

SEKUNDARNA SUKCESIJA V KISLOLJUBNIH GOZDOVIH RDEČEGA BORA NA GOLOVCU (SLOVENIJA) V OBDOBJU 1942–2024

SECONDARY SUCCESSION IN THE ACIDOPHILOUS SCOTS PINE FORESTS ON GOLOVEC HILL (SLOVENIA) IN THE PERIOD 1942–2024

Luka ČULAJEVIĆ¹, Andrej ROZMAN²

(1) Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, lc22461@student.uni-lj.si

(2) Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, andrej.rozman@bf.uni-lj.si

IZVLEČEK

Raziskava obravnava spremembe kisloljubnih gozdov rdečega bora na Golovcu v obdobju 1942–2024 na podlagi ponovitve fitocenoloških popisov prof. Gabrijela Tomažiča in dodatnih sodobnih popisov. Rezultati kažejo izrazit upad vrstne pestrosti, zlasti v zeliščni in grmovni plasti, ter umikanje rdečega bora, ki ga nadomeščajo bukev, gradna, kostanj in smreka. Zastiranje mahov se je močno zmanjšalo, medtem ko sta orlova praprot in borovnica postali še dominantnejši. Fitoindikacija kaže na zmanjšano svetlobo v sestojih, več hranil in manjšo zakisanost tal kot posledico opustitve steljarjenja in kopičenja listnega opada. Analiza kaže, da poteka sekundarna sukcesija iz nekdanjih pionirskih borovih sestojev prek bolj ali manj dolgotrajnih stadijev mešanih gozdov gradna in domačega kostanja v smeri kisloljubnih bukovih gozdov, ki so se na ugodnejših rastiščih že uveljavili. Golovec tako danes zaznamujejo predvsem prehodni in različno napredovali sukcesijski stadiji mešanih gozdov.

Ključne besede: sekundarna sukcesija, kisloljubni gozdovi, vrstna pestrost, fitocenologija, rdeči bor, *Pinus sylvestris*, bukev, *Fagus sylvatica*, kostanj, *Castanea sativa*, Golovec

ABSTRACT

The study examines changes in acidophilous Scots pine forests on Golovec Hill between 1942 and 2024, based on repeated phytosociological surveys conducted by Prof. Gabrijel Tomažič and additional contemporary relevés. The results show a marked decline in species diversity, particularly in the herb and shrub layers, as well as a retreat of Scots pine, which is being replaced by beech, sessile oak, sweet chestnut, and Norway spruce. Moss cover has decreased sharply, while bracken and bilberry have become even more dominant. Phytoindication reveals reduced light availability in stands, increased nutrient levels, and lower soil acidity as a result of the abandonment of litter raking and the accumulation of deciduous leaf litter. The analysis indicates that secondary succession is progressing from former pioneer pine stands through more or less long-lasting stages of mixed oak–chestnut forests toward acidophilous beech forests, which have already established themselves on more favourable sites. Golovec is now characterized primarily by transitional and variably advanced successional stages of mixed forests.

Keywords: secondary succession, acidophilous forests, species diversity, phytosociology, Scots pine, *Pinus sylvestris*, beech, *Fagus sylvatica*, sweet chestnut, *Castanea sativa*, Golovec

GDK 182.21(497.4)“1942-2024”(045)=163.6

DOI 10.20315/ASetL.139.5

Prispelo / Received: 19.01.20265

Sprejeto / Accepted: 23.02.2026



1 UVOD

1 INTRODUCTION

Kisloljubni gozdovi rdečega bora v Sloveniji uspevajo predvsem v predalpskem in predpanonskem fitogeografskem območju, kjer rastejo na silikatni matični podlagi, najpogosteje na blago nagnjenih pobočjih gričevnatega sveta (Bončina in sod., 2021). Njihov nastanek je večinoma posledica nekdanjih načinov gospodarjenja, ko so v gozdovih pasli živino, pridobivali les za kurjavo in predvsem steljarili, s čimer so postopoma siromašili gozdna tla (Douda in sod., 2017; Robič, 1991; Vild in sod., 2018). V zadnjih desetletjih se zaradi številnih družbenoekonomskih sprememb tra-

dicionalno gospodarjenje opušča, gozdovi pa so pogosto izpostavljeni naravnemu sekundarnemu sukcesijskemu razvoju, ki vodi k povečevanju deleža listavcev, predvsem bukve in gradna. Takšni gozdovi prevladujejo tudi na območju Golovca pri Ljubljani, kjer po opustitvi tradicionalne rabe in v spremenjenih družbenoekonomskih razmerah opazamo znatne spremembe v vrstni in sestojni zgradbi (Marinček in sod., 2006). Na te spremembe vplivajo predvsem prenehanje steljarjenja in podnebne spremembe na eni strani ter naraščajoča urbanizacija v neposredni bližini gozda na drugi, kar pomembno vpliva na njegove ekološke in socialne funkcije (Van Hall in sod., 2017). Spremljanje časovnih

sprememb v vegetaciji s ponovnim vzorčenjem na ploskvah starih fitocenoloških popisov, katerih lokacije so bolj ali manj znane, je postalo pomembno orodje za odkrivanje teh sprememb (Kapfer in sod., 2017; Knollová in sod., 2024).

Namen raziskave je primerjati današnje stanje gozdne vegetacije na Golovcu z obdobjem, ko je tam pred več kot 80 leti prof. dr. Gabrijel Tomažič opravil podrobne fitocenološke popise (Tomažič, 1942). Ugotoviti želimo, v kolikšni meri se je sestava teh gozdov v tem času spremenila in kakšne oblike gozdne vegetacije obstajajo na Golovcu v današnjem času.

1.1 Gozdovi na Golovcu

1.1 The forests of Golovec

Gozdovi na Golovcu predstavljajo mestni gozd in sodijo v GGO Ljubljana, GGE Ljubljana. Skupna površina gozdov znaša 636 ha, pri čemer zasebni gozdovi obsegajo 87 %, državni gozdovi 6 % in gozdovi lokalnih skupnosti 7 %. Povprečna velikost gozdne parcele je 1,43 ha. Danes povsem prevladuje gozdni rastiščni tip kisloljubna bukovja z rebrenjačo (*Blechno-Fagetum*) (83 %), najdemo pa še kisloljubno gradnovo belogabrovje (*Vaccinio myrtilli-Carpinetum*) (9 %), kisloljubno rdečeborovje (*Vaccinio myrtilli-Pinetum*) (7 %) ter črnojelševje (*Alnetum glutinosae*) (1 %) (Simončič in sod., 2020). Prevladujejo distrična rjava tla, razvita na perm-karbonskih kamninah peščenjak, meljevec, skrilavec in konglomerat (Pedološka karta, 2008; Premru, 1983). Med razvojnimi fazami prevladuje debeljak (61,5 %), pogosti so še drogovnjaki (30 %), sestojev v obnovi je 8 % in mladovij 0,5 %. Gozd je pogosto izpostavljen naravnim ujmam, kot so žledolom, vetrolom in snegolom. Poleg tega ga ogrožajo gradacije podlubnikov, objedanje divjadi, škoda zaradi divjih prašičev ter erozija, ki jo povzročajo neurejene pešpoti in kolesarske steze (Simončič in sod., 2020).

