentis* te na kamenjarskim travnjacima fragmentarno razvijene zajednice *Genisto* sericeae-Seslerietum juncifoliae.
Najpogostejši habitati Scopolijevega repnjaka so skalne razpoke, melišča in kamnita travišča ter območja, kjer se sneg dolgo zadržuje, v zgornjem gorskem in subalpinskem pasu. Na Snežniku ga najdemo v subalpinskih traviščih zveze *Seslerion juncifoliae*, v združbi travnolistne vrčice in čvrstega šaša (*Edraiantho graminifolii-Caricetum firmae*; Slika 2), v združbi lepničevolistnega grintavca in ostnatega šaša (*Scabioso silenifoliae-Caricetum mucronatae*), v sestoju s prevladujočo vrsto *Carex rupestris* (skalnati greben v pasu ruševja pod Malim Snežnikom), v ruševju (*Hyperico grisebachii-Pinetum mugo*) ter v fragmentarno razviti združbi predalpskega petoprstnika v dinarski obliki (*Potentilletum caulescentis*); na Nanosu uspeva v sestojih skalnih razpok zveze *Potentillion caulescentis* ter na kamnitih traviščih fragmentarno razvite združbe *Genisto sericeae-Seslerietum juncifoliae*.



Slika 2 Stanište Scopolijeve gušarke (*Arabis scopoliana*) i praćenje njezinog stanja na trajnoj plohi na Snežniku. 24.10.2015. Foto: B. Surina. / *Habitat Scopolijevega repnjaka (*Arabis scopoliana*) in spremljanje njegovega stanja na stalni raziskovalni ploskvi na Snežniku. 24. 10. 2015. Foto: B. Surina.*

U Kupskoj dolini ovu vrstu nalazumo je u pukotinama stijena odnosno u zajednici *Potentilletum caulescentis* s. lat. i travnjačkoj zajednici *Carici sempervirentis-Seslerietum kalnikensis*. U mrazištima Gorskog kotara (npr. Ceclje), na mjestima gdje dugo leži snijeg, u sastojinama zajednice *Drepanoclado uncinati-Heliospermetum* iz sjeverozapadno-balkanske sveze *Salicion retusae* (Surina 2004; Modrić Surina & Surina 2010), na siparima zajednica *Drypetum linneanae*, *Cerastietum dinaricae*, *Seselietum malyianae* te *Bunio-Iberetum carnosae* iz sveze *Thlaspion rotundifolii* odnosno u asocijaciji *Saxifragetum prenjae* iz sveze *Saxifragion prenjae*. U travnjačkim fitocenozama hrvatskog Snježnika (Slika 3) i Ličke Plješivice (Trovrh) u asocijaciji *Edraiantho graminifolii-Caricetum firmae* te rjeđe u sastojinama bosanske vlasulje *Festucetum bosniacae* (također na Velebitu). Na vjetru najizloženijim staništima Velebita, Svilaje (Slika 4), Dinare i Plješivice (fragmentarno i na Snježniku) u uspijeva u sastojinama zajednice *Helianthemo alpestre-Caricetum kitaibelianae*, a na Velebitu i u sastojinama zajednice *Helianthemo balcanici-Caraicetum kitaibelianae*. Na Velebitu i Dinari se rijeđe javlja u vlažnijim pukotinama stijena, odnosno, unutar sastojina zajednice rascjepkanog slezenovca (*Asplenietum fissi*) odnosno sastojina zajednice Clusijevog petoprstnika (*Potentilletum clusianae*) (Horvat 1930, 1931; Modrić Surina & Surina 2015). Prisutnost vrste u sastojinama bora krivulja (*Pinus mugo*) smatra se sekundarnom pojavom, povezanom s progresijom vegetacije odnosno sukcesijskim zarastanjem otvorenih kamenitih travnjaka uslijed prestanka tradicionalne ispaše (Surina 2015).

V Kolpski dolini to vrsto najdemo v skalnih razpokah oziroma v združbi *Potentilletum caulescentis* s. lat. in travniški združbi *Carici sempervirentis-Seslerietum kalnikensis*. V mraziščih Gorskega kotarja (npr. Ceclje), na mestih, kjer se sneg dolgo zadržuje, uspeva v sestojih združbe *Drepanoclado uncinati-Heliospermetum* iz severozahodnobalkanske zveze *Salicion retusae* (Surina 2004; Modrić Surina & Surina 2010), na meliščih v združbah *Drypetum linneanae*, *Cerastietum dinaricae*, *Seselietum malyianae* ter *Bunio-Iberetum carnosae* iz zveze *Thlaspion rotundifolii* oziroma v asociaciji *Saxifragetum prenjae* iz zveze *Saxifragion prenjae*. V travniških fitocenozah Snježnika (slika 3) in Ličke Plješivice (Trovrh) se pojavlja v asociaciji *Edraiantho graminifolii-Caricetum firmae* ter redkeje v sestojih bosanske bilnice (*Festucetum bosniacae*),

prav tako tudi na Velebitu. Na najbolj vetrovno izpostavljenih rastiščih Velebita, Svilaje (slika 4), Dinare in Plješivice (fragmentarno tudi na Snežniku in Snježniku) uspeva v sestojih združbe *Helianthemo alpestre-Caricetum kitaibelianae*, na Velebitu pa tudi v sestojih združbe *Helianthemo balcanici-Caricetum kitaibelianae*. Na Velebitu in Dinari se redkeje pojavlja v vlažnejših skalnih razpokah, oziroma v sestojih združbe deljenolistnega sršaja (*Asplenietum fissi*) ter v sestojih združbe Cluzijevega petoprstnika (*Potentilletum clusianae*) (Horvat 1930, 1931; Modrić Surina & Surina 2015). Prisotnost vrste v sestojih rušja (*Pinus mugo*) velja za sekundarni pojav, povezan s progresijo vegetacije oziroma sukcesijskim zaraščanjem odprtih kamnitih travišč zaradi opuščanja tradicionalne paše (Surina 2015).



Slika 3 Stanište Scopolijeve gušarke (*Arabis scopoliana*) i praćenje njezinog stanja na trajnoj plohi na Snježniku. 29.7.2015. Foto: B. Surina / *Habitat Scopolijevega repnjaka (*Arabis scopoliana*) in spremljanje njegovega stanja na stalni raziskovalni ploskvi na Snježniku. 29. 7. 2015. Foto: B. Surina.*



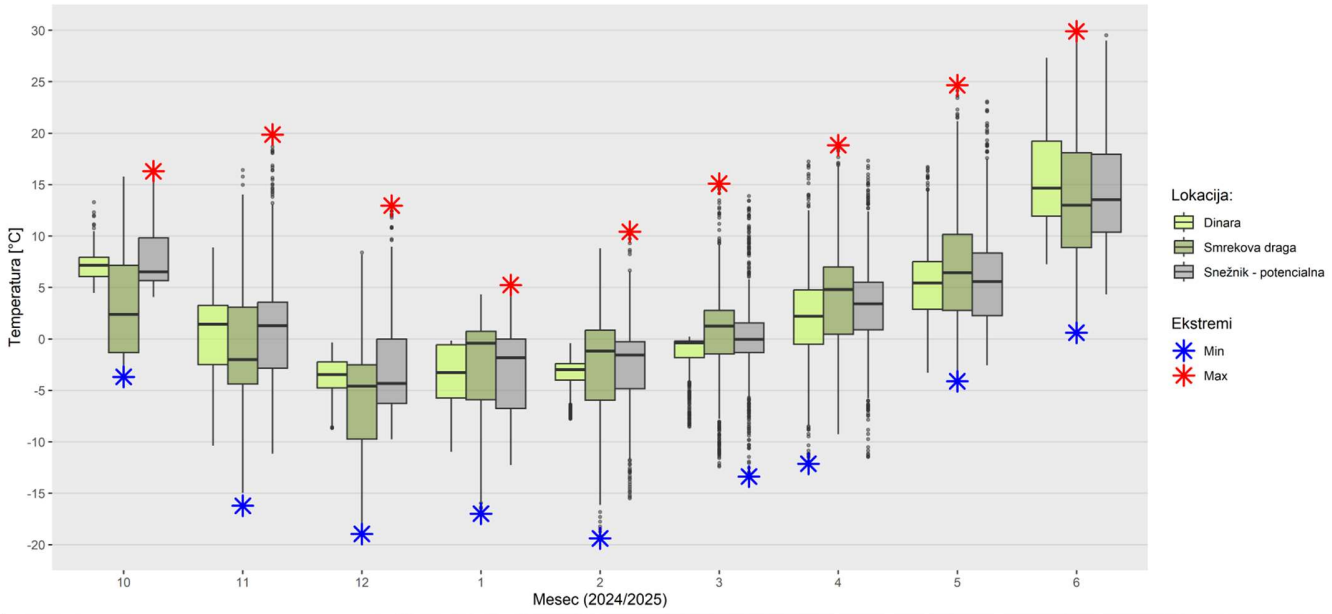
Slika 4 Stanište Scopolijeve gušarke (Arabis scopoliana) i praćenje njezinog stanja na trajnoj plohi na Svilaji. 17.10.2015. Foto: B. Surina / *Habitat Scopolijevega repnjaka (*Arabis scopoliana*) in spremljanje njegovega stanja na stalni raziskovalni ploskvi na Svilaji. 17. 10. 2015. Foto: B. Surina.*

Mjerenja temperature na staništima Scopolijeve gušarke na Dinari, u Smrekovoj dragi i na Snežniku, možemo primijetiti da je većina mjesečnih ekstremnih minimuma tepreratura zabilježena u Smrekovoj dragi, kao i dio veći dio proljetnih ekstremnih temperaturnih maksimuma. U Smrekovoj dragi bilježimo i najveći raspone temperaturnih kolebanja kroz godinu. Također, primjećujemo da se lokacija uspijevanja Scopolijeve gušarke na Snežniku po temperaturnim uvjetima staništa vrlo dobro poklapa s lokacijom uspijevanja na Dinari, iako se lokacija na Snežniku nešto više zagrijava i ima više zabilježenih ekstremnih maksimuma od lokacije na Dinari (Slika 5).

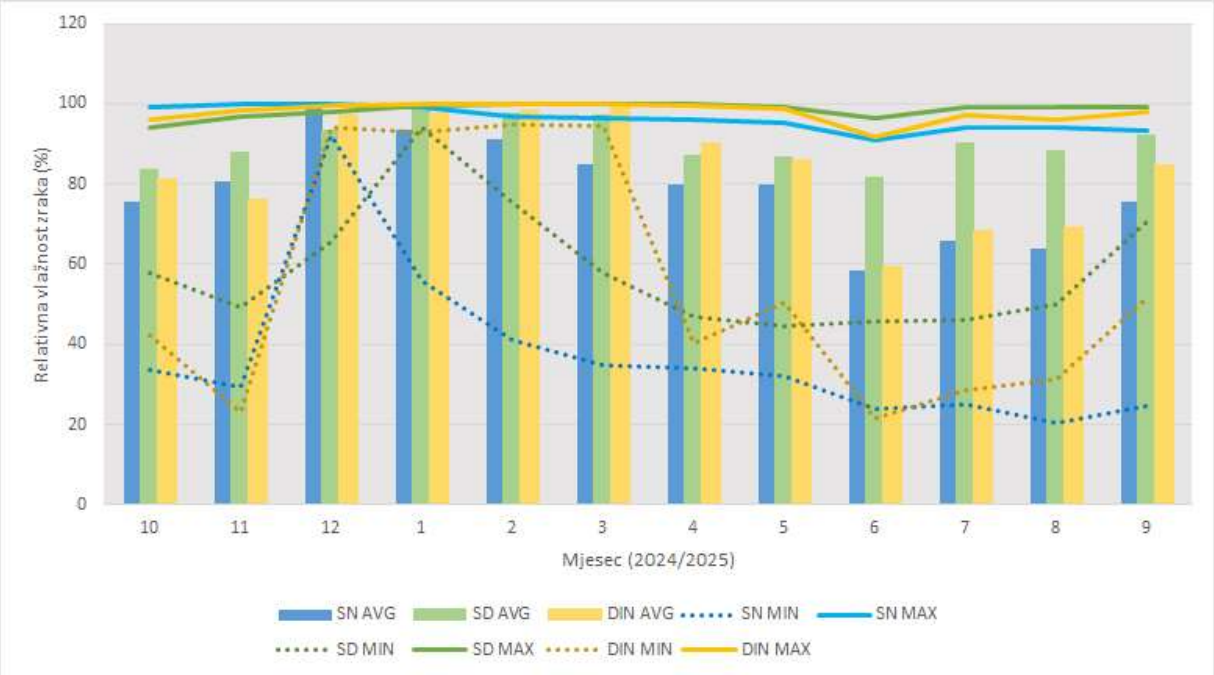
Pri meritvah temperature na rastiščih Scopolijevega repnjaka na Dinari, v Smrekovi dragi in na vrhu Snežniku lahko opazimo, da je bila večina mesečnih ekstremnih temperaturnih minimumov zabeležena v Smrekovi dragi, prav tako pa tudi večji del spomladanskih ekstremnih temperaturnih maksimumov. V Smrekovi dragi beležimo tudi največji razpon temperaturnih nihanj skozi leto. Prav tako opažamo, da se lokacija uspevanja Scopolijevega repnjaka na Snežniku glede temperaturnih razmer rastišča zelo dobro ujema z lokacijo uspevanja na Dinari, čeprav se lokacija na Snežniku nekoliko bolj segreva in ima več zabeleženih ekstremnih maksimumov kot lokacija na Dinari (slika 5).

Ukoliko usporedimo mjesečne relativne vlažnosti zraka na lokacijama uspijevanja Scopolijeve gušarke na Dinari i na Snežniku – u Smrekovoj dragi te na vrhu Snežnika, možemo primijetiti da je kroz veći dio godine, od 5. do 11. mjeseca, a posebno značajno za vrijeme vegetacijske sezone, od 6. do 9. mjeseca, prosječna relativna vlažnost zraka najveća u Smrekovoj dragi, što možemo objasniti temperaturnom inverzijom, smanjenom insolacijom i smanjenim prozračivanjem (Slika 2b). Relativna zračna vlažnost u Smrekovoj dragi značajno je veća za vrijeme natoplijih mjeseci u godini, što vjerojatno doprinosi smanjenju temperaturnog stresa i moguće doprinosi opstanku ove vrste. Najnižu mjesečnu vlažnost zraka u vegetacijskoj sezoni, a posebno u najtoplijem dijelu godine (6., 7., 8. i 9. mjesec) pokazuje lokacija uspijevanja gušarke na Snežniku (Slika 2b), kao i nešto više zagrijavanja i više ekstremnih temperaturnih maksimuma od lokacije u Smrekovoj dragi.

Če primerjamo mesečno relativno vlažnost zraka na rastiščih Scopolijevega repnjaka na Dinari in Snežniku – v Smrekovi dragi ter na vrhu Snežnika – lahko opazimo, da je skozi večji del leta, od maja do novembra, še posebej izrazito pa v času vegetacijske sezone, od junija do septembra, povprečna relativna vlažnost zraka največja v Smrekovi dragi, kar lahko pojasnimo s temperaturno inverzijo, zmanjšano insolacijo in slabšim prezračevanjem (slika 5b). Relativna zračna vlažnost v Smrekovi dragi je v toplejših mesecih leta bistveno višja, kar verjetno prispeva k zmanjšanju temperaturnega stresa in lahko vpliva na preživetje te vrste. Najnižjo mesečno zračno vlažnost v vegetacijski sezoni, zlasti v najtoplejšem delu leta (od junija do septembra), kaže rastišče repnjaka na Snežniku (slika 2b), kjer je tudi nekoliko večje segrevanje in več ekstremnih temperaturnih maksimumov kot na rastišču v Smrekovi dragi.



Slika 5a Mjesečna temperatura na lokacijama uspijevanja Scopolijeve gušarke *(Arabis scopoliana*) na Dinari i na Snežniku: u Smrekovoj dragi, kao i na vrhu Snežnika / Mesečna temperatura na rastiščih Scopolijevega repnjaka (*Arabis scopoliana*) na Dinari in Snežniku: v Smrekovi dragi in na vrhu Snežnika



Slika 5b Mjesečna relativna vlažnost zraka na lokacijama uspijevanja Scopolijeve gušarke (*Arabis* scopoliana) na Dinari i na Snežniku: u Smrekovoj dragi, kao i na vrhu Snežnika (SN – Snežnik, SD – Smrekova draga, DIN – Dinara) / *Mesečna relativna zračna vlaga na rastiščih Scopolijevega repnjaka na Dinari in na Snežniku: v Smrekovi dragi in na na ovršju Snežniku (SN – Snežnik, SD – Smrekova draga, DIN – Dinara)*

Biologija razmnožavanja
Biologija razmnoževanja

Samooplodnja je način razmnožavanja koji osigurava reproduktivnu sigurnost, te tipično uključuje i niz promjena u morfologiji cvijeta i njegovom razvoju, što je poznato kao 'selfing sindrom' (Toräng *et al.* 2017). Ipak, još nije sasvim istraženo koje biljne funkcionalne značajke i kombinacije istih osiguravaju učinkovitu samooplodnju i reproduktivni uspjeh. Samooplodnja biljci daje prednost u okolišima gdje su vrste rijetko raspoređene ili u okolišima s malo oprašivača. Prelazak na samooplodnju kao način razmnožavanja prati i smanjena produkcija peluda, smanjivanje cvijeta te produkcije nektara ili mirisa za privlačenje oprašivača. Isto tako, prate ga i morfološke promjene koje pridonose mogućnosti samooplodnje, kao što su smanjivanje udaljenosti između antere prašnika i njuške tučka (herkogamija), te orijentacija prašnika prema unutra, točnije prema njuški tučka. Kako bi se utvrdili morfološki pokazatelji sklonosti razmnožavanja pristupilo se morfometrijskoj obradi vrste. Obrađeni su primjerci vrste *Arabis scopoliana* te dodatno i tri srodne vrste (*Arabis alpina, Arabis vochinensis* te *Arabis bryoides*) koje rastu na istim lokalitetima u svrhu usporedbe parametara i reprodukcijskih sposobnosti.