1.2 Gozdovi na Golovcu nekdanj in danes

1.2 The forests of Golovec: past and present

Kot nakazuje že ime, je bil Golovec v preteklosti verjetno gol oziroma neporaščen. To potrjuje časopisni zapis iz leta 1848, v katerem je navedeno, da so prebivalci Ljubljane pod Golovcem izrazili željo po dodelitvi neporaslega zemljišča na Golovcu za obdelovanje (B., 1848). Tudi na risbi Friedricha Simonyja iz leta 1855 so na Golovcu prikazani pašniki, gola erozijska območja in redki sestoji rdečega bora (Šercelj, 1996). Nekaj let kasneje v virih zasledimo omembo pašnikov nad današnjim Štepanjskim naseljem, ki naj bi jih želeli zasaditi z drevjem (Letni zbor, 1858). Leto za tem je dvorni svetovalec Hohenwart kmetijski družbi podaril

sadike bukve, mestni magistrat pa je obljubil pogozdovanje hriba (Letni zbor, 1859). Leta 1884 je Odsek za olepšavo mesta v Ljubljani napovedal pogozditev golih površin, ki je potem potekala približno tri leta (Domače stvari, 1884). Na podlagi teh zgodovinskih virov lahko sklepamo, da je bilo drevje na Golovcu sprva umetno zasajeno, vegetacija pa se je kasneje postopno širila in oblikovala stabilnejše gozdne združbe.

Kmalu po pogozdovanju je časopis leta 1901 poročal o prvem zabeleženem goloseku, pri čemer je neki posestnik na svoji parceli posekal vse drevje, kar je vzbudilo skrb pred ponovno degradacijo mladega gozda v goličavo (Dnevne vesti, 1901). Podoben primer posegov v gozd se pojavi leta 1906, ko so vojaki na Golovcu pulili mladje hrastov in kostanjev za zasaditve ob vojašnicah (Dnevne vesti, 1906). Časopis Slovenski narod leta 1920 poroča o intenzivnem stelarjenju, zlasti v zasebnih gozdovih, kar je povzročilo hudo osiromašenje tal in slabo uspevanje drevja (Dnevne vesti, 1920). Po letu 1938 se je začela širitev urbanega naselja ob vznožju hriba, ki je z gradnjo novih hiš, cest in kanalizacijskih omrežij pomenila občuten poseg tudi v gozdni prostor (Ali Ljubljani..., 1938). V letih med drugo svetovno vojno je sledilo intenzivno, pogosto nelegalno izsekavanje gozdov v okolici Ljubljane (Nevaren..., 1944).

Zaradi neposredne bližine Ljubljane in razmeroma velike površine je Golovec izjemno pomemben za rekreacijo in turizem. Rekreativne dejavnosti potekajo na celotnem območju, največji vpliv pa imajo v bližini pešpoti, kolesarskih poti, vstopnih točk v gozd ter v območjih s posebnostmi, kot so izjemna drevesa, grebeni, križišča pomembnih poti, rekreacijski poligoni ipd. (Simončič in sod., 2024). Tamkajšnje gozdove obiskujejo šole, vrtci, taborniki, skavti, starejši prebivalci in organizirane skupine, ki v gozdu opravljajo vzgojno-izobraževalne dejavnosti.

Na določenih predelih so urejeni zadrževalniki vode, ki varujejo nižje ležeča poseljena območja pred hudourniškiimi vodami. Celoten kompleks leži na večnivojskem hidrološkem območju. Na Golovcu ponekod najdemo tudi naravne vrednote, kot so izjemna drevesa različnih vrst. Kulturna dediščina obstaja ob Poti spomina in tovarštva (PST). Gozdovi so pomemben življenjski prostor številnih živalskih vrst, kot so srna, divji prašič, lisica, poljski zajec, kuna belica, siva vrana in druge (Simončič in sod., 2020).

Poleg ekoloških in rekreacijskih ima Golovec tudi pomembno proizvodno funkcijo. Na vzhodnem delu hriba, kjer je več zasebnih gozdnih posesti z aktivnejšim gospodarjenjem, poteka pridobivanje lesa (Simončič in sod., 2020). Poleg lesne proizvodnje ima pomembno vlogo tudi izkoriščanje nelesnih gozdnih

dobrin, med katerimi stopajo v ospredje plodovi kostanja, gobe in borovnice (Pregledovalnik ..., b. l.).

Leta 2014 so bili gozdovi na Golovcu močno prizadeti zaradi žleda; poškodovanih je bilo 26,2 % dreves. Največje poškodbe so pretrpeli rdeči bor, mehki listavci in bukev. Podatki iz leta 2015 dodatno kažejo na 22-odstotno stopnjo objedenosti mladja pri listavcih (Simončič in sod., 2020).

Glede na opisani položaj in razvoj mestnega gozda na Golovcu je dolgoročno spremljanje poteka sekundarne sukcesije izjemno pomembno za načrtovanje prihodnjega upravljanja in izvajanje gozdnih ukrepov. Ker je prof. dr. Gabrijel Tomažič prve popise na Golovcu opravil že v zgodnjih tridesetih letih prejšnjega stoletja, smo si zastavili raziskovalno vprašanje, kakšne spremembe so se zgodile v obdobju od njegovih popisov do danes.

1.3 Raziskave vegetacije kisloljubnih borovih gozdov na Golovcu

1.3 Research on acidophilic pine forest vegetation on Golovec Hill

Prof. dr. Gabrijel Tomažič je z raziskavami vegetacije kisloljubnih gozdov rdečega bora na območju Golovca začel že v zgodnjih tridesetih letih 20. stoletja. Izdelal je tudi rokopišno fitocenološko karto združb na Golovcu, ki je verjetno prva fitocenološka karta na Balkanu, a se žal ni ohranila (Robič in Wraber, 2001). Sprva je ločil dve asociaciji in ju poimenoval *Pineto-Dicranetum spurii* ter *Pineto-Lycopodietum complanati*. Kasneje je obe fitocenozi združil v asociacijo *Pineto-Vaccinietum*, nato pa vse acidofilne borove gozdove v Sloveniji vključil v asociacijo *Pineto-Vaccinietum myrtilli slovenicum*. Leto kasneje je na osnovi dvanajstih fitocenoloških popisov poimenovanje ponovno spremenil v *Pineto-Lycopodietum complanati*. S primerjavo s severnoevropsko aso-

ciacijo *Pineto-Vaccinietum* (Kobendza 1930) Br.-Bl. & Vlieger 1939 in na podlagi obširnejše tabele s 45 popisi pa je določil novo geografsko varianto *Pineto-Vaccinietum austroalpinum* Tomažič 1942 (Tomažič, 1942; Zupančič, 1996).