Samoopraševanje je način razmnoževanja, ki zagotavlja reproduktivno varnost, ter običajno vključuje tudi vrsto sprememb v morfologiji cveta in njegovem razvoju, kar je znano kot »selfing sindrom« (Toräng *et al.* 2017). Kljub temu še ni povsem raziskano, katere funkcionalne značilnosti rastlin in njihove kombinacije zagotavljajo učinkovito samoopraševanje in reproduktivni uspeh. Samoopraševanje daje rastlinam prednost v okoljih, kjer so vrste redko razporejene ali kjer je malo opraševalcev. Prehod na samoopraševanje kot način razmnoževanja spremljajo tudi zmanjšana produkcija cvetnega prahu, zmanjšanje cveta ter zmanjšana produkcija nektarja ali vonja za privabljanje opraševalcev. Prav tako jo

spremljajo morfološke spremembe, ki prispevajo k povečani verjetnosti za samoopraševanje, kot so zmanjšanje razdalje med prašnicami in brazdo pestiča (herkogamija) ter usmerjenost prašnikov navznoter, natančneje proti brazdi pestiča. Za ugotavljanje morfoloških kazalnikov nagnjenosti k samoopraševanju smo izvedli morfometrična analizo vrst. Obravnavali smo primerke vrste *Arabis scopoliana*, dodatno pa tudi tri sorodne vrste (*A. alpina*, *A. vochinensis* in *A. bryoides*), ki uspevajo na istih lokacijah, z namenom primerjave parametrov in reprodukcijskih sposobnosti.

Morfometrijska obrada uključivala je rastavljanje cvjetova na komponente te mjerenje istih (Slika 6). Uzorci su obojani vodenom otopinom indikatora 'crystal violet'. Uzorak cvijeta pažljivo je rastavljen na lapove, latice te šest prašnika s tučkom. Svaki dio potom je položen na mikroskopsko stakalce te promatran pod lupom. Tako pripremljen uzorak fotografiran je, označen vlastitim brojem i kraticom lokacije. Svaka komponenta uzorka mjerena je u programu ImageJ, uz kalibriranje svake fotografije sa fotografiranim milimetarskim papirom kako bi se osigurala maksimalna točnost. Mjereni parametri bili su:

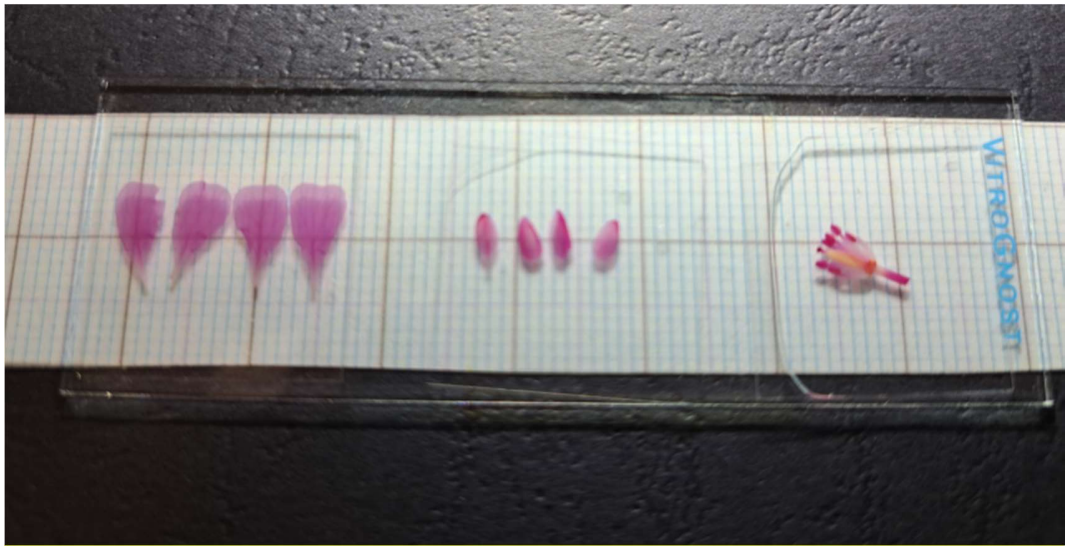
- dužina latice (PL – petal length),
- širina latice (PW – petal width),
- -dužina lapa (SL – sepal length),
- širina lapa (SW – sepal width),
- duljina filamenta vanjskog prašnika (FoL – filament outer length),
- duljina antere vanjskog prašnika (AoL – anther outer length),
- širina antere vanjskog prašnika (AoW – anther outer width),
- duljina filamenta unutarnjeg prašnika (FiL – filament inner length),
- duljina antere unutarnjeg prašnika (AiL – anther inner length),
- širina antere unutarnjeg prašnika (AiW – anther inner width),
- udaljenost stigme tučka od najbliže antere (ASd – anther-stigma distance),
- duljina tijela tučka (OL – ovary length) te
- -duljina vrata tučka (NL – neck length).

Morfometrična analiza je vključevala sekcijo cvetov na posamezne komponente in njihovo merjenje (slika 6). Vzorci so bili obarvani z vodno raztopino indikatorja »crystal violet«. Cvetni vzorec je bil previdno razstavljen na čašne liste, venčne liste ter šest prašnikov in pestič. Vsak del je bil nato položen na objektno stekelce in opazovan pod lupo. Tako pripravljen vzorec je bil fotografiran, označen z lastno številko in kratico lokalitete. Vsaka komponenta vzorca je bila izmerjena v programu ImageJ, pri čemer je bila vsaka fotografija kalibrirana s fotografiranim milimetrskim papirjem, da bi bila zagotovljena čim večja natančnost. Merjeni parametri so bili:

- dolžina venčnega lista (PL – petal length),
- širina venčnega lista (PW – petal width),
- dolžina čašnega lista (SL – sepal length),
- širina čašnega lista (SW – sepal width),
- dolžina filamenta zunanjega prašnika (FoL – filament outer length),
- dolžina prašnice zunanjega prašnika (AoL – anther outer length),
- širina prašnice zunanjega prašnika (AoW – anther outer width),
- dolžina filamenta notranjega prašnika (FiL – filament inner length),
- dolžina prašnice notranjega prašnika (AiL – anther inner length),
- širina prašnice notranjega prašnika (AiW – anther inner width),
- razdalja med brazdo pestiča in najbližjo prašnico (ASd – anther-stigma distance),
- dolžina plodnice (OL – ovary length) ter
- dolžina vratu pestiča (NL – neck length).

Prosječne vrijednosti mjerenih parametara prikazuje Tablica 1.

Povprečne vrednosti izmerjenih parametrov so prikazane v preglednici 1.



Slika 6 Uzorak cvijeta vrste *Arabis scopoliana* spreman za fotografiranje. / *Vzorec cveta vrste* Arabis scopoliana *pripravljen za fotografiranje.*

Dodatno su izračunati parametri omjera dužine i širine latice i lapova (PL/PW i SL/SW), kao i zbroj duljina vrata i tijela tučka (OL+NL).
Dodatno so bili izračunani parametri razmerja med dolžino in širino venčnih ter čašnih listov (PL/PW in SL/SW) ter vsota dolžin vratu in bazalnega dela pestiča *(OL+NL).*

Tablica 1 Prosječne vrijednosti izračunatih parametara za svaku uzorkovanu populacije Scopolijeve gušarke (Arabis scopoliana), alpske gušarke (Arabis alpina), bohinjske gušarke (Arabis vochinensis) i mahovnate gušarke (Arabis bryoides). / Povprečne vrednosti izračunanih parametrov za vsako vzorčeno populacijo Scopolijevega repnjaka (Arabis scopoliana), alpskega repnjaka (A.alpina), bohinjskega repnjaka (A. vochinensis) in mahovastega repnjaka (A. bryoides).

Mean (mm)		PL (petal length)	PW (petal width)	PL/PW	SL (sepal length)	SW (sepal width)	SL/SW	FoL (filament outer length)	AoL (anther outer length)	AoW (anther outer width)	FiL (filament inner length)	AiL (anther inner length)	AiW (anther inner width)	ASd (anther-stigma distance)	OL (ovary length)	NL (neck length)	**OL+NL**
Arabis scopoliana	Dinara	8,22	4,62	1,83	3,62	1,86	1,98	2,32	1,10	0,74	3,39	1,01	0,69	1,05	2,84	0,78	3,62
	Klek	8,18	5,13	1,60	3,60	1,83	1,98	1,73	1,06	0,73	2,53	1,02	0,71	0,99	2,75	0,61	3,36
	Lička Plješevica	7,82	4,29	1,86	3,22	1,74	1,87	2,17	1,02	0,69	3,03	0,92	0,68	0,98	2,75	0,58	3,33
	Nanos	7,63	4,58	1,68	3,28	1,77	1,89	1,84	1,02	0,71	2,80	0,99	0,73	0,74	2,48	0,55	3,03
	Snežnik	7,69	4,76	1,65	3,37	1,80	1,89	1,86	0,93	0,69	2,85	0,87	0,71	0,67	2,47	0,44	2,92
	Snježnik	6,28	4,23	1,50	2,95	1,71	1,73	1,49	0,97	0,70	2,27	0,92	0,71	0,61	2,06	0,50	2,56
	Svilaja	8,89	4,65	1,91	3,71	1,90	1,96	2,50	1,10	0,70	3,50	1,02	0,68	0,71	3,05	0,83	3,62
	Trnovski Gozd	5,41	3,35	1,62	3,06	1,65	1,88	1,09	0,78	0,47	1,82	0,68	0,59	0,65	1,56	0,52	2,07
	Ceclje	6,65	4,36	1,54	3,23	1,79	1,81	1,59	1,04	0,71	2,34	0,98	0,74	0,69	2,17	0,52	2,70
	Učka	7,44	5,09	1,47	3,35	1,80	1,87	1,60	0,98	0,69	2,29	0,90	0,64	0,97	2,60	0,64	3,23
	Zavižan - travnjak	7,50	4,06	1,87	3,31	1,81	1,84	1,77	1,12	0,71	2,77	1,08	0,73	0,88	2,55	0,57	3,12
	Zavižan - vrh	7,86	4,70	1,69	3,63	1,90	1,92	2,16	1,16	0,73	3,06	1,10	0,79	0,88	2,94	0,48	3,42
	Ljubeško brdo	7,45	4,23	1,77	3,55	1,92	1,86	2,12	1,01	0,86	3,02	0,99	0,87	1,04	2,58	0,44	3,02
Arabis alpina	Čvrsnica	10,29	5,51	1,87	4,26	2,00	2,14	3,23	1,50	0,80	5,34	1,28	0,75	0,80	4,75	0,83	5,58
	Lička Plješevica	10,58	5,11	2,08	4,38	1,91	2,31	3,26	1,51	0,79	5,47	1,44	0,77	1,33	6,10	0,74	6,84
	Učka	9,61	4,90	1,98	4,78	1,99	2,41	2,94	1,61	0,91	5,10	1,47	0,84	1,02	4,89	0,62	5,28
	Visočica	9,48	4,83	1,97	4,03	1,94	2,09	2,81	1,31	0,78	4,98	1,13	0,73	1,01	5,17	0,77	5,93
	Zavižan	8,92	3,94	2,26	4,04	1,81	2,25	3,24	1,48	0,89	5,38	1,38	0,82	0,93	5,44	0,55	5,75
	Srnopas	9,24	4,95	1,88	4,09	1,96	2,10	2,15	1,45	0,93	4,12	1,38	0,96	1,02	4,53	0,53	5,07
	Trnovski Gozd	6,93	3,00	2,33	3,71	1,40	2,71	1,97	1,12	0,76	3,97	1,03	0,70	1,07	4,20	0,56	4,77
	Bjelašnica	8,24	4,37	1,91	3,87	1,73	2,27	2,32	1,30	0,87	4,14	1,33	0,83	1,08	3,78	0,58	4,36
	Gjalica	10,81	5,03	2,19	4,51	2,05	2,21	3,73	1,65	1,07	5,69	1,57	1,03	1,26	4,97	0,65	5,62

	Shtegu e Dhenve	11,61	5,03	2,35	5,42	1,83	3,05	4,06	1,62	1,00	6,50	1,44	0,90	1,35	6,44	0,68	7,13
	MajaJ	11,86	5,89	2,03	5,23	2,00	2,70	3,53	1,38	0,94	6,06	1,30	0,80	1,37	5,40	0,63	6,04
	Blejska koča	8,15	4,55	1,89	3,89	1,76	2,23	3,04	1,21	0,83	5,45	1,11	0,81	1,35	5,96	0,46	6,42
Arabis vochinensis	Snežnik	6,72	3,64	1,86	3,19	1,70	1,89	2,27	1,03	0,66	3,02	0,92	0,67	0,85	3,22	0,97	4,19
	Snežnik - travnjak	6,95	3,81	1,84	3,23	1,71	1,90	2,04	1,05	0,64	2,96	0,98	0,71	1,19	3,34	1,04	4,39
	Blejska koča	6,74	3,61	1,88	3,17	1,76	1,81	2,06	0,91	0,65	3,13	0,85	0,68	1,00	2,85	0,90	3,45
Arabis bryoides	Gjalica	8,45	5,09	1,67	3,78	1,76	2,16	1,94	1,06	0,68	3,04	0,97	0,68	0,92	3,10	0,72	3,82

Torang i suradnici proveli su istraživanje na vrsti *Arabis alpina* s ciljem utvrđivanja varijabilnosti reproduktivnih strategija među populacijama različitih geografskih područja. Analizom morfometrijskih značajki cvijeta, uključujući prostorni odnos između antera i njuške tučka (herkogamija), kao i orijentaciju antera, utvrđeno je da populacije iz područja s ograničenom prisutnošću oprašivača pokazuju izražene prilagodbe prema samooplodnji (Toräng *et al.* 2017). U takvim populacijama zabilježeno je smanjenje udaljenosti između reproduktivnih organa, čime se olakšava prijenos peluda unutar istog cvijeta, kao i introzna orijentacija antera, odnosno njihovo usmjerenje prema njušci tučka, što dodatno povećava vjerojatnost autogamije. Osim navedenih morfoloških prilagodbi, autori ističu i smanjenu veličinu cvjetova te reduciranu atraktivnost za oprašivače kao dodatne pokazatelje prijelaza s alogamije na autogamiju. Takve promjene predstavljaju evolucijski odgovor na nepovoljne uvjete oprašivanja, pri čemu samooplodnja osigurava reproduktivni uspjeh u okolišima s niskom gustoćom ili aktivnošću oprašivača.

Toräng in sodelavci so izvedli raziskavo na vrsti *Arabis alpina* z namenom ugotavljanja variabilnosti reproduktivnih strategij med populacijami z različnih geografskih območij. Z analizo morfometričnih značilnosti cveta, vključno s prostorskim odnosom med prašnicami in brazdo pestiča (herkogamija) ter orientacijo prašnic, so ugotovili, da populacije z območij z omejeno prisotnostjo opraševalcev kažejo izrazite prilagoditve na samoopraševanje (Toräng *et al.* 2017). V takšnih populacijah je bila ugotovljena manjša razdalja med reproduktivnimi organi, kar olajšuje prenos cvetnega prahu znotraj istega cveta, ter introzna orientacija prašnic, torej njihova usmerjenost proti brazdi pestiča, kar dodatno povečuje verjetnost avtogamije. Poleg omenjenih morfoloških prilagoditev avtorji izpostavljajo tudi manjšo velikost cvetov ter zmanjšano privlačnost za opraševalce kot dodatna kazalnika prehoda iz alogamije v avtogamijo. Takšne spremembe predstavljajo evolucijski odziv na neugodne razmere za opraševanje, pri čemer samoplodnja zagotavlja reproduktivni uspeh v okoljih z nizko gostoto ali aktivnostjo opraševalcev.

Slični mehanizmi mogu se pretpostaviti i kod vrste *Arabis scopoliana*, koja nastanjuje izolirana i ekološki ekstremna staništa poput pukotina stijena i visokoplaninskih travnjaka, gdje je dostupnost oprašivača često ograničena. U takvim uvjetima dolazi do selekcijskog pritiska koji favorizira jedinke sposobne za samooplodnju. Kod *A. scopoliana* to se može očitovati kroz smanjenu herkogamiju, odnosno približavanje antera i njuške tučka, kao i kroz odgovarajuću orijentaciju prašnika koja omogućuje učinkovitiji prijenos peluda bez posredovanja oprašivača. Također, moguće su i promjene u vremenskom sazrijevanju reproduktivnih organa (dihogamija), pri čemu se sinkronizacijom njihove zrelosti dodatno povećava vjerojatnost autogamije.

Podobne mehanizme lahko predpostavimo tudi pri vrsti *Arabis scopoliana*, ki naseljuje izolirana in ekološko ekstremna rastišča, kot so skalne razpoke in visokogorska travišča, kjer je razpoložljivost opraševalcev pogosto omejena. V takšnih razmerah prihaja do selekcijskega pritiska, ki daje prednost osebkom, sposobnim samoopraševanja. Pri *A. scopoliana* se to lahko kaže v zmanjšani herkogamiji oziroma približevanju prašnic in brazde pestiča ter v ustrezni orientaciji prašnikov, ki omogoča učinkovitejši prenos cvetnega prahu brez posredovanja opraševalcev. Možne so tudi spremembe v časovnem dozorevanju reproduktivnih organov (dihogamija), pri čemer njihova sinhronizacija dodatno povečuje verjetnost avtogamije.