V šestdesetih letih je sledil popravek poimenovanja asociacije v *Vaccinio myrtilli-Pinetum sylvestris austroalpinum* Tomažič 1942 (Zupančič, 1996). S primerjavo južnoalpske in severnoevropske fitocenoze na podlagi floristične analize je Tomažič ugotovil tako podobnosti kot razlike med obema združbama (Tomažič, 1942). Na osnovi teh spoznanj je utemeljil novo južnoalpsko geografsko varianto, ki jo je obravnaval kot samostojno asociacijo. Slednje je podkrepil z določitvijo diagnostičnih vrst, pri čemer je iz severnoevropske fitocenoze ohranil le *Diphasiastrum complanatum* (= *Lycopodium complanatum*), dodatno pa vključil še *Dicranum spurium*, *Dicranum undulatum* in *Vaccinium vitis-idaea*. Ugotovil je, da se značilnice severnoevropske fitocenoze v južnoalpski pojavljajo s podobno stalnostjo, a z različnimi srednjimi pokrovnimi vrednostmi. Podobno velja za značilnice južnoalpske fitocenoze, med katerimi Zupančič kot najbolj reprezentativne navaja vrste *Castanea sativa*, *Erythronium dens-canis*, *Crocus napolitanus* in *Euphorbia carniolica* (Zupančič, 1996).

Tomažič je predlagal tudi hipotezo o reliktnosti združbe *Vaccinio-Pinetum* var. geogr. *Castanea sativa*, saj je v njej prepoznal vrste, ki jih je povezoval s starejšimi geološkimi obdobji po poledenitvi (Tomažič, 1942). To hipotezo so kasnejše palinološke raziskave ovrgle (Šercelj, 1963). Dinamičnost združbe *Vaccinio-Pinetum* var. geogr. *Castanea sativa* se po Zupančiču (1996) kaže v uspevanju raznoliklega nabora drevesnih vrst, med katerimi so zlasti *Quercus petraea*, *Castanea sativa*, *Fagus sylvatica*, *Carpinus betulus*, *Sorbus aucuparia*, *Picea abies* idr. (Zupančič, 1996).

Preglednica 1: Lokacije Tomažičevih popisov na Golovcu s številko v tabeli in imenom lokacije popisa (Tomažič, 1942), glede na opise smo določili tudi lokacije popisov

Table 1: Locations of Tomažič's relevés on Golovec Hill with the number in the table and the name of the relevé location (Tomažič, 1942). Based on the descriptions, we also determined the locations of the relevés.

| Oznaka | Ime lokacije | Nadmorska višina (m) | Geogr. širina (WGS84 Lat) | Geogr. dolžina (WGS84 Lon) |
|--------|---|----------------------|---------------------------|----------------------------|
| T11 | Dobrunjski hrib | 425 | 46.02736° | 14.57166° |
| T12 | Zadvorski hrib | 380 | 46.02717° | 14.59017° |
| T13 | Gradišče nad Rudnikom | 415 | 46.03179° | 14.54764° |
| T16 | Dobrunjski hrib, pobočje proti dolini Konjščice | 325 | 46.03134° | 14.58361° |
| T22 | Golovec – na vrhu blizu Zgornje Hrušice | 385 | 46.04012° | 14.54738° |
| T23 | Črni hrib (Golovec) | 420 | 46.03406° | 14.54948° |
| T30 | Sveti Urh pri Dobrunjah | 320 | 46.03369° | 14.58686° |
| T40 | Strmec pri Bizoviku | 350 | 46.03214° | 14.57143° |
| T55 | Konjščica pri Dobrunjah | 315 | 46.03608° | 14.57880° |

Popisi na Golovcu so del širšega Tomažičevega raziskovalnega dela o kisloljubnih borovih gozdovih. Skupno je opravil 55 fitocenoloških popisov na različnih lokacijah, od katerih jih je le 9 (preglednica 1) vezanih na območje Golovca (Tomažič, 1942).

Nekaj lokacij na območju Golovca, ki niso bile vključene v našo raziskavo, je Tomažič (1942) opredelil kot inicialne stadije kisloljubnih borovih združb, zato teh popisov v analizo nismo zajeli.

Območje Golovca je bilo v šestdesetih letih prejšnjega stoletja podrobno fitocenološko kartirano (Smole, 1966). Na večini območja je bilo ugotovljeno rastišče kisloljubnega bukovega gozda z rebrenjačo (*Blechno-Fagetum*), ki se glede na mikrorastiščne značilnosti deli na več subasociacij. Na vršnih delih in širših grebenih so bile evidentirane površine kisloljubnega gozda rdečega bora z borovnico (*Vaccinio myrtilli-Pinetum*), tu in tam predvsem v nižje ležečih območjih, pa tudi rastišča črne jelše ter združb hrasta in belega gabra (Smole, 1966). Kasneje je bila izdelana karta gozdnih združb v merilu 1:50.000, ki prikazuje realno vegetacijo širšega območja Ljubljane. Na tej karti je kisloljubno bukovo z rebrenjačo prikazano na bistveno manjših površinah, predvsem v spodnjih delih pobočij, medtem ko vršne predele in grebene poraščata kisloljubno rdečeborovje ter kisloljubna drugotna združba gradna in maha beluha (*Leucobryo-Quercetum petraeae*) (Marinček in sod., 2006). Ta drugotna združba vsebuje dolgotrajne sukcesijske stadije na rastiščih potencialno bukovega gozda z rebrenjačo, ki jih je opisal Marinček (1973) in sta jo kasneje kot drugotno združbo poimenovala Marinček in Zupančič (1995). Kasneje je bila predlagana združitev dveh drugotnih asociacij gradna (*Leucobryo-Quercetum petraeae* in *Calluno-Quercetum petraeae*) v enotno asociacijo *Calluno-Quercetum petraeae* (Zupančič in Žagar, 2013). Na karti gozdne vegetacije v merilu 1 : 100.000 je večina območja kartirana kot kisloljubno bukovo z rebrenjačo, medtem ko so kisloljubna borova rastišča omejena predvsem na vršne dele grebenov (Košir in sod., 2007).

V zadnjih desetletjih so gozdovi večinoma prepuščeni naravnemu razvoju, saj je bilo steljarjenje opuščeno. Matična podlaga in tla so večinoma homogena, vendar posamezni predeli izkazujejo variabilnost v nakopičenosti substrata (npr. razlike med jarki in grebeni), globini in vlažnosti tal ter količini dostopnih hranil. Progresivna sekundarna sukcesija poteka z različno hitrostjo, na katero vplivajo bližina urbanega okolja, intenzivnost človeških dejavnosti, onesnaženje, podnebne spremembe ter invazivne tujerodne vrste (Singh, 2018; Witynski, 2024).