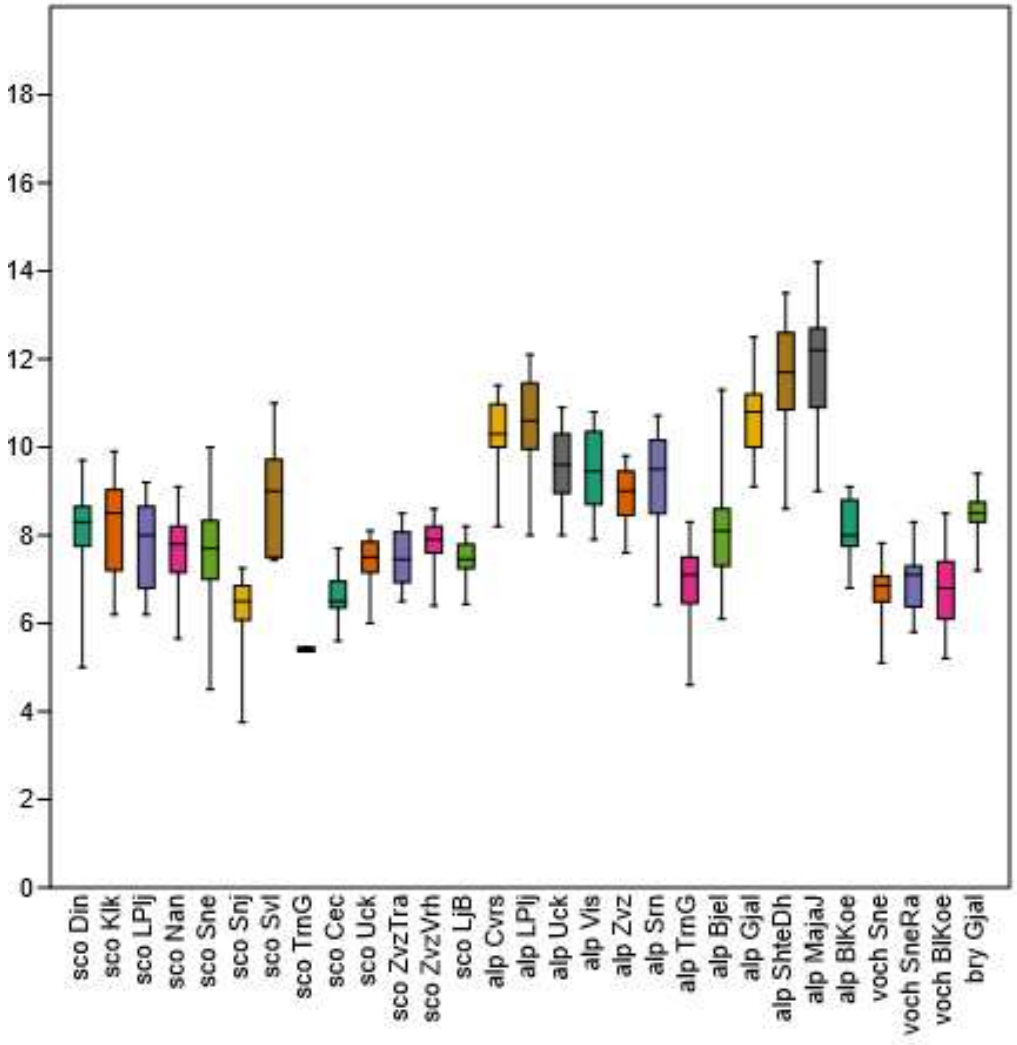
Takva reproduktivna strategija predstavlja adaptivnu prednost u nestabilnim i resursno ograničenim staništima, jer omogućuje reprodukciju čak i u uvjetima potpune odsutnosti oprašivača. Međutim, dugoročno može dovesti do smanjenja genetske raznolikosti unutar populacija, što potencijalno povećava njihovu osjetljivost na promjene okoliša.

Takšna reproduktivna strategija predstavlja prilagoditveno prednost na nestabilnih in z viri omejenih rastiščih, saj omogoča razmnoževanje tudi v razmerah popolne odsotnosti opraševalcev. Vendar pa lahko

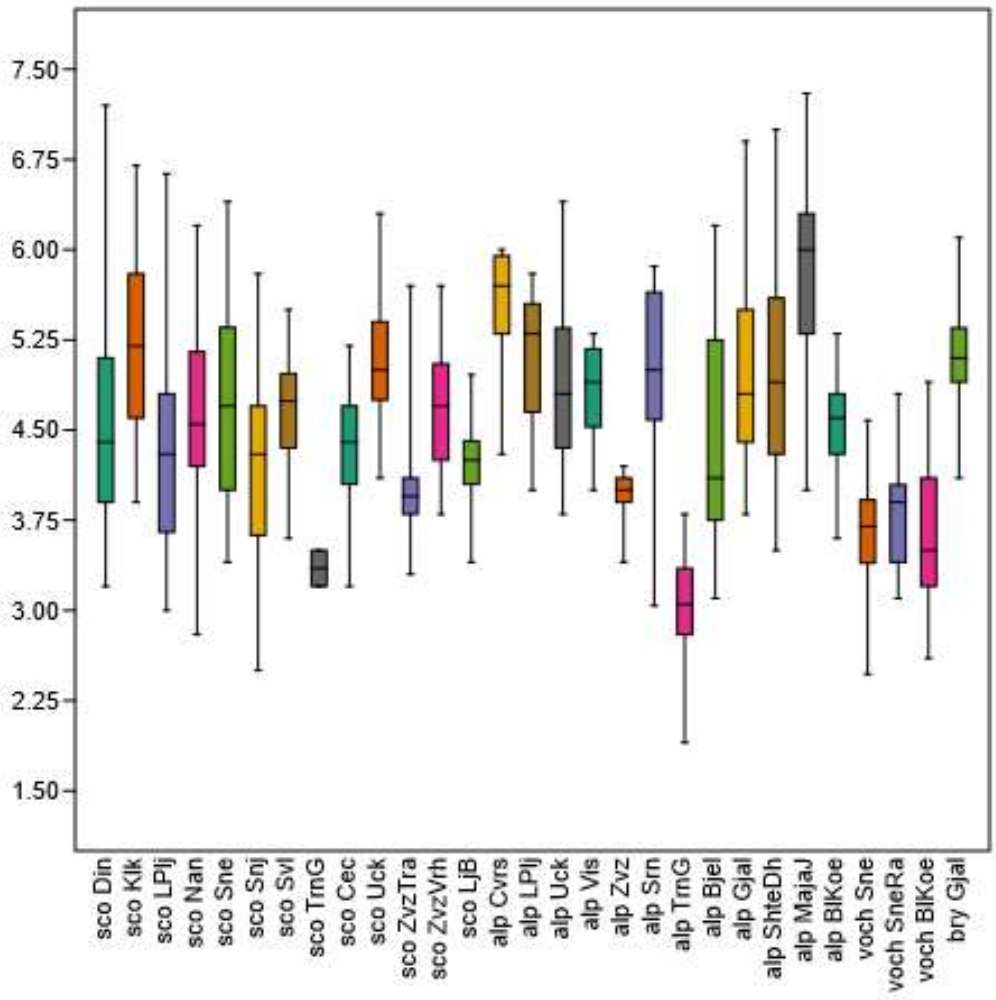
dolgoročno povzroči zmanjšanje genetske raznolikosti znotraj populacij, kar lahko poveča njihovo občutljivost na okoljske spremembe.

Duljina latica za vrstu *Arabis scopoliana* varira među lokacijama, s najduljim laticama na Svilaji, dok su najmanje na lokaciji Trnovski Gozd. Uspoređujući duljine latica među vrstama, vidljive su razlike s vrstom *A. alpina*, čije latice su značajno veće, iako također variraju među populacijama (Slika 7). Rezultati ostalih mjerenja prikazuju Slike 8-13.

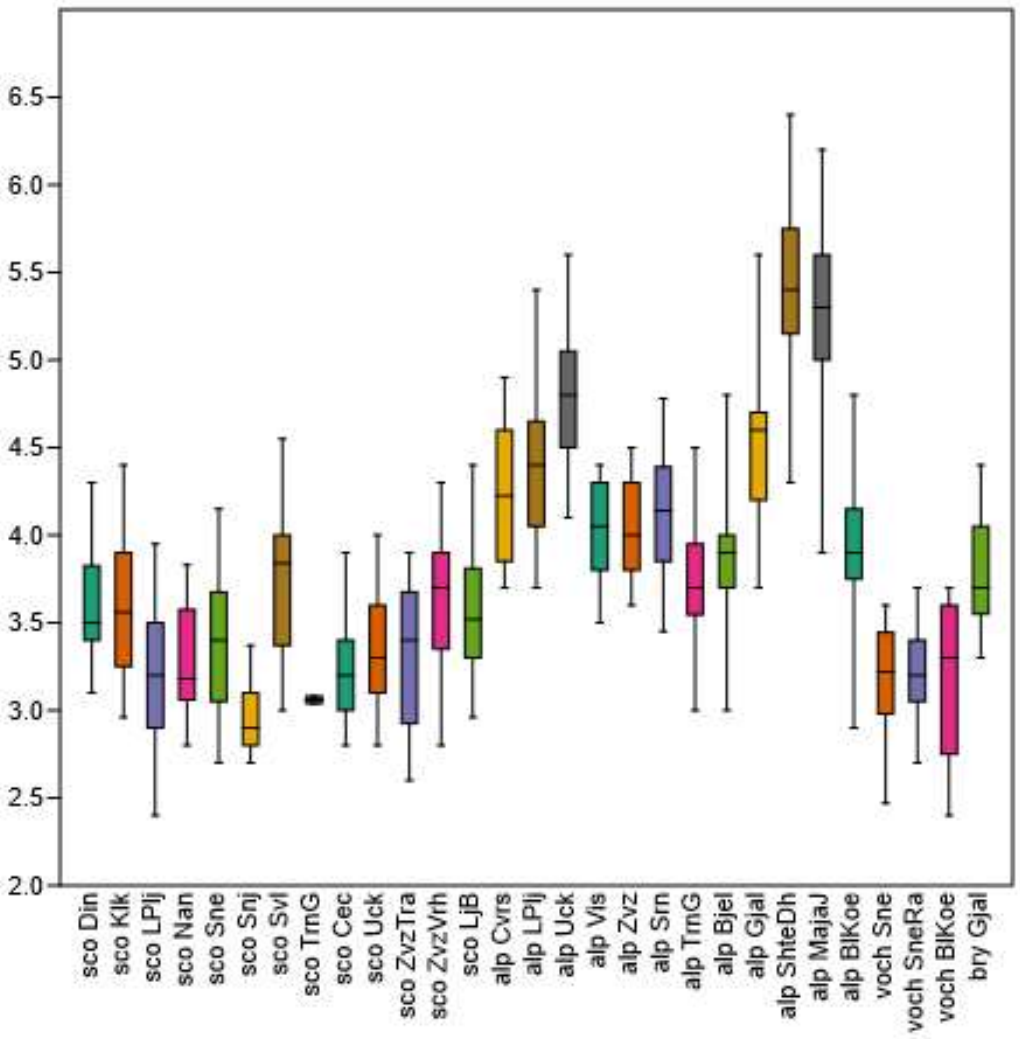
Dolžina venčnih listov pri vrsti *Arabis scopoliana* se med lokacijami razlikuje, pri čemer so najdaljši venčni listi na Svilaji, najkrajši pa na lokaliteti Trnovski gozd. Pri primerjavi dolžine venčnih listov med vrstami so opazne razlike pri vrsti *A. alpina*, katere venčni listi so bistveno večji, čeprav se tudi njihova dolžina razlikuje med populacijami (slika 7). Rezultati drugih meritev so prikazani na slikah 8–13.



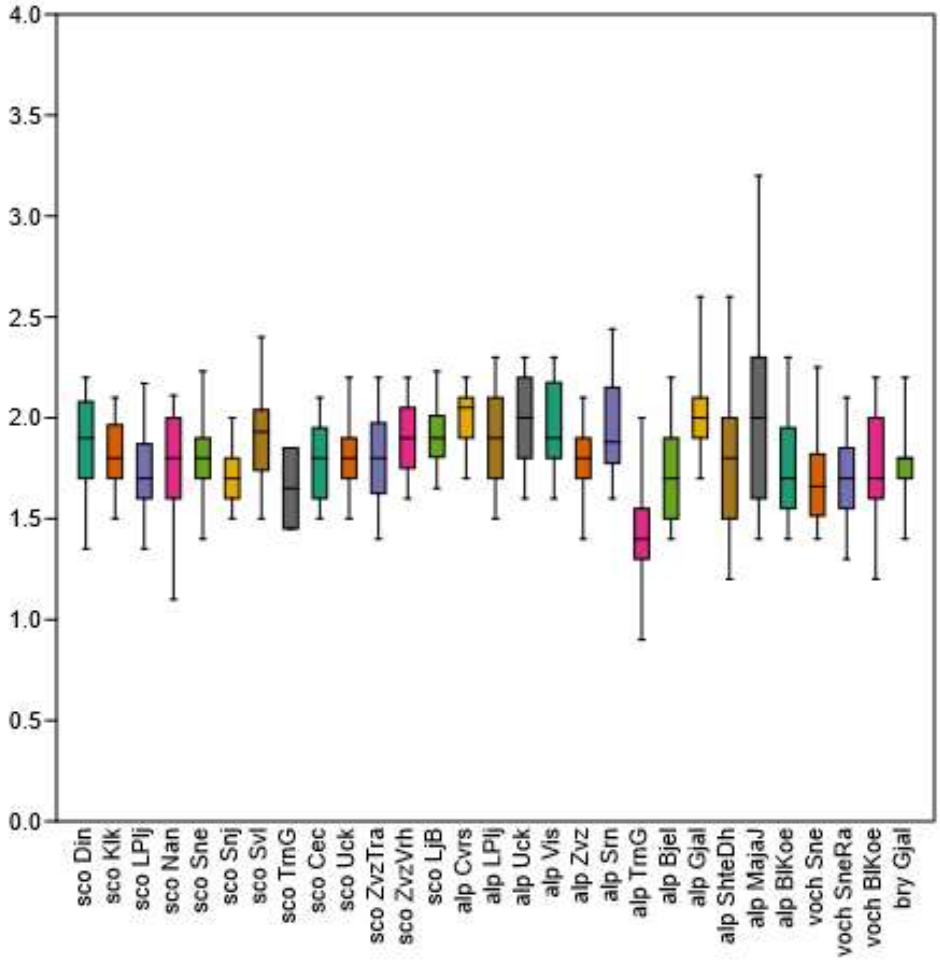
Slika 7 Rezultati izmjerenih duljina latica kod vrsta *Arabis scopoliana*, *A. alpina*, *A.vochinensis* i *A. bryoides*. / *Rezultati izmerjenih dolžin venčnih listov pri vrstah* Arabis scopoliana, A. alpina, A. vochinensis *in* A. bryoides.



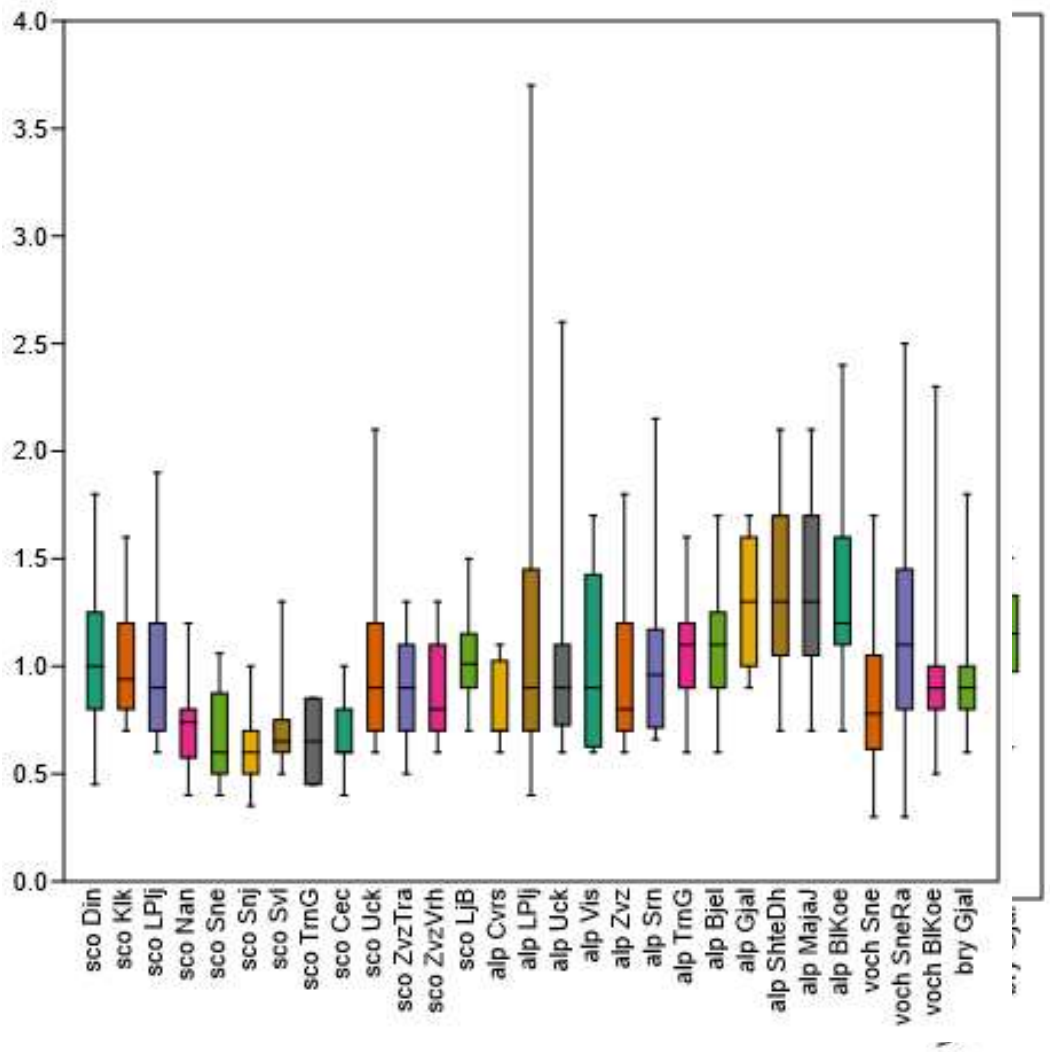
Slika 8 Rezultati izmjerene širine latica kod vrsta *Arabis scopoliana*, *A. alpina*, *A.vochinensis* i *A. bryoides*. / *Rezultati izmerjenih širin venčnih listov pri* vrstah Arabis scopoliana, A. alpina, A. vochinensis *in* A. bryoides.