2 METODE

2 METHODS

2.1 Priprava in terensko delo

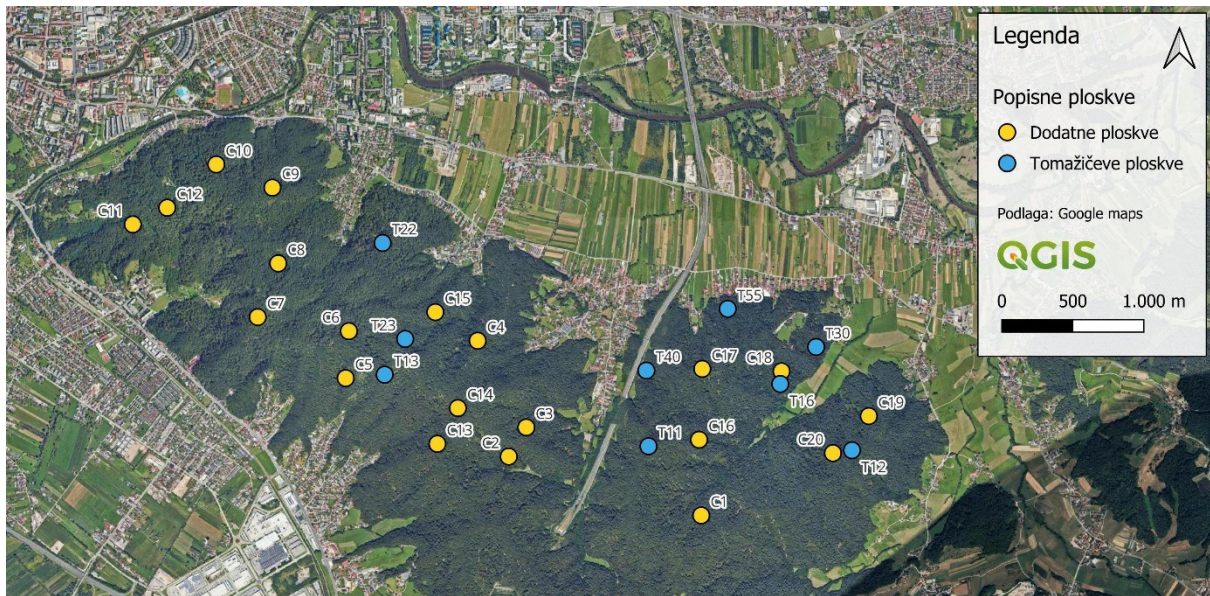
2.1 Preparation and fieldwork

Osnova raziskave so bili fitocenološki popisi, ki jih je konec tridesetih let prejšnjega stoletja na območju Golovca opravil prof. Tomažič (preglednica 1). Popise je opremil z natančnimi opisi lokacij, kar je omogočilo razmeroma zanesljivo prostorsko umeščanje. Za vsak popis so bili zabeleženi ledinska in krajevna imena, nadmorske višine, nebesne lege, nakloni ter druge značilnosti reliefa obravnavanega območja. V prvi fazi so bile iz teh opisov s pomočjo sodobnih GIS-orodij določene čim bolj natančne koordinate popisnih mest. Pri umeščanju popisov so bili uporabljeni stari topografski zemljevidi, digitalni ortofoto posnetki (DOF) ter digitalni model reliefa (DMR), pridobljen z laserskim (LiDAR) skeniranjem terena (Prostorski podatki ..., b. l.). Georeferenciranje popisov je bilo opravljeno v programskem okolju QGIS (QGIS ..., b. l.), koordinate pa so bile shranjene v globalnem geodetskem referenčnem sistemu WGS84 (EPSG:4326), ki omogoča njihovo uporabo v različnih mobilnih aplikacijah. Lokacije popisov na terenu so bile nato poiskane z aplikacijo LocusGIS (Asamm Software, 2024).

Pred postavitvijo popisnih ploskev je bila skladnost lokacij z izvirnimi opisi ponovno preverjena, po potrebi pa so bile korigirane nadmorske višine, ekspozicije in druge prostorske značilnosti. Ker izvirne kartografske podlage niso bile na voljo, so pri določitvi natančnih lokacij možna manjša odstopanja. Pri umeščanju ploskev so bile upoštevane tudi infrastrukturne spremembe, kot so nove poti in prometnice, nastale po Tomažičevih popisih, pri čemer je bilo izbrano najbližje rastišče primerljivega gozda, ki tem vplivom ni neposredno izpostavljeno.

V izvirnih in ponovljenih popisih je bila uporabljena standardna srednjeevropska fitocenološka metoda (Braun-Blanquet, 1964). Velikosti popisnih ploskev so bile pri prvotnih popisih različne (od 400 do 1000 m²), v ponovljenih popisih pa je bila uporabljena enotna velikost 400 m² (20 × 20 m). Na vsaki ploskvi so bile zabeležene vse obstoječe rastlinske vrste, njihovo zastiranje pa je bilo ocenjeno po Braun-Blanquetovi skali. Taksonomija rastlinskih taksonov sledi Mali flori Slovenije (Martinčič in sod., 2007). Mahovnih vrst nismo popisovali.

Za celostnejši vpogled v trenutno stanje gozdnih združb je bilo na območju Golovca opravljenih še 20 dodatnih fitocenoloških popisov gozdnih fitocenoz (slika 1). Ploskve so bile subjektivno izbrane v spodnjih delih pobočij, kjer so bili zaradi pričakovano ugodnejših



Slika 1: Lokacije fitocenoloških popisov na Golovcu. Modre točke so ponovljeni popisi na ploskvah Gabrijela Tomažiča iz leta 1942, rumene ploskve so dodatni popisi gozdnih fitocenoz na Golovcu.

Fig. 1: Locations of phytocenological relevés on Golovec Hill. Blue dots indicate repeated surveys on Gabrijel Tomažič's plots from 1942; yellow dots indicate additional relevés of forest phytocenoses on Golovec.

rastiščnih razmer pričakovani naprednejši sukcesijski stadiji v razvoju listnatih gozdov, ter v zgornjih delih pobočij in na grebenih, kjer so bili predvideni manj spremenjeni sukcesijski stadiji nekdanjih kisloljubnih borovih gozdov z razvojem proti sestojem z večjim deležem klimaksnih vrst. Mahovnih vrst nismo popisovali, temveč smo za primerjavo z letom 1942 ocenili le skupno zastiranje mahov na posameznih ploskvah.