Slika 9 Rezultati izmjerene duljine lapova kod vrsta *Arabis scopoliana*, *A. alpina*, *A.vochinensis* i *A. bryoides*. / *Rezultati izmerjenih dolžin čašnih listov pri* vrstah Arabis scopoliana, A. alpina, A. vochinensis *in* A. bryoides.



Slika 10 Rezultati izmjerene širine lapova kod vrsta *Arabis scopoliana*, *A. alpina*, *A.vochinensis* i *A. bryoides*. / *Rezultati izmerjenih širin čašnih listov pri vrstah* Arabis scopoliana, A. alpina, A. vochinensis *in* A. bryoides.

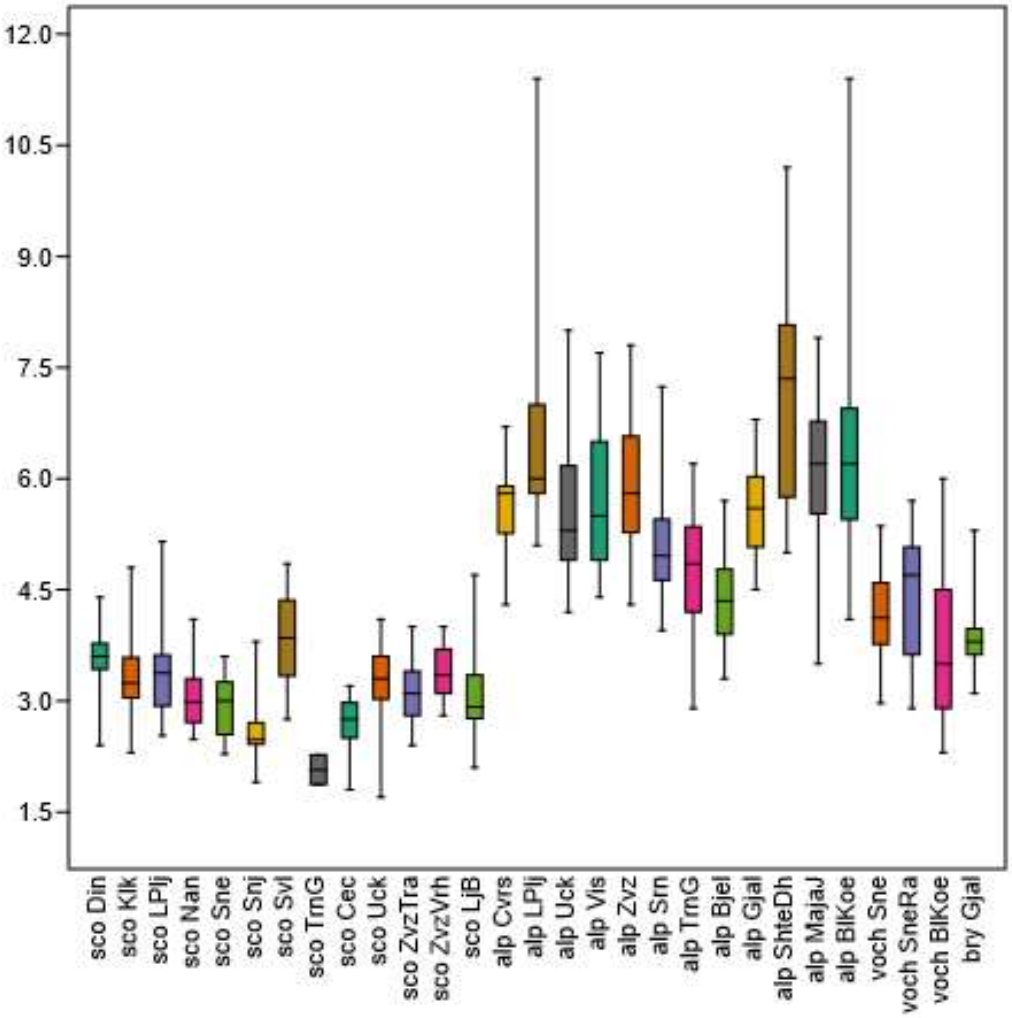


Slika 11 Rezultati izmjerene duljine filamenta unutarnjeg prašnika kod vrsta *Arabis scopoliana, A. alpina, A.vochinensis* i *A. bryoides*. / *Rezultati izmerjenih dolžin filamentov notranjih prašnikov pri vrstah* Arabis scopoliana, A. alpina, A. vochinensis *in* A. bryoides.

Slika 12 Udaljenost između antere prašnika i stigme tučka kod vrsta *Arabis scopoliana, A. alpina, A.vochinensis* i *A. bryoides*. / *Razdalja med prašnico prašnika in brazdo pestiča pri vrstah* Arabis scopoliana, A. alpina, A. vochinensis *in* A. bryoides.

Najmanja udaljenost između antera prašnika i stigme tučka kod Scopolijeve gušarke zabilježena je kod populacija s Nanosa, Snježnika, Svilaje i iz Ceclja (Slika 12), što može upućivati na izraženije samooprašivanje.

Najmanjša razdalja med prašnicami prašnikov in brazdo pestiča pri Scopolijevem repnjaku je bila zabeležena pri populacijah z Nanosa, Snežnika, Svilaje in iz Cecelj (slika 12), kar lahko kaže na izrazitejšo samoopraševanje.



Slika 13 Duljina vrata i njuške tučka kod vrsta *Arabis scopoliana, A. alpina, A.vochinensis* i *A. bryoides*. / *Dolžina vratu in brazde pestiča pri vrstah* Arabis scopoliana, A. alpina, A. vochinensis *in* A. bryoides.

Sve promatrane jedinke u našem pokusu imale su introzne antere, što upućuje na prelazak prema samokompatibilnosti i „selfing sindromu“.
Vsi analizirane rastline v našem poskusu so imele introzne prašnice, kar kaže na prehod k samokompatibilnosti in „selfing sindromu“.

Omjer broja peludnih zrnaca i jajnih stanica (P/O omjer)
Razmerje med številom pelodnih zrn in jajčnimi celicami (P/O razmerje)

P/O omjer, odnosno omjer broja peludnih zrnaca i broja jajnih stanica, smatra se pouzdanim pokazateljem reprodukcijskog sustava biljaka. Prema istraživanju Crudena (1977), ovaj se omjer sustavno smanjuje pri prijelazu s ksenogamije (unakrsne oplodnje) na autogamiju (samooplodnju), budući da vrste koje se oslanjaju na oprašivače proizvode znatno veće količine peluda kako bi povećale vjerojatnost uspješnog prijenosa. Suprotno tome, kod autogamnih vrsta selekcijski pritisak za velikom produkcijom peluda je smanjen, jer se oplodnja odvija unutar istog cvijeta, što rezultira nižim P/O omjerima. Cruden također

naglašava da je P/O omjer konzistentniji i pouzdaniji indikator reprodukcijske strategije u odnosu na morfološke značajke cvijeta, koje mogu biti pod utjecajem različitih ekoloških čimbenika.
Razmerje P/O oziroma razmerje med številom pelodnih zrn in številom jajčnih celic velja za razmeroma zanesljiv kazalnik reprodukcijskega sistema rastlin. Po raziskavi Crudena (1977) se to razmerje sistematično zmanjšuje pri prehodu s ksenogamije (navzkrižnega opraševanja) na avtogamijo (samopraševanje), saj vrste, ki so odvisne od opraševalcev, proizvajajo bistveno večje količine cvetnega prahu, da bi povečale verjetnost uspešnega prenosa. Nasprotno je pri avtogamnih vrstah selekcijski pritisk za veliko produkcijo cvetnega prahu zmanjšan, saj oploditev poteka znotraj istega cveta, kar se odraža v nižjih razmerjih P/O. Cruden poudarja tudi, da je razmerje P/O bolj konsistenten in zanesljiv kazalnik reprodukcijske strategije v primerjavi z morfološkimi značilnostmi cveta, na katere lahko vplivajo različni ekološki dejavniki.
U visokoplaninskim područjima, gdje dolazi do smanjenja abundancije i aktivnosti oprašivača, dostupnost biotičkih vektora oprašivanja postaje ključan limitirajući čimbenik za uspješnu ksenogamiju. Wirth i suradnici (2010) ističu da u takvim uvjetima dolazi do povećane učestalosti autogamije kao adaptivnog odgovora, čime se osigurava reproduktivni uspjeh unatoč nepovoljnim uvjetima za oprašivanje. Ovaj prijelaz prema samooplodnji često je praćen upravo smanjenjem P/O omjera, što odražava smanjenu potrebu za produkcijom velikih količina peluda.
V visokogorskih območjih, kjer prihaja do zmanjšanja abundance in aktivnosti opraševalcev, postane razpoložljivost biotskih vektorjev opraševanja ključni omejujoči dejavnik za uspešno ksenogamijo. Wirth in sodelavci (2010) poudarjajo, da se v takšnih razmerah poveča pogostost avtogamije kot prilagoditvenega odziva, s čimer se zagotavlja reproduktivni uspeh kljub neugodnim razmeram za opraševanje. Ta prehod k samoopraševanju pogosto spremlja prav zmanjšanje razmerja P/O, kar odraža manjšo potrebo po produkciji velikih količin cvetnega prahu.
Dodatno, Preston (1986) je analizom vrsta unutar porodice Brassicaceae pokazao jasnu povezanost između vrijednosti P/O omjera i reprodukcijskog sustava. Prema njegovim rezultatima, alogamne vrste u pravilu imaju vrlo visoke P/O omjere, najčešće veće od 3500, što je povezano s potrebom za učinkovitim prijenosom peluda između jedinki. S druge strane, autogamne vrste karakteriziraju znatno niže vrijednosti, najčešće ispod 1000, što odražava optimizaciju reproduktivnog ulaganja u uvjetima gdje vanjski prijenos peluda nije nužan. Takve vrijednosti ukazuju na evolucijsku prilagodbu kojom biljke smanjuju energetske troškove proizvodnje peluda, a istovremeno zadržavaju visoku učinkovitost oplodnje.
Dodatno je Preston (1986) z analizo vrst iz družine Brassicaceae pokazal jasno povezavo med vrednostmi razmerja P/O in reprodukcijskim sistemom. Po njegovih rezultatih imajo alogamne vrste praviloma zelo visoka razmerja P/O, najpogosteje višja od 3500, kar je povezano s potrebo po učinkovitem prenosu cvetnega prahu med osebki. Nasprotno pa so za avtogamne vrste značilne bistveno nižje vrednosti, najpogosteje pod 1000, kar odraža optimizacijo reprodukcijskega vložka v razmerah, kjer zunanji prenos cvetnega prahu ni nujen. Takšne vrednosti kažejo na evolucijsko prilagoditev, s katero rastline zmanjšujejo energijske stroške produkcije cvetnega prahu, hkrati pa ohranjajo visoko učinkovitost oploditve.

U svrhu istraživanja reprodukcijskih sposobnosti, na analiziranim uzorcima određen je broj peludnih zrnaca po prašniku te broj jajnih stanica unutar tučka. Uzorci su mikroskopski obrađeni, pri čemu je ukupan broj peluda kvantificiran primjenom funkcije Analyze Particles unutar programskog paketa ImageJ, dok je broj jajnih stanica izravno utvrđen prebrojavanjem pod mikroskopom. Dobiveni P/O omjeri omogućuju interpretaciju reprodukcijske strategije istraživane vrste, pri čemu niže vrijednosti upućuju na veći stupanj autogamije, dok više vrijednosti ukazuju na dominantnu ulogu ksenogamije.

Za namene raziskovanja reprodukcijskih sposobnosti smo v analiziranih vzorcih določili število pelodnih zrn na prašnik ter število jajčnih celic v pestiču. Vzorci so bili mikroskopsko obdelani, pri čemer je bilo skupno število pelodnih zrn kvantificirano z uporabo funkcije Analyze Particles v programskem paketu ImageJ, medtem ko je bilo število jajčnih celic neposredno določeno s štetjem pod mikroskopom. Dobljena razmerja P/O omogočajo interpretacijo reprodukcijske strategije raziskovane vrste, pri čemer nižje vrednosti kažejo na večji delež avtogamije, višje vrednosti pa na prevladujočo vlogo ksenogamije.

P/O omjer kod vrsta *Arabis alpina*, *A. scopoliana*, *A. vochinensis* i *A. bryoides* odredili smo na 26 populacija na lokalitetima koje prikazuje Tablica 2.
Razmerje P/O pri vrstah *Arabis alpina*, *A. scopoliana*, *A. vochinensis* in *A. bryoides* smo določili v 26 populacijah na lokalitetah, prikazanih v preglednici 2.

Tablica 2 Lokaliteti populacija vrsta Arabis alpina, A. scopoliana, A. vochinensis i A. bryoides kojima smo određivali P/O omjer. / Lokalitete populacij vrst Arabis alpina, A. scopoliana, A. vochinensis in A. bryoides, pri katerih smo določali razmerje P/O.

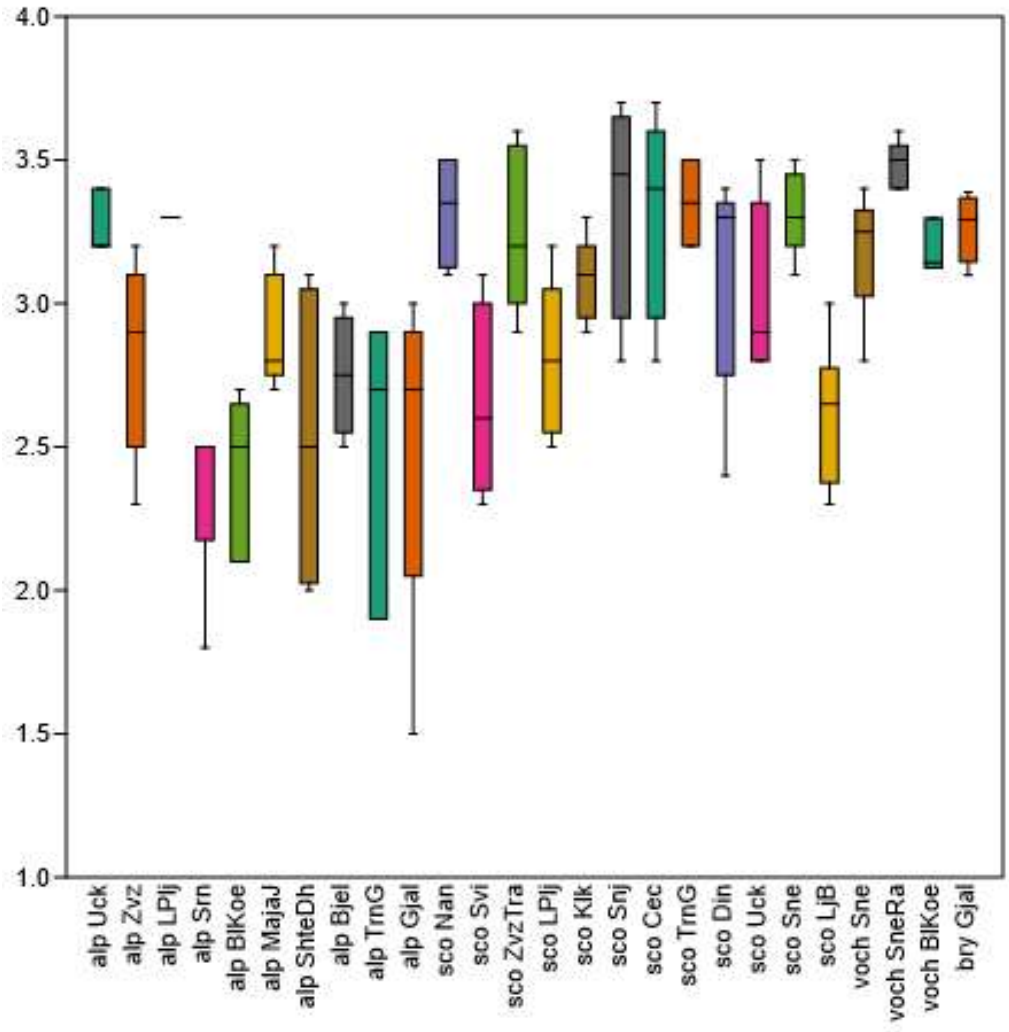
Svojta	*Lokalitet/populacija*
A.alpina	Učka
	Zavižan
	Lička Plješevica
	Srnopas
	Trnovski Gozd
	Bjelašnica
	Gjalica
	Shtegu e Dhenve
	MajaJ
	Blejska koča
A.vochinensis	Snežnik
	Snežnik - travnjak
	Blejska koča
A.scopoliana	Nanos
	Svilaja
	Zavižan -travnjak
	Lička Plješevica
	Klek
	Snježnik
	Ceclje
	Trnovski Gozd
	Dinara
	Učka
	Snežnik
	Ljubeško brdo
A. bryoides	Gjalica

Na temelju izračunatih P/O omjera (Tablica 3) može se zaključiti da populacije vrste *Arabis scopoliana* na lokalitetima Svilaja, Lička Plješevica i Ljubeško brdo pokazuju reprodukcijsku strategiju fakultativne autogamije. Takav tip razmnožavanja podrazumijeva sposobnost samooplodnje, ali i zadržavanje mogućnosti unakrsne oplodnje, ovisno o dostupnosti oprašivača i okolišnim uvjetima. Ovakva fleksibilnost predstavlja adaptivnu prednost u promjenjivim ili ograničavajućim uvjetima, posebice u planinskim područjima gdje je aktivnost oprašivača često smanjena.
Na podlagi izračunanih razmerij P/O (preglednica 3) lahko sklepamo, da populacije vrste *Arabis scopoliana* na lokalitetah Svilaja, Lička Plješivica in Ljubičko brdo kažejo reprodukcijsko strategijo fakultativne avtogamije. Takšen način razmnoževanja pomeni sposobnost samoplodnje, hkrati pa ohranjanje možnosti navzkrižne oploditve, odvisno od razpoložljivosti opraševalcev in okoljskih razmer.

Takšna prilagodljivost predstavlja adaptivno prednost v spremenljivih ali omejujočih razmerah, zlasti v gorskih območjih, kjer je aktivnost opraševalcev pogosto zmanjšana.

Tablica 3 P/O omjer vrsta Arabis alpina, A. scopoliana, A. vochinensis i A. bryoides na istraživanim lokacijama. / Razmerje P/O pri vrstah Arabis alpina, A. scopoliana, A. vochinensis in A. bryoides na raziskanih lokalitetah.

Lokalitet		P/O median	P/O prosjek	log P/O median	log P/O prosjeka
A. alpina	Učka	1594,0	1850,1	3,2	3,2
	Zavižan	882,1	834,7	2,9	2,8
	Lička Plješevica	1915,1	1915,1	3,2	3,2
	Srnopas	335,5	269,2	2,5	2,3
	Trnovski Gozd	438,6	455,9	2,6	2,5
	Bjelašnica	625,5	648,0	2,8	2,8
	Gjalica	452,6	491,1	2,7	2,5
	Shtegu e Dhenve	493,9	614,2	2,5	2,5
	Maja Jezerce	619,7	864,9	2,8	2,9
	Blejska koča	311,7	292,7	2,5	2,4
A. scopoliana	Nanos	2337,8	2283,7	3,3	3,3
	Svilaja	363,3	565,1	2,5	2,6
	Zavižan – travnjak	1682,0	2203,4	3,2	3,2
	Lička Plješevica	695,2	747,7	2,8	2,8
	Klek	1195,0	1247,4	3,0	3,1
	Snježnik	2902,4	2718,3	3,4	3,3
	Ceclje	2685,8	2556,5	3,4	3,3
	Trnovski Gozd	2232,8	2232,8	3,3	3,3
	Dinara	1834,0	1577,8	3,2	3,0
	Učka	774,2	1332,8	2,8	3,0
	Snežnik	2165,2	2222,2	3,3	3,3
	Ljubičko brdo	429,8	497,1	2,6	2,6
A. vochinensis	Snežnik	1680,4	1640,3	3,2	3,1
	Snežnik - travnjak	2565,8	2639,7	3,4	3,4
	Blejska koča	1358,7	1293,1	3,1	3,1
A. bryoides	Gjalica	1960,7	1905,7	3,3	3,3



Slika 14 Log P/O omjera vrsta Arabis alpina, A. scopoliana, A. vochinensis i A. bryoides na istraživanim lokacijama. /
Logaritmirano razmerje P/O pri vrstah Arabis alpina, A. scopoliana, A. vochinensis *in* A. bryoides *na raziskanih lokalitetah.*

Nasuprot tome, populacije na ostalim istraživanim lokalitetima — Nanos, Zavižan, Klek, Snježnik, Ceclje, Trnovski Gozd, Dinara, Učka i Snežnik — prema dobivenim vrijednostima P/O omjera te usporedbi s referentnim pragovima koje je definirao Cruden (1977), pokazuju obilježja fakultativne ksenogamije. To znači da se ove populacije primarno oslanjaju na unakrsnu oplodnju posredovanu oprašivačima, ali u određenim uvjetima mogu ostvariti i samooplodnju kao alternativni mehanizam reprodukcije.
Nasprotno pa populacije na drugih raziskanih lokalitetah – Nanos, Zavižan, Klek, Snežnik, Ceclje, Trnovski gozd, Dinara, Učka in Snežnik – na podlagi dobljenih vrednosti razmerja P/O ter primerjave z referenčnimi pragovi, ki jih je opredelil Cruden (1977), kažejo značilnosti fakultativne ksenogamije. To pomeni, da se te populacije primarno zanašajo na navzkrižno oploditev, ki jo posredujejo opraševalci, vendar lahko v določenih razmerah izvedejo tudi samoopraševanje kot alternativni mehanizem razmnoževanja.
Uočene razlike među populacijama ukazuju na izraženu plastičnost reprodukcijskog sustava vrste *A. scopoliana*, koja je vjerojatno rezultat prilagodbe lokalnim ekološkim uvjetima, ponajprije dostupnosti oprašivača i mikroklimatskim značajkama staništa. Populacije koje nastanjuju izoliranija ili ekstremnija staništa sklonije su autogamiji, dok one u povoljnijim uvjetima s većom prisutnošću oprašivača zadržavaju

dominantno ksenogamni način razmnožavanja. Ovakva varijabilnost reproduktivnih strategija ima važnu ulogu u očuvanju stabilnosti populacija, ali i u održavanju genetske raznolikosti unutar vrste.
Opažene razlike med populacijami kažejo na izrazito plastičnost reprodukcijskega sistema vrste *A. scopoliana*, ki je verjetno posledica prilagoditve lokalnim ekološkim razmeram, predvsem razpoložljivosti opraševalcev in mikroklimatskim značilnostim rastišč. Populacije, ki naseljujejo bolj izolirana ali ekstremnejša rastišča, so bolj nagnjene k avtogamiji, medtem ko populacije v ugodnejših razmerah z večjo prisotnostjo opraševalcev ohranjajo pretežno ksenogamen način razmnoževanja. Takšna variabilnost reprodukcijskih strategij ima pomembno vlogo pri ohranjanju stabilnosti populacij, pa tudi pri vzdrževanju genetske raznolikosti znotraj vrste.

Utvrđivanje genetskih provencijencija

Ugotavljanje genetskih provenienc

Za utvrđivanje genetskih provenijencija Scopolijeve gušarke koristili smo sekvence na tri kloroplastne regije od ukupno testiranih 12 regija (Tablica 4). Analiza je obuhvatila 1556 baznih parova, u sklopu kojih smo identificirali 41 mutaciju (supstituciju).

Za ugotavljanje genetskih provenienc Scopolijevega repnjaka smo uporabili sekvence treh kloroplastnih regij od skupno 12 testiranih regij (preglednica 4). Analiza je zajemala 1556 baznih parov, v okviru katerih smo identificirali 41 mutacij (substitucij).

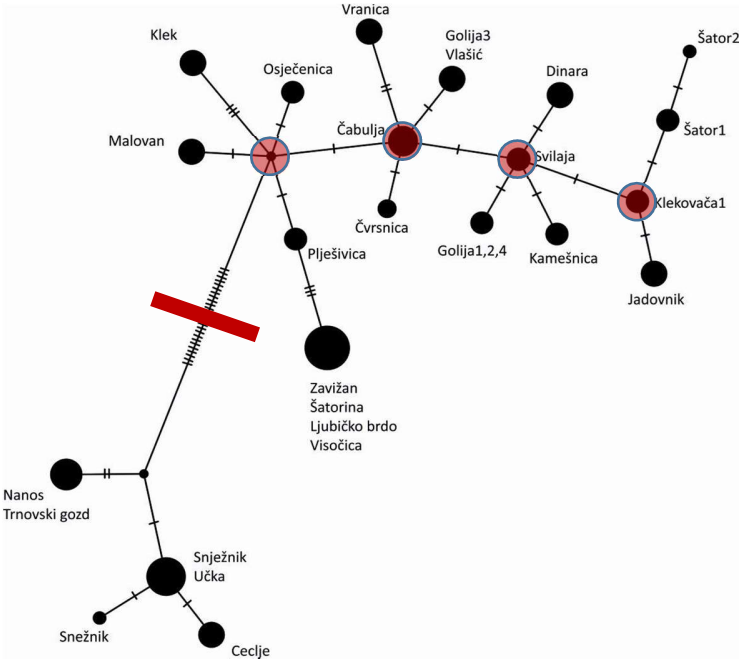
*Tablica 4 Regije kloroplastne DNA koje smo testirali i koristili u određivanju genetskih provenijencija Scopolijeve gušarke (Arabis scopoliana). / Regije kloroplastne DNA, ki smo jih testirali in uporabili pri določanju genetskih provenienc Scopolijevega repnjaka (*Arabis scopoliana*).*

Testirane regije	Upotrebljene regije	Broj baznih parova	Broj mutacija
matK1Fb-matK5Ra	✔		
ndhAx1-ndhAx2	✔		
ndhJ-TabE	✔		
rpsF-rpsR2	✔		
rpl32F-trnL(UAG)	✔		
rpl16F158-rpl16R1661	✔		
rps16 2F2-trnK(UUUx1)	✔		
TabC-TabF	✔	642	12
TabB-rps4R2	✔		
trnQ-rps16x1	✔		
trnS(GCU)-5'trnG2S	✔	380	17
trnV(UAC)-ndhC	✔	534	22
Ukupno	12	1556	41

Daljnjom analizom haplotipova izradili smo mrežu koja ukazuje na filogeografske odnose između populacija Scopolijeve gušarke (Slika 15 Haplotipska mreža na osnovu kloroplastnih sekvenci kod Scopolijeve gušarke (Arabis scopoliana).Slika 15). Nekoliko populacija iz različitih lokaliteta dijeli isti haplotip, na primjer populacije Nanos i Trnovski gozd, Vlašić i Golija, odnosno populacije iz sjevernog i srednjeg Velebita (Zavižan, Šatorina, Ljubičko Brdo, Visočica), dok genetska izoliranost populacije s Malovana ukazuje da je Scopolijeva gušarka kolonizirala Velebit neovisno barem dva puta. Iznenađujuće

je naročito jako izdvajanja grupe koju čine sjeverozapadne populacije (Nanos, Trnovski gozd, Snežnik, Snježnik, Učka, Ceclje) od svih ostalih, što ukazuje na njezinu razmjerno dugotrajnu reprodukcijsku izolaciju.

Z nadaljnjo analizo haplotipov smo izdelali mrežo, ki prikazuje filogeografske odnose med populacijami Scopolijevega repnjaka (slika 15 – haplotipska mreža na podlagi kloroplastnih sekvenc pri Scopolijevem repnjaku (*Arabis scopoliana*)). Več populacij z različnih lokalitet si deli isti haplotip, na primer populaciji Nanos in Trnovski gozd, Vlašić in Golija ter populacije iz severnega in srednjega Velebita (Zavižan, Šatorina, Ljubičko brdo, Visočica), medtem ko genetska izoliranost populacije z Malovana kaže, da je Scopolijev repnjak Velebit koloniziral neodvisno vsaj dvakrat. Posebej presenetljiva je izrazita ločenost skupine, ki jo sestavljajo severozahodne populacije (Nanos, Trnovski gozd, Snežnik, Snježnik, Učka, Ceclje) od vseh drugih, kar kaže na njihovo razmeroma dolgotrajno reprodukcijsko izolacijo.



Slika 15 Haplotipska mreža na osnovu kloroplastnih sekvenci kod Scopolijeve gušarke (*Arabis scopoliana*). / *Haplotipska mreža na podlagi kloroplastnih sekvenc pri Scopolijevem repnjaku (*Arabis scopoliana*).*

Rasprostranjenost vrste
Razširjenost vrste

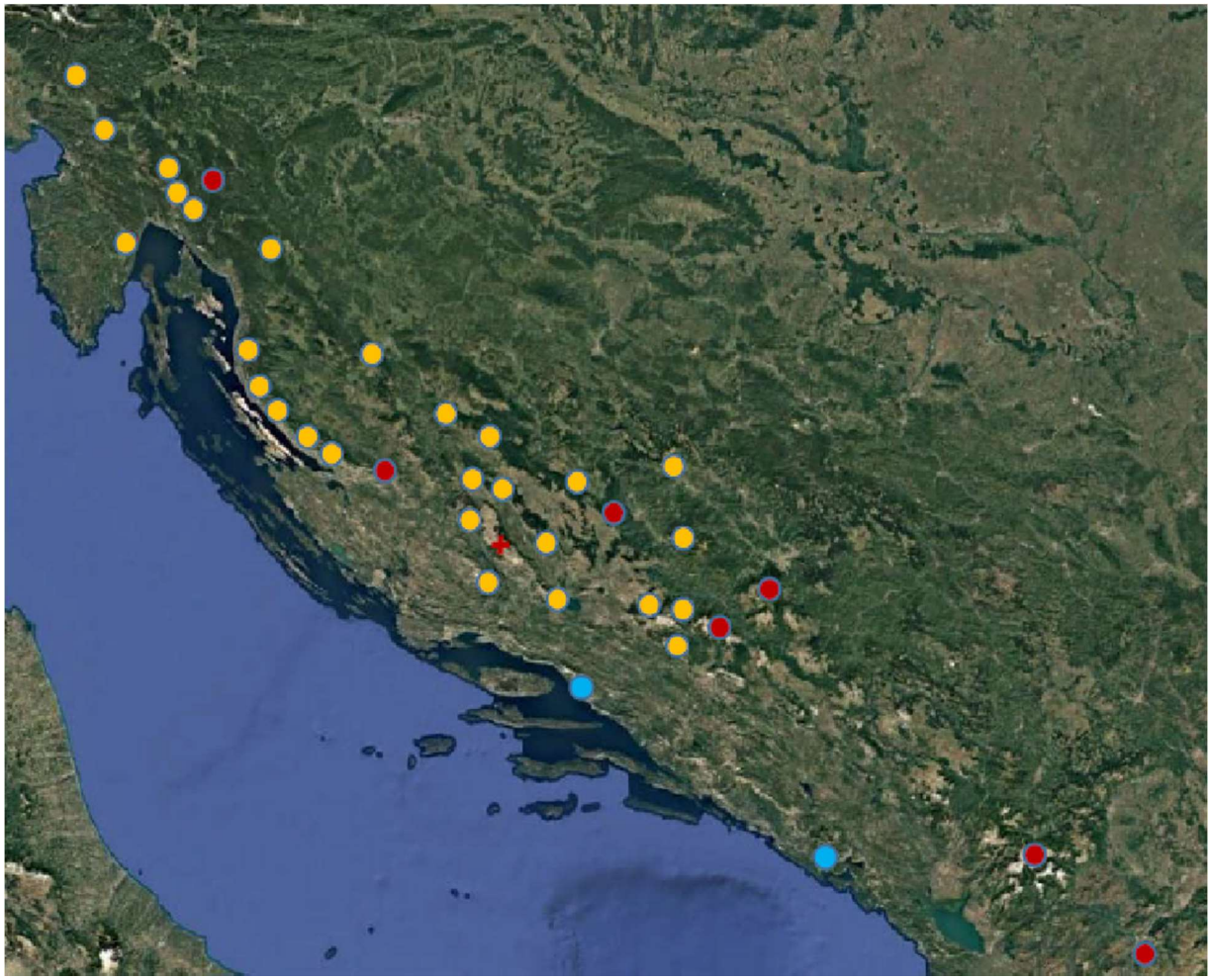
Sadašnja rasprostranjenost Scopolijeve gušarke
Sedanja razširjenost Scopolijevega repnjaka

Vrsta *Arabis scopoliana* ima središnje rasprostranjenje unutar Dinarida, protežući se od Slovenije na sjeveru do Albanije na jugu, zbog čega se često naziva „endem Dinarida“. Areal obuhvaća niz

visokoplaninskih staništa duž planinskog lanca, uključujući područja zapadne Slovenije i centralne Dinaride (Gaži-Baskova 1963; Surina 2004). Prema herbarijskim podacima iz 1918. g., disjunktno nalazište nalazi se na albanskoj Gjalici, kojeg u 2025. g. nismo uspijeli potvrditi. Na cijelom području sjeverozapadnih i centralnih Dinarida javlja se fragmentirano i u relativno malim populacijama (Slika 16). U okviru projekta, provjerili smo sljedeće literaturne i herbarijske navode o lokacijama na ko jima vrsta raste i koji su prikazani na donjoj slici. Nalaze u Kupskoj dolini i na Srnopasu u Hrvatskoj, na Bjelašnici i Plazenici u Bosni i Hercegovini te na Gjalici u Albaniji nismo mogli potvrditi na terenu, dok je za nalaz na Biokovu moguće da se radi o pogrešnom navodu (Radić 1976) odnosno pogrešnoj determinaciji (Šabanović u Mlinarec Novosel *et al.* 2023).