2.2 Obdelava podatkov

2.2 Data analysis

Fitocenološke popise smo zbrali v urejeni analitski fitocenološki tabeli, pri čemer smo posamezne popise primerjali na podlagi vrstne sestave fitocenoz. Za vsako vrsto smo izračunali pogostost pojavljanja oziroma stalnost v odstotkih ter srednje zastiranje na vseh devetih ploskvah v obeh obravnavanih letih. Rastiščne razmere smo ovrednotili s pomočjo Ellenbergovih (Ellenberg in sod., 1991) in dopoljenih Ellenbergovih vrednosti (Tichý in sod., 2023) za vrste, pri katerih originalne vrednosti manjkajo. Za vsak popis smo za vrste zeliščne plasti izračunali tehtane povprečne indikatorske vrednosti za svetlobo, temperaturo, talno vlažnost, reakcijo tal in vsebnost hranil v tleh. Uteži v izračunih so kvadratni koreni ocen zastiranja vrst v odstotkih. Primerjave vrednosti izbranih okoljskih spremenljivk smo napravili s t-testom za parne vzorce oziroma z ne-parametričnim Wilcoxonovim testom, kadar normalnosti podatkov ni potrdil Shapiro-Wilkov test.

S pomočjo dodatnih fitocenoloških popisov smo podrobneje analizirali trenutno stanje gozdne vegeta-

cije na območju Golovca. Popise smo primerjali z numerično klasifikacijo po metodi najbolj oddaljenega sosedu (CL) ter z ordinacijo po metodi glavnih koordinat (PCoA). Pri obeh analizah smo uporabili Bray-Curtisovo mero različnosti, pri čemer smo pokrovne vrednosti v odstotkih v podatkovni matriki nadomestili z njihovimi kvadratnimi koreni. Vse analize smo opravili v okolju MS Excel in v statističnem programskem okolju (R Core Team, 2025) s knjižnico *vegan* (Oksanen in sod., 2025).

3 REZULTATI

3 RESULTS

3.1 Spremembe v sestavi gozdne vegetacije med letoma 1942 in 2024

3.1 Changes in the composition of forest vegetation between 1942 and 2024

3.1.1 Spremembe vrstne pestrosti, stalnosti in zastiranja vrst

3.1.1 Changes in species diversity, constancy and coverage

Leta 1942 je bilo na devetih fitocenoloških popisih na Golovcu popisanih 51 vrst višjih rastlin. V drevesni plasti je bilo popisanih 9 vrst, v grmovni plasti 11 in v zeliščni plasti 45 različnih vrst. Na ponovljenih popisih smo opazili občutno zmanjšanje števila vrst, predvsem v zeliščni plasti. Skupno je bilo popisanih 35 vrst, v drevesni plasti 9, v grmovni plasti 8 in v zeliščni plasti le še 33 vrst višjih rastlin (preglednica 2). Mahov nismo popisovali. Močno zmanjšanje števila vrst smo zaznali tudi na posameznih ploskvah. Število vrst na popis v

Preglednica 2: Primerjava vrstne pestrosti v letih 1942 in 2024

| | | 1942 | 2024 |
|-----------------------|----------------|--------|--------|
| Skupno število vrst | Skupaj | 51 | 35 |
| | Drevesna plast | 9 | 9 |
| | Grmovna plast | 11 | 8 |
| Število vrst na popis | Zeliščna plast | 45 | 33 |
| | Skupaj | 28 ± 4 | 13 ± 5 |
| | Drevesna plast | 4 ± 2 | 4 ± 1 |
| | Grmovna plast | 6 ± 1 | 2 ± 1 |
| | Zeliščna plast | 24 ± 4 | 10 ± 6 |

Table 2: Comparison of species diversity between 1942 and 2024

zeliščni plasti se je več kot prepolovilo, v grmovni plasti pa smo v povprečju našli le dve vrsti, medtem ko jih je bilo leta 1942 še šest. V drevesni plasti razlik v vrstni pestrosti nismo zaznali.

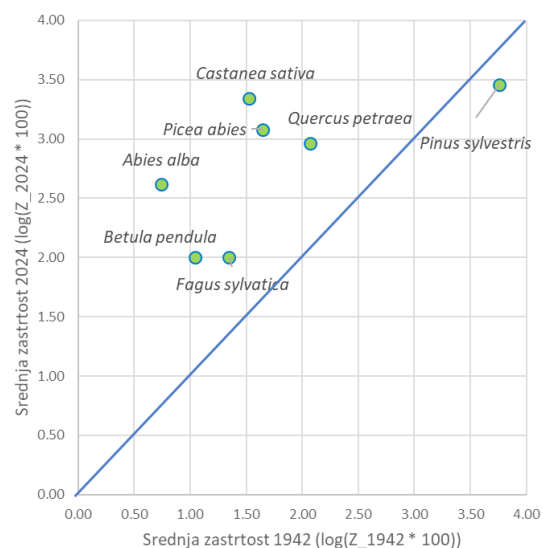
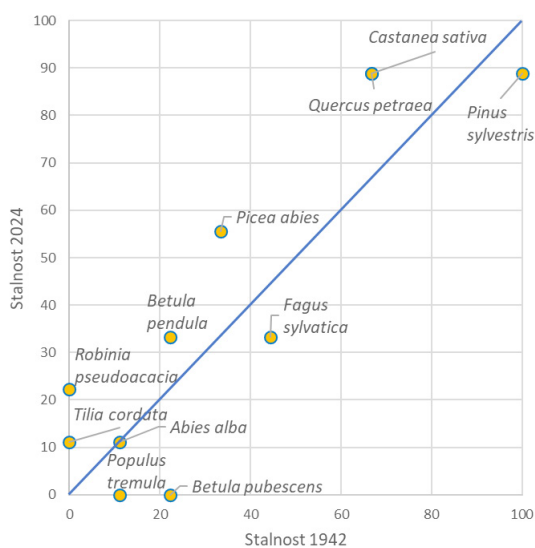
Sestava drevesne plasti se je v obravnavanem obdobju nekoliko spremenila. Ugotovili smo večjo pogostnost pojavljanja (stalnost) pri kostanju, gradnu, smreki in navadni brezi ter zmanjšanje stalnosti pri bukvi in rdečem boru, čeprav so te razlike razmeroma majhne. Na novo sta se v drevesni plasti na dveh ploskvah pojavili robinija in na eni lipovec, nismo pa več našli puhaste breze in trepetlike (slika 4). Pri zastrtosti so te razlike nekoliko večje; na sliki 4 so zaradi večje preglednosti prikazane logaritemske vrednosti zastiranja. Pri vseh vrstah smo ugotovili znatno povečanje srednje zastrtosti, razen pri rdečem boru. Najbolj se je povečala zastrtost kostanja in smreke, zastrtost rdečega bora pa se je zmanjšala na polovico vrednosti iz leta 1942.

Stalnost večine vrst v grmovni plasti se je v obdobju zmanjšala, pogosteje se pojavlja le smreka. Najbolj

se je zmanjšala stalnost navadne krhlike, jerebike in rdečega bora (slika 5). Na novo smo v grmovni plasti zabeležili robinijo, nismo pa več našli gradna, navadne breze, zelene jelše in doba. Srednja zastrtost se je med pogostejšimi vrstami v grmovni plasti najbolj povečala pri bukvi in smreki, znatno manj pa danes zastirajo rdeči bor, jerebika in kostanj.

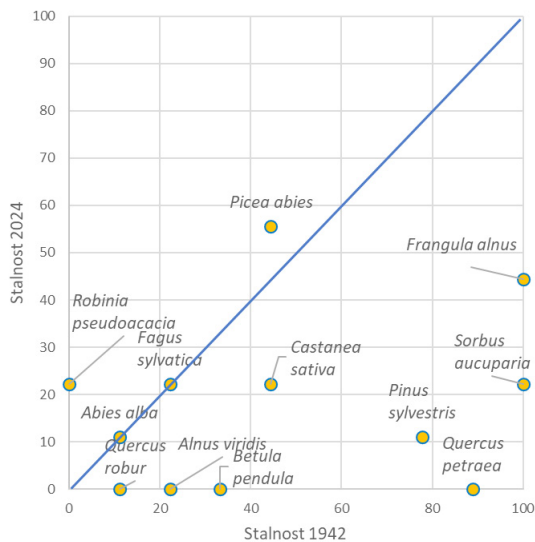
V zeliščni plasti so razlike med letoma najbolj očitne. Prevladujeta borovnica in orlova praprot, kar se v vmesnem obdobju sicer ni spremenilo. Pogostejše vrste so danes še vijugava masnica (*Deschampsia flexuosa*), navadna krhlika (*Frangula alnus*), rebrenjača (*Blechnum spicant*), svilničasti svišč (*Gentiana asclepiadea*), gozdna glota (*Brachypodium sylvaticum*) ter pomladek jerebike, kostanja, gradna in smreke (slika 4).

V obdobju med obema vzorčenjema se je stalnost številnih vrst zeliščne plasti močno zmanjšala (npr. *Deschampsia flexuosa*, *Molinia arundinacea*, *Erica carnea*, *Luzula pilosa*), številnih drugih vrst pa na popisnih ploskvah nismo več našli (*Calluna vulgaris*, *Diphasiastrum*



Slika 2: Primerjava stalnosti (levo) in srednje zastrtosti (desno) pogostejših rastlinskih vrst za l. 1942 in l. 2024 v drevesni plasti (zastrtost – \log_{10} (srednja zastrtost))

Fig. 2: Comparison of plant species constancy (left) and average cover (right) of species in 1942 and 2024 in the tree layer (cover – \log_{10} (average cover))



Slika 3: Primerjava stalnosti (levo) in srednje zastrtosti (desno) pogostejših rastlinskih vrst za l. 1942 in l. 2024 v grmovni plasti (zastrtost – \log_{10} (srednja zastrtost))

complanatum, *Melampyrum pratense*, *Pinus sylvestris*, *Hieracium murorum*, *Solidago virgaurea* idr.; slika 4). Stalnost se je povečala predvsem pri pomladku drevesnih vrst (kostanj, smreka, jerebika, graden), nekaj sicer manj pogostih vrst, med katerimi so tudi tujerodne, pa smo popisali na novo (npr. *Robinia pseudoacacia*, *Prunus laurocerasus*, *Impatiens parviflora*). V obeh letih v zeliščni plasti največ gozdnih tal zastira borovnica. Veliko zastirata tudi orlova praprotna in rebrenjača, katerih zastiranje se je do danes občutno povečalo, medtem ko se je srednja zastrtost stožke, masnice in spomladanske rese najbolj zmanjšala.

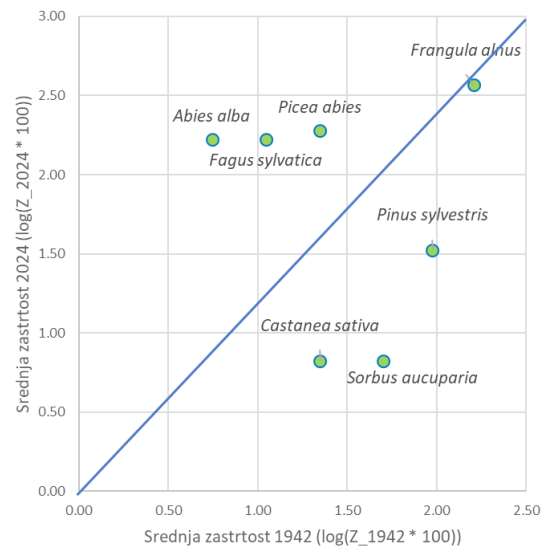
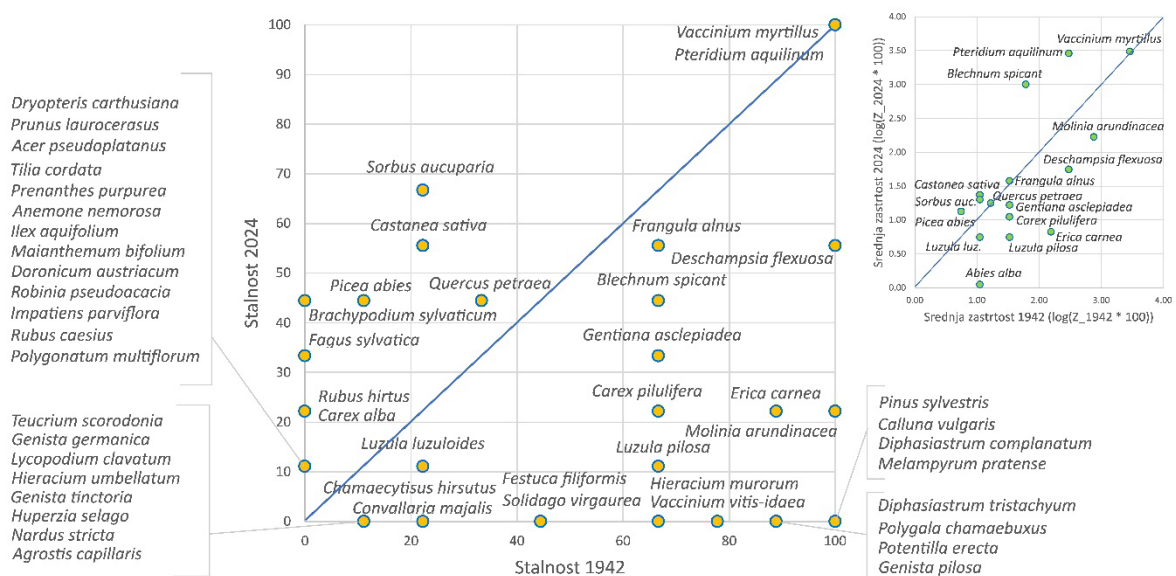