Vrsta *Arabis scopoliana* ima osrednjo razširjenost znotraj Dinaridov, ki sega od Slovenije na severu do Albanije na jugu, zato jo pogosto imenujemo »endemit Dinaridov«. Areal zajema številna visokogorska rastišča vzdolž gorske verige, vključno z območji zahodne Slovenije in osrednjih Dinaridov (Gaži-Baskova 1963; Surina 2004). Po herbarijskih podatkih iz leta 1918 se disjunktno nahajališče nahaja na albanski Gjalici, ki ga leta 2025 nismo uspeli potrditi. Na celotnem območju severozahodnih in osrednjih Dinaridov se vrsta pojavlja fragmentarno in v razmeroma majhnih populacijah (slika 16).

V okviru projekta smo preverili naslednje literaturne in herbarijske navedbe lokalitet, na katerih vrsta uspeva in ki so prikazane na spodnji sliki. Najdb v Kolpski dolini in na Srnopasu na Hrvaškem in na Bjelašnici v Bosni in Hercegovini ter na Gjalici v Albaniji na terenu nismo mogli potrditi, medtem ko je pri najdbi na Biokovu možno, da gre za napačno navedbo (Radić 1976) oziroma napačno določitev (Šabanović v Mlinarec Novosel *et al.* 2023).



Slika 16 Rasprostranjenost Scopolijeve gušarke (*Arabis scopoliana*). Žutom bojom označeni su uzorci za genetske analize, crvenom povijesna nalazišta na kojima nismo pronašli biljku, dok su plavom bojom označeni dvojbeni literaturni podaci. / *Razširjenost Scopolijevega repnjaka (*Arabis scopoliana*). Z rumeno barvo so označeni vzorci za genetske analize, z rdečo zgodovinska nahajališča, na katerih rastline nismo našli, z modro barvo pa sporni literaturni podatki.*

Rasprostranjenost i brojnost populacija na prekograničnom programskom području
Razširjenost in številčnost populacij na čezmejnem programskem območju

Na području Parka prirode Učka 2015. godine provedeno je kartiranje i praćenje ciljnih vrsta Parka prirode Učka s naglaskom na NATURA 2000 vrstu: Scopolijeva gušarka (*Arabis scopoliana* Boiss.) (Surina 2015). Za praćenje stanja *Arabis scopoliana* odabrane su trajne plohe unutar homogeno naseljenih subalpinskih kamenjarskih travnjaka Dinarida, pri čemu je glavni kriterij bio dovoljan broj jedinki za procjenu populacijskih trendova. Plohe dimenzija 5×5 m koristile su se za direktno brojanje rozeta, što je praktično i smanjuje rizik oštećenja biljaka, a broj rozeta uzima se kao pokazatelj brojnosti populacije.

Za populacije u pukotinama stijena površina i oblik ploha se prilagodio specifičnoj konfiguraciji terena. Drugi kriterij bio je dostupnost lokaliteta istraživačima; postavljene su plohe na planinama Snježnik, Snežnik, Učka i Svilaja.

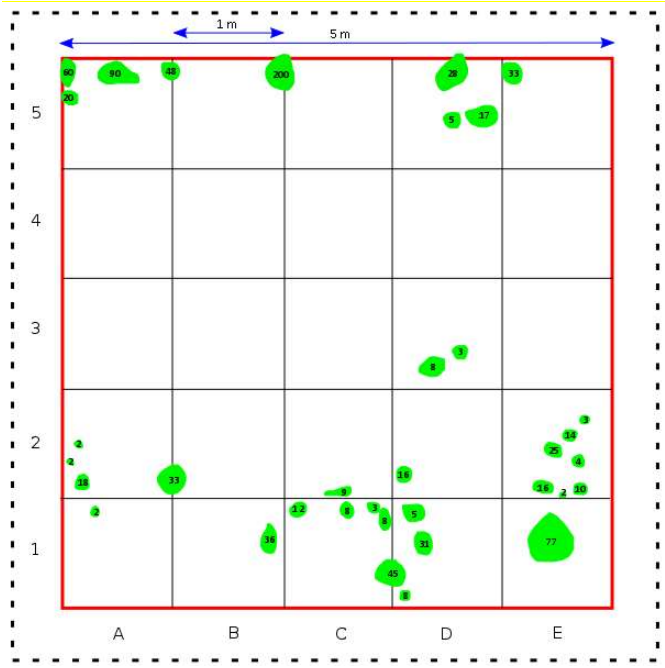
Na območju Naravnega parka Učka je bilo leta 2015 izvedeno kartiranje in spremljanje ciljnih vrst Naravnega parka Učka s poudarkom na vrsti Natura 2000: Scopolijev repnjak (*Arabis scopoliana* Boiss.) (Surina 2015). Za spremljanje stanja *Arabis scopoliana* so bile izbrane stalne raziskovalne ploskve znotraj homogeno naseljenih subalpinskih kamnitih travišč Dinaridov, pri čemer je bilo glavno merilo zadostno število osebkov za ocenjevanje populacijskih trendov. Na ploskvah velikosti 5 × 5 m se je izvajalo neposredno štetje rozet, kar je praktično in zmanjšuje tveganje za poškodbe rastlin, število rozet pa se uporablja kot kazalnik številčnosti populacije. Pri populacijah v skalnih razpokah sta bila površina in oblika ploskev prilagojeni specifični konfiguraciji terena. Drugo merilo je bila dostopnost lokalitet za raziskovalce; ploskve so bile vzpostavljene na gorah Snežnik, Snježnik, Učka in Svilaja.

U svrhu proučavanja stanišne ekologije izrađene su fitocenološke snimke sastojina unutar ploha, a pokrovnost kormofita i mahovina ocijenjena je Dominovom skalom (Dahl & Hadač 1941).
Za proučevanje habitatne ekologije so bili izdelani fitocenološki popisi sestojev znotraj ploskev, pokrovnost praprotnic, cvetnic in mahov pa je bila ocenjena po Dominovi lestvici (Dahl & Hadač 1941).

Trajna ploha Snježnik
(1) Lokalitet: Dinaridi, Hrvatska, Liburnijski krš, Snježnik, greben prema Međuvrhu pribl. 450 m SZ od vrha Snježnika
Koordinate: $45^0$26'33.9''N $14^0$34'46.5''E ± 4 m (WGS84)
Nadmorska visina: 1417 m
Ekspozicija: WNW
Inklinacija: 20^0
Stjenovitost: 30 %
Veličina plohe: 25 m^2
Stanište: subalpinski kameniti travnjak zajednice *Edraiantho graminifoliae-Caricetum firmae* (Slika 3)
Fitocenološki popis: *Carex firma* 7, *Sesleria juncifolia* 5, *Helianthemum alpestre* 4, *Anthyllis alpestris* 3, *Arabis scopoliana* 3, *Biscutella laevigata* 3, *Edraianthus graminifolius* 3, *Euphrasia salisburgensis* 3, *Gentiana clusii* 3, *Oxytropis dinarica* subsp. *velebitica* 3, *Achillea clavenae* 2, *Allium ericetorum* 2, *Campanula scheuchzeri* 2, *Hypochoeris radiata* 2, *Laserpitium peucedanoides* 2, *Leucanthemum adustum* 2, *Linum alpinum* subsp. *julicum* 2, *Pedicularis verticillata* 2, *Huperzia selago* 1, *Tofieldia calyculata* 1.
Leg.: B. Surina
Datum: 29.7.2015.

Stalna raziskovalna ploskev Snežnik
(1) Lokacija: Dinaridi, Hrvaška, Liburnijski kras, Snežnik, greben proti Međuvrhu, približno 450 m SZ od vrha Snežnika
Koordinate: 45°26'33,9'' N, 14°34'46,5'' E
± 4 m (WGS84)
Nadmorska višina: 1417 m
Ekspozicija: WNW

Naklon: 20°
Skalovitost: 30 %
Velikost ploskve: 25 m²
Habitat: subalpinsko kamnito travišče združbe *Edraiantho graminifoliae-Caricetum firmae* (slika 3)
Fitocenološki popis: *Carex firma* 7, *Sesleria juncifolia* 5, *Helianthemum alpestre* 4, *Anthyllis alpestris* 3, *Arabis scopoliana* 3, *Biscutella laevigata* 3, *Edraianthus graminifolius* 3, *Euphrasia salisburgensis* 3, *Gentiana clusii* 3, *Oxytropis dinarica* subsp. *velebitica* 3, *Achillea clavenae* 2, *Allium ericetorum* 2, *Campanula scheuchzeri* 2, *Hypochoeris radiata* 2, *Laserpitium peucedanoides* 2, *Leucanthemum adustum* 2, *Linum alpinum* subsp. *julicum* 2, *Pedicularis verticillata* 2, *Huperzia selago* 1, *Tofieldia calyculata* 1.
Leg.: B. Surina
Datum: 29. 7. 2015



Slika 17 Mreža s označenim brojem rozeta Scopolijeve gušarke (*Arabis scopoliana*) unutar trajne plohe na Snježniku (Dinaridi, Liburnijski krš, Hrvatska). / *Mreža z označenim številom rozet Scopolijevega repnjaka (*Arabis scopoliana*) znotraj stalne raziskovalne ploskve na Snježniku (Dinaridi, Liburnijski kras, Hrvaška).*

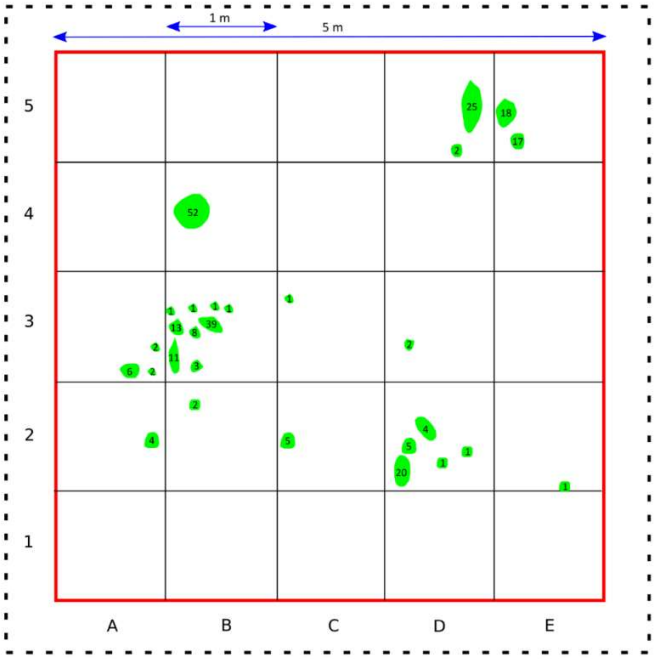
Prebrojali smo 901 rozetu Scopolijeve gušarke (Slika 17). Pojedini primjerci javljaju se u gustim skupinama.
Prešteli smo 901 rozeto Scopolijevega repnjaka (slika 17). Posamezni osebki se pojavljajo v gostih skupinah.

Trajna ploha Svilaja
(2) Lokalitet: Dinaridi, Hrvatska, Svilaja, vrh Vršina na vršnom grebenu jugoistočno od Bata
Koordinate: 43047'15.4''N 16029'39.1''E 3 m (WGS84)
Nadmorska visina: 1434 m
Ekspozicija: ENE
Inklinacija: 300

Stjenovitost: 30 %
Veličina plohe: 25 m2
Stanište: subalpinski kameniti travnjak *zajednice Helanthemo alpestre-Caricetum kitaibelianae* (Slika 4)
Fitocenološki popis: *Carex kitaibeliana* 8, *Sesleria juncifolia* 5, *Anthyllis montana* subsp. *jacqunii* 4, *Edraianthus graminifolius* 4, *Festuca panciciana* 4, *Genista januensis* 4, *Gentiana verna* 4, *Globularia cordifolia* 4, *Paronychia kapela* 4, *Saxifraga paniculata* 4, *Teucrium montanum* 4, *Thymus striatus* 4, *Arabis scopoliana* 3, *Asperula cynanchica* 3, *Dianthus sylvestris* 3, *Inula ensifolia* 2, *Anthyllis alpestris* 1, *A. aurea* 1, *Gentiana utriculosa* 1, *Juniperus alpina* 1, *Leucanthemum adustum* 1, *Pedicularis friderici-augusti* 1, *Phyteuma orbiculare* 1, *Plantago holosteum* 1, *Rosa pendulina* 1, *Thesium divaricatum* 1.
Leg.: M. Tišler, J. Peroš, M. Ruščić, B. Surina
Datum: 17.10.2015.

Stalna raziskovalna ploskev Svilaja

(2) Lokacija: Dinaridi, Hrvaška, Svilaja, vrh Vršina na vršnem grebenu jugovzhodno od Bata
Koordinate: 43°47'15,4'' N, 16°29'39,1'' E ± 3 m (WGS84)
Nadmorska višina: 1434 m
Ekspozicija: ENE
Naklon: 30°
Skalovitost: 30 %
Velikost ploskve: 25 m²
Habitat: subalpinsko kamnito travišče združbe *Helianthemo alpestre-Caricetum kitaibelianae* (slika 4)
Fitocenološki popis: *Carex kitaibeliana* 8, *Sesleria juncifolia* 5, *Anthyllis montana* subsp. *jacqunii* 4, *Edraianthus graminifolius* 4, *Festuca panciciana* 4, *Genista januensis* 4, *Gentiana verna* 4, *Globularia cordifolia* 4, *Paronychia kapela* 4, *Saxifraga paniculata* 4, *Teucrium montanum* 4, *Thymus striatus* 4, *Arabis scopoliana* 3, *Asperula cynanchica* 3, *Dianthus sylvestris* 3, *Inula ensifolia* 2, *Anthyllis alpestris* 1, *A. aurea* 1, *Gentiana utriculosa* 1, *Juniperus alpina* 1, *Leucanthemum adustum* 1, *Pedicularis comosa* 1, *Phyteuma orbiculare* 1, *Plantago holosteum* 1, *Rosa pendulina* 1, *Thesium divaricatum* 1.
Leg.: M. Tišler, J. Peroš, M. Ruščić, B. Surina
Datum: 17. 10. 2015.

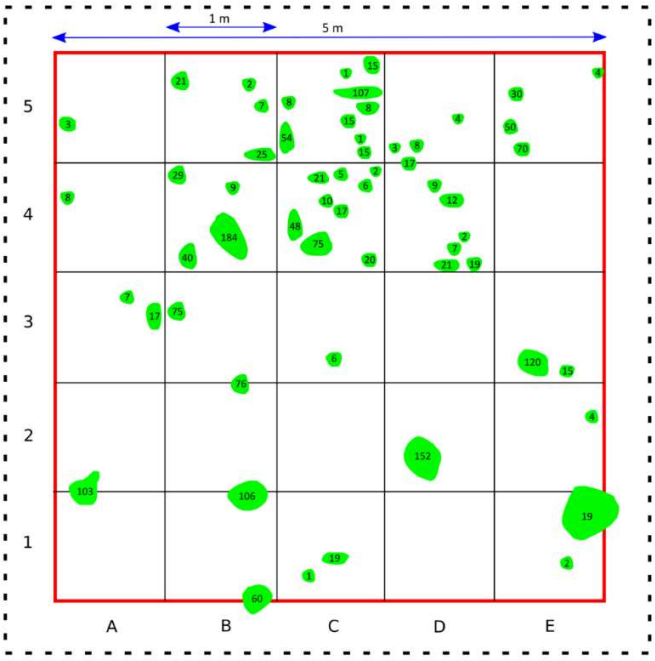


Slika 18 Mreža i broj rozeta Scopolijeve gušarke (Arabis scopoliana) unutar trajne plohe na Svilaji (Dinaridi, Hrvatska). I *Mreža in število rozet Scopolijevega repnjaka (*Arabis scopoliana*) znotraj stalne raziskovalne ploskve na Svilaji (Dinaridi, Hrvaška).*

Prebrojali smo 240 rozeta Scopolijeve gušarke (Slika 18).
Prešteli smo 240 rozet Scopolijevega repnjaka (slika 18).