Fig. 3: Comparison of plant species constancy (left) and average cover (right) of plant species in 1942 and 2024 in the shrub layer (cover – \log_{10} (average cover))

3.1.2 Spremembe v zastiranju plasti gozdne vegetacije

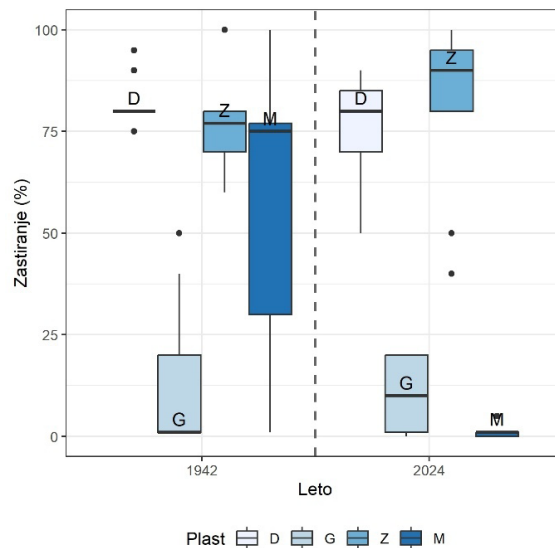
3.1.2 Changes in the cover of forest vegetation layers

Zastiranje rastlinskih vrst smo analizirali po posameznih plasteh vertikalne stratifikacije sestoja. Rezultati kažejo na precej podobne vrednosti zastiranja tako drevesne kot grmovne plasti, pri čemer je zastiranje drevesne plasti v letu 2024 po ploskvah nekoliko bolj spremenljivo. Zastiranje zeliščne plasti se je na ploskvah v povprečju povečalo z dobrih 75 % na skoraj 90 %, vendar sprememba ni statistično značilna ($p =$



Slika 4: Primerjava stalnosti in zastrtosti rastlinskih vrst za l. 1942 in l. 2024 v zeliščni plasti (Z)

Fig. 4: Comparison of plant species constancy and cover between 1942 and 2024 in the herb layer (Z)



Slika 5: Primerjava zastiranja drevesne (D), grmovne (G), zeliščne (Z) in mahovne (M) plasti za leto 1942 (levi sklop) in 2024 (desni sklop)

Fig. 5: Comparison of tree (D), shrub (G), herb (Z) and moss (M) layer cover in 1942 (left group) and 2024 (right group)

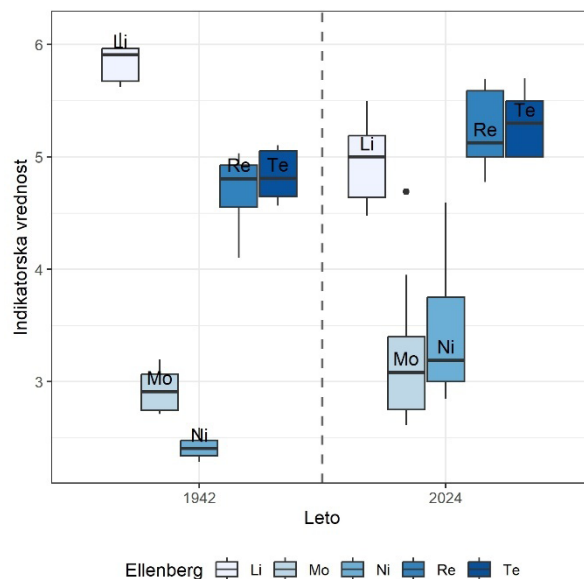
0,095). Najbolj opazna je sprememba v zastiranju mahovne plasti, ki se je močno zmanjšalo. Leta 1942 so mahovi zastirali več kot 75 %, leta 2024 pa le še nekaj odstotkov površine tal ($p = 0,014^{**}$) (slika 5).

inventur (slika 6). Ugotovili smo, da so bile v obeh inventurah razmeroma ugodne svetlobne razmere, ki so se v preučevanem obdobju nekoliko poslabšale ($p < 0,001^{***}$). Nasprotno pa so se vrednosti za toploto ($p = 0,007^{**}$), vlažnost tal ($p = 0,004^{**}$) in predvsem vsebnost dušika v tleh povečale ($p = 0,001^{***}$). Vrednosti za reakcijo tal so nizke, kar kaže na kislila tla in se v povprečju v preučevanem obdobju niso bistveno spremenile ($p = 0,129$), lahko pa na nekaterih popisnih ploskvah (ploskvi T13, T55) opazimo znatno povečanje teh vrednosti.

3.1.3 Primerjava rastiščnih razmer s fitoindikacijo po Ellenbergu

3.1.3 Comparison of site conditions with Ellenberg phytoindication

Primerjava okoljskih razmer z uporabo indikatorskih vrednosti rastlinskih vrst v zeliščni plasti je pokazala določene spremembe v vmesnem obdobju obeh



Slika 6: Primerjava Ellenbergovih indikatorskih vrednosti rastiščnih dejavnikov za leto 1942 (levi sklop) in 2024 (desni sklop). Li – svetloba, Te – toplota, Re – reakcija tal, Mo – vlažnost tal, Ni – vsebnost dušika v tleh

Fig. 6: Comparison of Ellenberg indicator values for site factors in 1942 (left group) and 2024 (right group). Li – light, Te – temperature, Re – soil reaction, Mo – soil moisture, Ni – soil nitrogen content.

Preglednica 3: Primerjava povprečnih vrednosti Ellenbergovih indikatorskih vrednosti za vrste, ki so bile zabeležene le v posamezni inventuri

| | 1942 | 2024 |
|--------------|------|------|
| Svetloba | 6.5 | 4.1 |
| Toplota | 4.6 | 4.9 |
| Vlažnost tal | 4.4 | 5.0 |
| Reakcija tal | 3.1 | 5.7 |
| Dušik v tleh | 2.4 | 5.3 |

Če primerjamo indikatorske vrednosti le tistih vrst v zeliščni plasti, ki so obstajale samo na popisih leta 1942 ali samo na popisih leta 2024, ugotovimo še večje razlike (preglednica 3). Iz sestojev so izginile svetlo-ljubne, kisloljubne in vrste revnih tal, naselile pa so se zmerno sencovzdržne vrste, vrste šibko kislih do nevtralnih tal ter vrste zmerno založenih tal z dušikovimi spojinami.