Trajna ploha Snežnik
(3) Lokalitet: Dinaridi, Slovenija, Liburnijski krš, Snežnik, vršni dio travnjaka prema sjeveroistoku
Koordinate: $45^0$35'16.3''N $14^0$26'51''E $\pm$ 3 m (WGS84)
Nadmorska visina: 1790 m
Ekspozicija: NE
Inklinacija: 25^0
Stjenovitost: 30 %
Veličina plohe: 25 m^2
Stanište: subalpinski kameniti travnjak zajednice *Edraiantho graminifoliae-Caricetum firmae* (Slika 2)
Fitocenološki popis: *Carex firma* 8, *Helianthemum alpestre* 4, *Achillea clavenae* 3, *Androsace villosa* 3, *Arabis scopoliana* 3, *Edraianthus graminifolius* 3, *Festuca pumila* 3, *Galium anisophyllum* 3, *Koeleria eriostachya* 3, *Polygonum, viviparum* 3, *Seseli malyi* 3, *Thymus balcanus* 3, *Anthyllis alpestris* 2, *Biscutella laevigata* 2, *Carex mucronata* 2, *C. kitaibeliana* 2, *Trisetum argenteum* 2, *Arabis vochinensis* 1, *Athamanta cretensis* 1, *Campanula cochleariifolia* 1, *Globularia cordifolia* 1, *Heliosperma pusillum* 1, *Leontopodium alpinum* 1, *Leucanthemum adustum* 1, *Linum alpinum* subsp. *julicum* 1, *Phyteuma orbiculare* 1.
Leg.: M. Balant, B. Surina
Datum: 24.10.2015.
Stalna raziskovalna ploskev Snežnik

(3) Lokacija: Dinaridi, Slovenija, Liburnijski kras, Snežnik, vršni del travišča proti severovzhodu
Koordinate: 45°35'16,3'' N, 14°26'51'' E ± 3 m (WGS84)
Nadmorska višina: 1790 m
Ekspozicija: NE
Naklon: 25°
Skalovitost: 30 %
Velikost ploskve: 25 m²
Habitat: subalpinsko kamnito travišče združbe *Edraiantho graminifoliae-Caricetum firmae* (slika 2)
Fitocenološki popis: *Carex firma* 8, *Helianthemum alpestre* 4, *Achillea clavenae* 3, *Androsace villosa* 3, *Arabis scopoliana* 3, *Edraianthus graminifolius* 3, *Festuca pumila* 3, *Galium anisophyllum* 3, *Koeleria eriostachya* 3, *Polygonum viviparum* 3, *Seseli malyi* 3, *Thymus balcanus* 3, *Anthyllis alpestris* 2, *Biscutella laevigata* 2, *Carex mucronata* 2, *C. kitaibeliana* 2, *Trisetum argenteum* 2, *Arabis vochinensis* 1, *Athamanta cretensis* 1, *Campanula cochleariifolia* 1, *Globularia cordifolia* 1, *Heliosperma pusillum* 1, *Leontopodium alpinum* 1, *Leucanthemum adustum* 1, *Linum alpinum* subsp. *julicum* 1, *Phyteuma orbiculare* 1.
Leg.: M. Balant, B. Surina
Datum: 24. 10. 2015



Slika 19 Mreža s označenim brojem rozeta Scopolijeve gušarke (Arabis scopoliana) unutar trajne plohe na Snežniku (Dinaridi, Liburnijski krš, Slovenija). / *Mreža z označenim številom rozet Scopolijevega repnjaka (*Arabis scopoliana*) znotraj stalne raziskovalne ploskve na Snežniku (Dinaridi, Liburnijski kras, Slovenija).*

Prebrojali smo 2012 rozeta Scopolijeve gušarke (Slika 19).
Prešteli smo 2012 rozet Scopolijevega repnjaka (slika 19).

Trajna ploha Učka

(4) Lokalitet: Dinaridi, Liburnijski krš, Učka, Suhi vrh, stijene i kameniti travnjak
Koordinate: $45^0$16'52.6''N $14^0$12'34.8''E ± 3 m (WGS84)
Nadmorska visina: 1263 m
Ekspozicija: NE
Inklinacija: stijena 80^0, kameniti travnjak pored 65^0
Stjenovitost: stijena 70 %, kameniti travnjak 20 %
Veličina plohe: stijena 15 m^2 stijena, kameniti travnjak 15 m^2; označenu plohu sastavlja stijena i kamenti travnjak pored stijene. Ploha je označena bijelom bojom: gornji desni ugao (sjeverni) nalazi se 1 m iznad oznake na grani vrste *Sorbus aria*, dok je gornji lijevi ugao plohe (južni) označen bijelim kružićem na stijeni.
Stanište: pukotine stijena zajednice *Seslerio juncifoliae-Campanuletum tommasinianae* i kameniti travnjak zajednice *Carici humilis-Centaureetum rupestris seslerietosum juncifoliae*.
Leg.: B. Surina
Datum: 20.7.2015.

Stalna raziskovalna ploskev Učka

(4) Lokacija: Dinaridi, Liburnijski kras, Učka, Suhi vrh, skalne stene in kamnito travišče
Koordinate: 45°16'52,6'' N, 14°12'34,8'' E ± 3 m (WGS84)
Nadmorska višina: 1263 m
Ekspozicija: NE
Naklon: skalna stena 80°, sosednje kamnito travišče 65°
Skalovitost: skalna stena 70 %, kamnito travišče 20 %
Velikost ploskve: skalna stena 15 m^2, kamnito travišče 15 m^2; označeno ploskev sestavljata skalna stena in sosednje kamnito travišče. Ploskev je označena z belo barvo: zgornji desni kot (severni) je 1 m nad oznako na veji vrste Sorbus aria, zgornji levi kot ploskve (južni) pa je označen z belim krogom na skalni steni.
Habitat: skalne razpoke združbe Seslerio juncifoliae-Campanuletum tommasinianae in kamnito travišče združbe Carici humilis-Centaureetum rupestris seslerietosum juncifoliae.
Leg.: B. Surina
Datum: 20. 7. 2015.

Na obje površine unutar jedne trajne plohe smo prebrojali 510 rozeta Scopolijeve gušarke. Na drugom lokalitetu iznad Male Učke prebrojali smo svega 60 rozeta Scopolijeve gušarke u jednoj pukotini stijene. Na Učki se *Arabis scopoliana* javlja na dva manja lokaliteta: pukotine stijena na istočnim padinama Suhog vrha i na balvanu iznad Male Učke. Najveće gustoće postiže u subalpinskim kamenjarskim travnjacima, npr. *Edraiantho graminifolii-Caricetum firmae* (Snježnik 36–81 rozeta/m^2) i *Helianthemo alpestris–Caricetum kitaibelianae* (Svilaja 10 rozeta/m^2), dok je u pukotinama stijena gustoća znatno manja (Učka 17 rozeta/m^2). Subalpinski travnjaci Liburnijskog krša predstavljaju optimalno stanište vrste, gdje je ona vrlo česta.
Na obeh površinah znotraj ene stalne raziskovalne ploskve smo prešteli 510 rozet Scopolijevega repnjaka. Na drugem lokalitetu nad Malo Učko smo v eni skalni razpoki prešteli le 60 rozet Scopolijevega repnjaka.

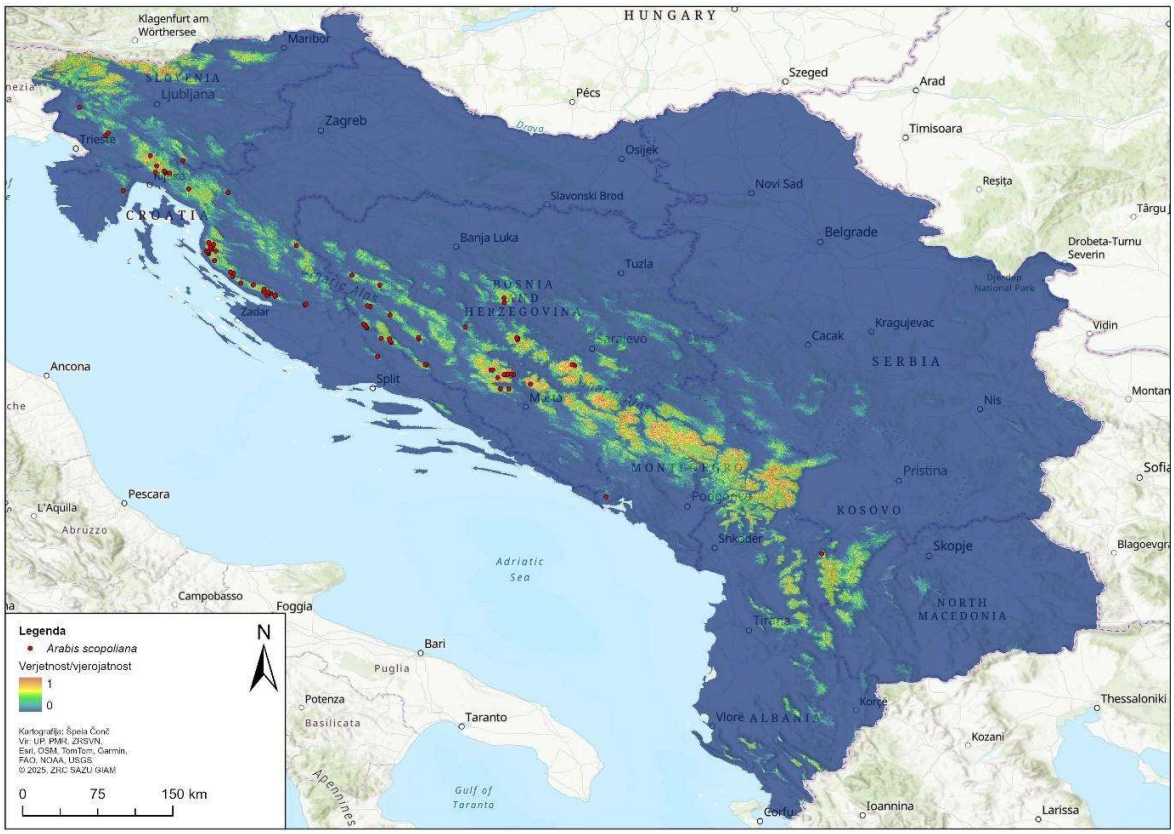
Na Učki se *Arabis scopoliana* pojavlja na dveh manjših lokacijah: v skalnih razpokah na vzhodnih pobočjih Suhega vrha in na skalnem balvanu nad Malo Učko. Največjo gostoto dosega v subalpinskih kamnitih travišč̌ih, npr. *Edraiantho graminifolii-Caricetum firmae* (Snežnik 36–81 rozet/m²) in *Helianthemo alpestris-Caricetum kitaibelianae* (Svilaja 10 rozet/m²), medtem ko je v skalnih razpokah gostota precej manjša (Učka 17 rozet/m²). Subalpinska travišča Liburnijskega krasa predstavljajo optimalno rastišče vrste, kjer je ta zelo pogosta.

Za praćenje populacija koriste se trajne plohe s direktnim brojanjem rozeta, što omogućuje višegodišnje praćenje i procjenu trendova populacije, uz minimalno oštećenje biljaka. Broj rozeta uzima se kao indikator brojnosti jedinki, a u pukotinama stijena površina ploha prilagođava se fizičkoj konfiguraciji terena.
Za spremljanje populacij se uporabljajo stalne raziskovalne ploskve z neposrednim štetjem rozet, kar omogoča večletno spremljanje in ocenjevanje populacijskih trendov ob minimalnem poškodovanju rastlin. Število rozet se uporablja kot kazalnik številčnosti osebkov, pri čemer se na območjih skalnih razpok površina ploskev prilagodi fizični konfiguraciji terena.

Potencijalna rasprostranjenost vrste
Potencialna razširjenost vrste

Na temelju topografskih i klimatskih značajki, u projektu transPlant izradili smo modele potencijalne rasprostranjenosti za tri ciljne vrste – dinarski rožac, Scopolijevu gušarku i razgranjeni srpac (Čonč *et al.* 2025).
Na podlagi topografskih in podnebnih značilnosti smo v okviru projekta transPlant izdelali modele potencialne razširjenosti za tri ciljne vrste – dinarski rožec, Scopolijev repnjak in razrasli srpec (Čonč *et al.* 2025).
Modeli za sve tri razmatrane vrste ukazuju na veći potencijalni raspon distribucije nego što je trenutno poznato. Za dinarski rožac (*Cerastium dinaricum*) i Scopolijevu gušarku (*Arabis scopoliana*), modeli predviđaju prikladne uvjete okoliša duž cijelog Dinarskog gorja, uključujući sjeverni dio Šarsko-Pindskog gorja i jugoistočni dio Alpa (Slika 20). Scopolijeva gušarka ima središnje područje rasprostranjenosti u središnjem i sjevernom dijelu Dinarida, dok se u južnom dijelu javlja u disjunkcijama, posebice na albanskoj Gjalici i crnogorskom Orjenu. Modeli predviđaju potencijalnu ekološku prikladnost i za ove disjunktne lokacije.

Modeli za vse tri obravnavane vrste kažejo na večji potencialni razpon razširjenosti, kot je trenutno znan. Za dinarski rožec (*Cerastium dinaricum*) in Scopolijev repnjak (*Arabis scopoliana*) modeli napovedujejo ustrezne okoljske razmere vzdolž celotnega Dinarskega gorstva, vključno s severnim delom Šarsko-pindskega gorstva in jugovzhodnim delom Alp (slika 20). Scopolijev repnjak ima osrednje območje razširjenosti v osrednjem in severnem delu Dinaridov, medtem ko se v južnem delu pojavlja disjunktno, zlasti na albanski Gjalici in črnogorskem Orjenu. Modeli napovedujejo potencialno ekološko ustreznost tudi za ti disjunktni lokaciji.



Slika 20 Model potencijalne rasprostranjenosti Scopolijeve gušarke (*Arabis scopoliana*) unutar područja istraživanja (prema Čonč et al. 2025). / Model potencialne razširjenosti Scopolijevega repnjaka (*Arabis scopoliana*) na območju raziskave (po Čonč *et al.* 2025).

Potencijalna rasprostranjenost vrste u budućnosti
Potencialna razširjenost vrste v prihodnosti

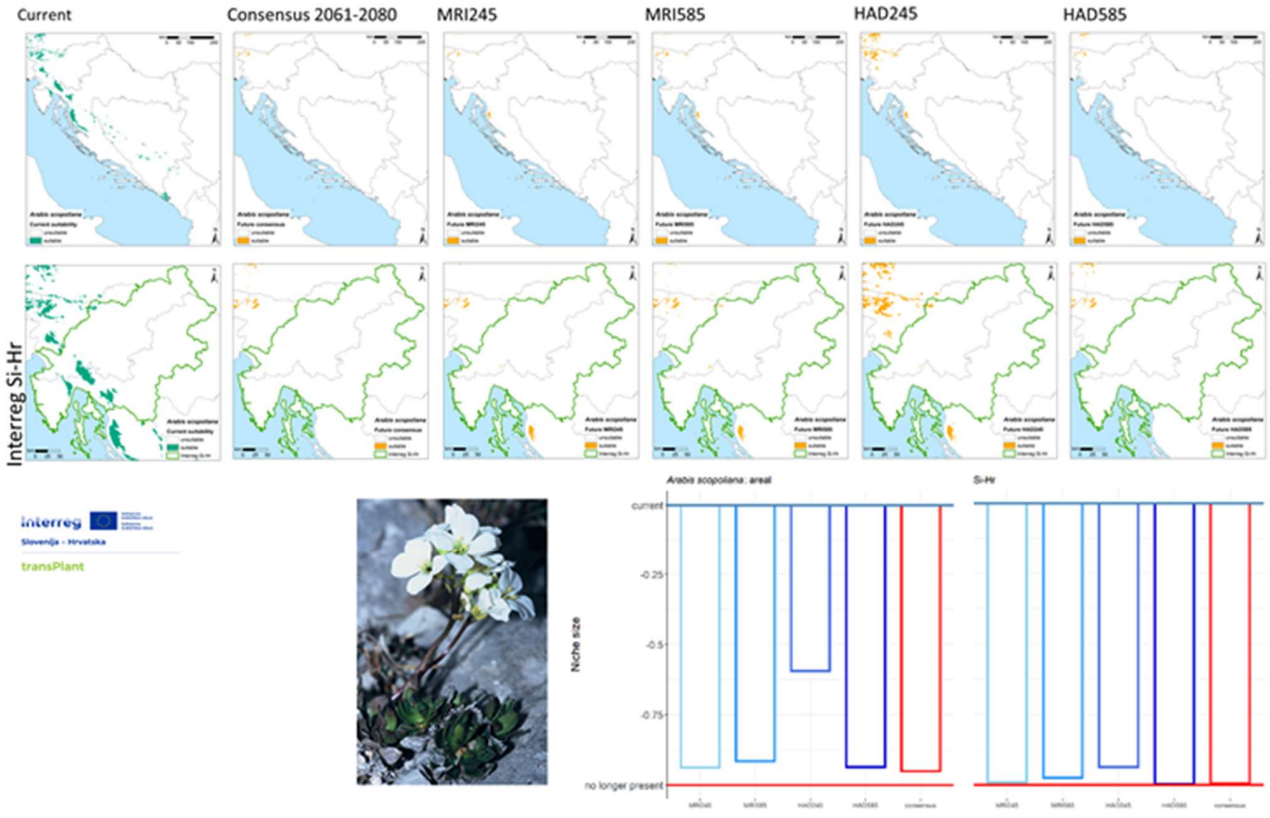
Unutar aktivnosti projekta transPlant, izradili smo studiju o potencijalnoj rasprostranjenosti triju ciljnih vrsta projekta – razgranjeni srpac (*Klasea lycopifolia*), Scopolijeva gušarka *(Arabis scopoliana*) i dinarskog rošca (*Cerastium dinaricum*) – u narednim desetljećima (Kuhelj *et al.* 2025). Istraživanje se temelji na različitim scenarijima globalnih klimatskih promjena i analizira njihov utjecaj na rasprostranjenost navedenih vrsta (Slika 20).

V okviru aktivnosti projekta transPlant smo izdelali študijo potencialne razširjenosti treh ciljnih vrst projekta – razraslega srpca (*Klasea lycopifolia*), Scopolijevega repnjaka (*Arabis scopoliana*) in dinarskega rožca (*Cerastium dinaricum*) – v prihodnjih desetletjih (Kuhelj *et al.* 2025). Raziskava temelji na različnih scenarijih globalnih podnebnih sprememb in analizira njihov vpliv na razširjenost navedenih vrst (slika 20).

Projekcije okolišnih modela za buduće uvjete pokazuju da će se područje okolišne prikladnosti za Scopolijevu gušarku drastično smanjiti (Slika 21). Osim jugoistočnih Alpi, gdje ova vrsta nije poznata, većina modela predviđa da će sjeverni Velebit biti jedino okolišno prihvatljivo područje u budućnosti. Čini se da unutar programskog područja vrsta neće imati mogućnosti za opstanak, iako, s obzirom da ovi modeli koriste grublju prostornu skalu, rezultati ne obuhvaćaju potencijalno preživljavanje vrste u dubokim, hladne ponikvama. Rezultati sugeriraju da *in situ* zaštita neće biti dovoljna za dugoročno

očuvanje vrste. *Ex situ* mjere, poput čuvanja sjemena i genetskog materijala u odgovarajućim zbirkama, također su od esencijalne važnosti. Zbog očekivanog nedostatka odgovarajućih staništa u budućnosti, mjere očuvanja poput premještanja (raznih tipova translokacija) bit će ključne za očuvanje najugroženijih biljnih vrsta.

Projekcije okoljskih modelov za prihodnje razmere kažejo, da se bo območje okoljske ustreznosti za Scopolijev repnjak drastično zmanjšalo (slika 21). Z izjemo jugovzhodnih Alp, kjer ta vrsta ni znana, večina modelov napoveduje, da bo severni Velebit v prihodnosti edino okoljsko ustrezno območje. Zdi se, da znotraj programskega območja vrsta ne bo imela možnosti za preživetje, čeprav zaradi uporabe bolj grobe prostorske ločljivosti ti modeli ne zajemajo morebitnega preživetja vrste v globokih in hladnih vrtačah. Rezultati kažejo, da *in situ* varstvo ne bo zadostovalo za dolgoročno ohranitev vrste. *Ex situ* ukrepi, kot sta shranjevanje semen in genetskega materiala v ustreznih zbirkah, so prav tako bistvenega pomena. Zaradi pričakovanega pomanjkanja ustreznih rastišč v prihodnosti bodo ohranitveni ukrepi, kot je preseljevanje (različne vrste translokacij), ključni za ohranitev najbolj ogroženih rastlinskih vrst.



Slika 21 Modeli potencijalne rasprostranjenosti Scopolijeve gušarke (*Arabis scopoliana*) na programskom području u budućnosti (prema Kuhelj et al. 2025). / *Modeli potencialne razširjenosti Scopolijevega repnjaka (*Arabis scopoliana*) na programskem območju v prihodnosti (po Kuhelj* et al. *2025).*

Zaključak
Zaključek

Scopolijeva gušarka je rasprostranjena duž Dinarida, od Slovenije na sjeveru do Albanije na jugu. Na cijelom području sjeverozapadnih i centralnih Dinarida javlja se fragmentirano i u relativno malim populacijama. Literaturne ili herbarijske nalaze u Kupskoj dolini i na Srnopasu u Hrvatskoj, na Bjelašnici i Plazenici u Bosni i Hercegovini te na Gjalici u Albaniji nismo mogli potvrditi na terenu, dok je za nalaz na Biokovu moguće da se radi o pogrešnoj determinaciji (Šabanović u Mlinarec Novosel *et al.* 2023).
Scopolijev repnjak je razširjen vzdolž Dinaridov, od Slovenije na severu do Albanije na jugu. Na celotnem območju severozahodnih in osrednjih Dinaridov se pojavlja fragmentarno in v razmeroma majhnih populacijah. Literaturnih ali herbarijskih najdb v Kolpski dolini in na Srnopasu na Hrvaškem in na Bjelašnici v Bosni in Hercegovini ter na Gjalici v Albaniji na terenu nismo mogli potrditi, medtem ko je pri navedbi za Biokovu mogoče, da gre za napačno določitev (Šabanović v Mlinarec Novosel *et al.* 2023).

Modeli potencijalne raširenosti Scopolijeve gušarke sugeriraju šire područje danas pogodnih uvjeta, duž cijelog Dinarskog gorja, uključujući sjeverni dio Šarsko-Pindskog gorja i jugoistočni dio Alpa.
Modeli potencialne razširjenosti Scopolijevega repnjaka kažejo na širše območje trenutno ustreznih razmer, vzdolž celotnega Dinarskega gorstva, vključno s severnim delom Šarsko-pindskega gorstva in jugovzhodnim delom Alp.

Modeli potencijalne raširenosti ove vrste u budućnosti ukazuju na drastično smanjenje područja povoljnih okolišnih uvjeta. Većina modela predviđa da će sjeverni Velebit biti jedino okolišno prihvatljivo područje u budućnosti. S obzirom da modeli koriste grublju prostornu skalu, rezultati ne obuhvaćaju potencijalno preživljavanje vrste u dubokim, hladnim ponikvama.
Modeli potencialne razširjenosti te vrste v prihodnosti kažejo na drastično zmanjšanje območja ugodnih okoljskih razmer. Večina modelov napoveduje, da bo severni Velebit v prihodnosti edino okoljsko ustrezno območje. Ker modeli uporabljajo bolj grobo prostorsko ločljivost, rezultati ne zajemajo morebitnega preživetja vrste v globokih in hladnih vrtačah.

Vrsta **naseljava specifična, ekstremna staništa poput pukotina vapnenačkih stijena, karbonatnih točila i otvorenih i/ili vjetru izloženih kamenitih travnjaka u pretplaninskom i planinskom pojasu**, uključujući na mjestima gdje dugo leži snijeg te staništa na dnu dubokih ponikvi s temperaturnom inverzijom te rječe, vlažne pukotine stijena. Takva staništa karakteriziraju plitka, skeletna tla, velika insolacija, izražene temperaturne amplitude i ograničena dostupnost vode, što uvjetuje niz morfoloških i fizioloških prilagodbi vrste, uključujući nizak rast i jastučasti habitus.
Vrsta **naseljuje specifična, ekstremna rastišča, kot so razpoke apnenčastih skal, karbonatna melišča ter odprta in/ali vetru izpostavljena kamnita travišča v predgorskem in gorskem pasu**, vključno z območji, kjer se sneg dolgo zadržuje, ter rastišči na dnu globokih vrtač s temperaturno inverzijo in, redkeje, vlažnimi skalnimi razpokami. Za takšna rastišča so značilna plitva, skeletna tla, velika osončenost, izrazita temperaturna nihanja in omejena razpoložljivost vode, kar pogojuje številne morfološke in fiziološke prilagoditve vrste, vključno z nizko rastjo in blazinastim habitusom.

Populacije Scopolijeve gušarke su na cijelom arealu, pa tako i na prekograničnom programskom području prilično malobrojne i rastresito raspoređene. Najveće gustoće jedinki ova vrsta postiže u subalpinskim kamenjarskim travnjacima, npr. *Edraiantho graminifolii-Caricetum firmae* (Snježnik 36–81 rozeta/m²) i *Helianthemo alpestris–Caricetum kitaibelianae* (Svilaja 10 rozeta/m²), dok je u pukotinama stijena gustoća

znatno manja (Učka 17 rozeta/m²). **Subalpinski travnjaci Liburnijskog krša predstavljaju optimalno stanište vrste, gdje je ona vrlo česta.**
Populacije Scopolijevega repnjaka so na celotnem arealu, pa tudi na čezmejnem programskem območju, razmeroma majhne in razpršeno razporejene. Največjo gostoto osebkov ta vrsta dosega v subalpinskih kamnitih traviščih, npr. *Edraiantho graminifolii-Caricetum firmae* (Snežnik 36–81 rozet/m²) in *Helianthemo alpestris-Caricetum kitaibelianae* (Svilaja 10 rozet/m²), medtem ko je v skalnih razpokah gostota precej manjša (Učka 17 rozet/m²). **Subalpinska travišča Liburnijskega krasa predstavljajo optimalno rastišče vrste, kjer je ta zelo pogosta.**

Specifična staništa ove vrste pod posebno su izraženim pritiskom od zarastanja i prirodne sukcesije prema grmovitim zajednicama, uslijed klimatskih promjena i podizanja (ili spuštanja, govorimo li o visokim ponikvama) prirodne šumske granice, odnosno, uslijed napuštanja planinskog pregonskog stočarstva.
Specifična rastišča te vrste so še posebej izpostavljena zaraščanju in naravni sukcesiji v smeri grmiščnih združb, zaradi podnebnih sprememb in dvigovanja (oziroma spuščanja, kadar govorimo o globokih vrtačah) naravne gozdne meje ter zaradi opuščanja planinskega sezonskega pašništva.

Rezultati analize **genetske varijabilnosti Scopolijeve gušarke u prostoru** ukazuju na jako izdvajanja grupe koju čine sjeverozapadne populacije (Nanos, Trnovski gozd, Snežnik, Snježnik, Učka, Ceclje) – **populacije prekograničnog programskog područja - od svih ostalih, što ukazuje na njihovu razmjerno dugotrajnu reprodukcijsku izolaciju**.
Rezultati analize **prostorske genetske variabilnosti Scopolijevega repnjaka** kažejo na izrazito ločenost skupine, ki jo sestavljajo severozahodne populacije (Nanos, Trnovski gozd, Snežnik, Snježnik, Učka, Ceclje) – **populacije čezmejnega programskega območja – od vseh drugih, kar kaže na njihovo razmeroma dolgotrajno reprodukcijsko izolacijo**.

Analize produkcija peluda, morfologije cvjetova i orijentacije prašnika ukazuju na mogućnost samooprašivanja kod populacija Scopolijeve gušarke. **Omjer broja peludnih zrna i jajnih stanica**, klasičan pokazatelj načina razmnožavanja i strategija oprašivanja kod kormofita, u cvijetu Scopolijeve gušarke pokazuje obilježja **fakultativne ksenogamije**. To znači da se ove populacije primarno oslanjaju na unakrsnu oplodnju posredovanu oprašivačima, ali u određenim uvjetima mogu ostvariti i samooplodnju kao alternativni mehanizam reprodukcije. Najmanja udaljenost između antera prašnika i stigme tučka kod Scopolijeve gušarke zabilježena je kod populacija s Nanosa, Snježnika, Svilaje i iz Ceclja, što može upućivati na **izraženije samooprašivanje upravo kod populacija s prekograničnog programskog područja**. Sve promatrane jedinke u našem pokusu imale su introzne antere, što upućuje na **prelazak prema samokompatibilnosti i „selfing sindromu“**.
Analize produkcije cvetnega prahu, morfologije cvetov in orientacije prašnikov kažejo na možnost samopraševanja pri populacijah Scopolijevega repnjaka. **Razmerje med številom pelodnih zrn in jajčnih celic**, klasičen kazalnik načina razmnoževanja in strategije opraševanja pri kormofitih, pri cvetu Scopolijevega repnjaka kaže značilnosti **fakultativne ksenogamije**. To pomeni, da se te populacije primarno zanašajo na navzkrižno opraševanje, ki ga omogačjo opraševalci, vendar lahko v določenih razmerah izvedejo tudi samopraševanje kot alternativni mehanizem razmnoževanja. Najmanjša razdalja med prašnicami prašnikov in brazdo pestiča pri Scopolijevem repnjaku je bila zabeležena pri populacijah z Nanosa, Snežnika, Svilaje in iz Ceclja, kar lahko kaže na **izrazitejše samopraševanje prav pri populacijah s čezmejnega programskega območja**. Vsi opazovani primerki v našem poskusu so imeli introzne prašnice, kar kaže na **prehod k samokompatibilnosti in „selfing sindromu“**.

Uočene pak razlike među populacijama ukazuju na izraženu plastičnost reprodukcijskog sustava vrste *A. scopoliana*, koja je vjerojatno rezultat prilagodbe lokalnim ekološkim uvjetima, ponajprije dostupnosti oprašivača i mikroklimatskim značajkama staništa. Populacije koje nastanjuju izoliranija ili ekstremnija staništa sklonije su autogamiji, dok one u povoljnijim uvjetima s većom prisutnošću oprašivača zadržavaju dominantno ksenogamni način razmnožavanja.
Opažene razlike med populacijami kažejo na izrazito plastičnost reprodukcijskega sistema vrste *A. scopoliana*, ki je verjetno posledica prilagoditve lokalnim ekološkim razmeram, predvsem razpoložljivosti opraševalcev in mikroklimatskim značilnostim rastišč. Populacije, ki naseljujejo bolj izolirana ali ekstremnejša rastišča, so morda zato bolj nagnjene k avtogamiji, medtem ko populacije v ugodnejših razmerah, z večjo prisotnostjo opraševalcev, ohranjajo pretežno ksenogamen način razmnoževanja.

Zbog svega navedenog, Scopolijevu gušarku na prekograničnom programskom području možemo smatrati ranjivom vrstom, kojoj prijeti veći stupanj ugroženosti, ponajprije pod pritiskom od zarastanja i prirodne sukcesije prema grmolikim zajednicama.

Zaradi vsega navedenega lahko Scopolijevega repnjaka na čezmejnem programskem območju obravnavamo kot ranljivo vrsto, ki jo ogroža izguba rastišč vsled zaraščanja, ki vodi v razvoj grmiščnih združb.

Literatura

1.

Cruden, R.W. (1977). Pollen-ovule ratios: a conservatite indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution*, 31, 32-46.

2.

Čonč, Š., Glasnović, P., Kuhelj, A. & Surina, B. (2025). *Študija potencialnih lokacij uspevanja ciljnih projektnih rastlinskih vrst / Studija potencijalnih lokacija uspijevanja ciljnih biljnih vrsta projekta*. Univerza na Primorskem, Koper.

3.

Dahl, E. & Hadač, E. (1941). Strandgesellschaften der Insel Ostoy im Oslofjord. Eine pflanzensoziologische Studie. *Nytt Magasin for Naturvidenskapene B*, 82, 251-312.

4.

Direktiva 92/43/EEZ o zaštiti prirodnih staništa i divljih biljnih i životinjskih vrsta za razdoblje 2013-2018 (2019)

5.

Gaži-Baskova, V. (1963). Geografska raširenost nekih ilirskih flornih elemenata. *Biološki glasnik*, 16, 39-49.

6.

Horvat, I. (1930). Vegetacijske studije u hrvatskim planinama. I. Zadruge na planinskim goletima. *Rad Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti*, 238, 1-96.

7.

Horvat, I. (1931). Vegetacijske studije o hrvatskim planinama. II. Zadruge na planinskim stijenama i točilima. *Rad Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti*, 241, 147-206.

8.

Jogan, N. (2011). *Arabis scopoliana*. In: *The IUCN Red List of Threatened Species 2011*, p. e.T161892A5509885.

9.

Kuhelj, A., Čonč, Š., Glasnović, P. & Surina, B. (2025). *Študija o klimatskih spremembah, vegetaciji in razširjenosti ciljnih vrst v bodočnosti / Klimatske promjene, vegetacija i rasprostranjenost ciljnih vrsta projekta u budućnosti*. Univerza na Primorskem, Koper.

10.

Lolić, D. & Mihelin, M. (2025). *Prikaz i usporedna analiza propisa i planova upravljanja za zaštitu dinarskog rošca (Cerastium dinaricum) i Skopolijeve gušarke (Arabis scopoliana) u prekograničnom programskom području*. ZRSVN - Zavod Republike Slovenije za varstvo narave in PMR - Prirodoslovni muzej Rijeka, Ljubljana.

11.

Mlinarec Novosel, J., Kaliger, I., Rubinić, M., Jantol, N., Đanić, A. & Nikolić, T. (2023). *Usluge definiranja SMART ciljeva očuvanja i osnovnih mjera očuvanja ciljnih vrsta i stanišnih tipova – Grupa 7: Definiranje ciljeva i mjera očuvanja za nedovoljno poznate vrste flore i stanišne tipove. Ciljna vrsta Arabis scopoliana Boiss. – Skopolijeva gušarka*. Oikon d.o.o., Zagreb.

12.

Modrić Surina, Ž. & Surina, B. (2010). Snowbed vegetation in Croatia: phytosociology, ecology and conservation status. *Plant Biosystems*, 144, 747-768.

13.

Modrić Surina, Ž. & Surina, B. (2015). *Provjera podataka, ocjena stanja populacija i određivanje kategorije ugroženosti Scopolijeve gušarke (Arabis scopoliana Boiss.) u Hrvatskoj - izvješće*. Prirodoslovni muzej Rijeka, Rijeka.

14.

Pravilnik o uvrštenju ugroženih biljnih i životinjskih vrsta na crveni popis (Službeni list Republike Slovenije, br. 82/02)

15.

Preston, R.E. (1986). Pollen-ovule ratios in the Cruciferae. *American Journal of Botany*, 73, 1732-1740.

16.

Radić, J. (1976). *Bilja Biokova*. Institut "Planina i more" - Malakološki muzej, Makarska, SIZ za kulturu općine Makarska, Grafički zavod Hrvatske, Zagreb, Makarska.

17.

Surina, B. (2004). *Arabis scopoliana* Boiss. — Scopolijev repnjak. In: *NATURA 2000 v Sloveniji. Rastline* (ed. Čušin, B). Založba ZRC Ljubljana, pp. 45-49.

18.

Surina, B. (2015). *Kartiranje i praćenje ciljnih vrsta Parka prirode Učka s naglaskom na NATURA 2000 vrsta: Scopolijeva gušarka (Arabis scopoliana Boiss.) - izvješće*. Prirodoslovni muzej Rijeka, Rijeka.

19.

Toräng, P., Vikström, L., Wunder, J., Wötzel, S., Coupland, G. & Ågren, J. (2017). Evolution of the selfing syndrome: Anther orientation and herkogamy together determine reproductive assurance in a self-compatible plant. *Evolution*, 71, 2206-2218.

20.

Turkalj, L. & Đanić, A. (2024). *Program praćenja stanja očuvanosti za Arabis scopoliana Boiss, Skopolijeva gušarka*. Oikon d.o.o., Zagreb.

21.

Wirth, L.R., Graf, R., Gugerli, F., Landergott, U. & Holderegger, R. (2010). Lower selfing rate at higher altitudes in the alpine plant Eritrichium nanum (Boraginaceae). *American Journal of Botany*, 97, 899-901.