3.2 Gozdna vegetacija na območju Golovca

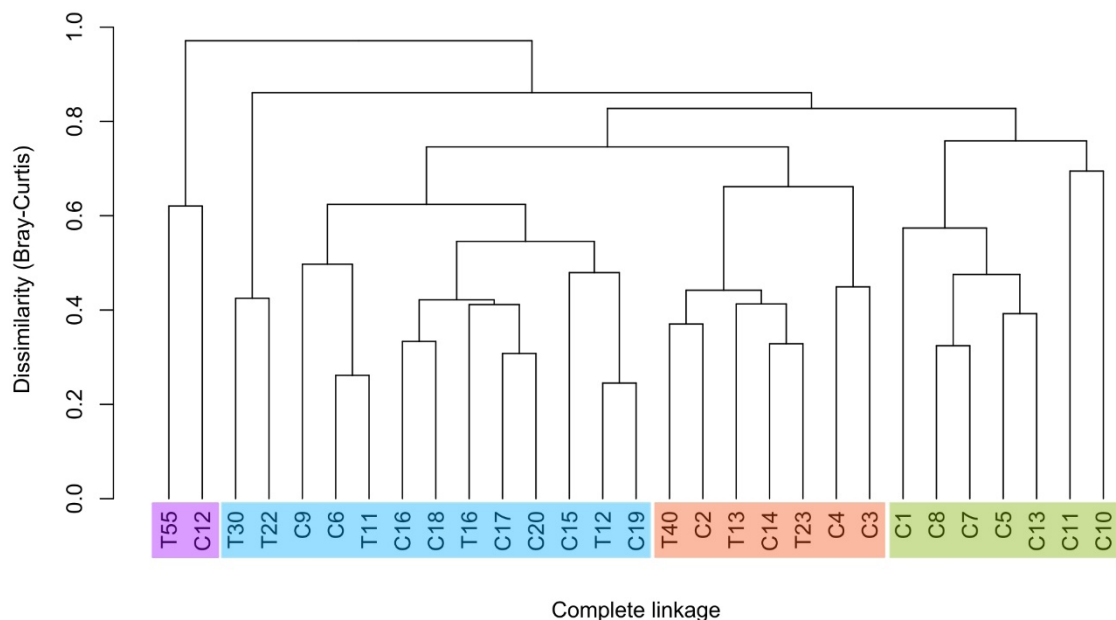
3.2 Forest vegetation in the Golovec area

Na območju Golovca smo poleg devetih Tomažičevih ploskev dodatno fitocenološko popisali še 20 drugih gozdnih sestojev. Polovico popisov smo opravili v spodnjih, polovico pa v zgornjih delih pobočij in na širokih grebenih (slika 1). Popise smo uredili v analitski tabeli (priloga 1). Vrstna sestava gozdne vegetacije na Golovcu je na splošno precej homogena, večje raz-

Table 3: Comparison of the average Ellenberg indicator values for species that were present in one survey

like pa smo opazili v sestavi drevesne plasti. Število vrst na popisnih ploskvah je razmeroma majhno, kar je na splošno značilno za kislga gozdna rastišča. V zgornji drevesni plasti je bil na večini ploskev zabeležen rdeči bor, ponekod sicer redke, predvsem na zgornjih delih pobočij in na grebenih pa še vedno dominanten pri zastiranju. V drevesni plasti se pogosto pojavljajo še graden, smreka, bukev in kostanj. Grmovna plast večinoma malo zastira, v njej pa najdemo predvsem pomladek drevesnih vrst in navadno krhliko. V zeliščni plasti z veliko zastrtostjo skoraj povsod prevladujeta borovnica (*Vaccinium myrtillus*) in orlova praprot (*Pteridium aquilinum*). Pogostejši, a z manjšo zastrtostjo, sta še rebrenjača (*Blechnum spicant*) in vijugava mašnica (*Avenella flexuosa*).

S pomočjo klasifikacije in ordinacije popisov smo ugotovili štiri skupine rastišč, ki sicer ne kažejo izrazitih razlik v vrstni sestavi, lahko pa jih razumemo kot



Slika 7: Slika hierarhične klasifikacije fitocenoloških popisov na Golovcu po metodi najbolj oddaljenega soseda z uporabo Bray-Curtisove mere različnosti. S predpono T so označeni popisi na Tomažičevih ploskvah, s predpono C pa dodatni popisi.

Fig. 7: Hierarchical classification of relevés on Golovec using the complete linkage method with Bray-Curtis dissimilarity. Relevés from Tomažič's plots are marked with the prefix T, while additional inventories are marked with the prefix C.

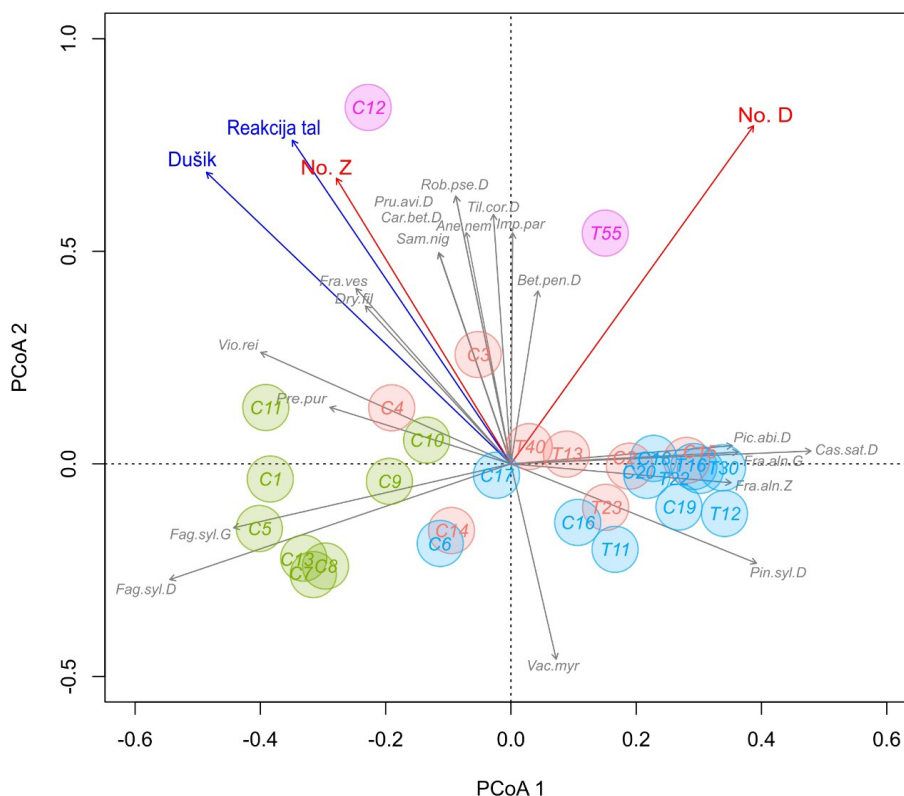
prehode med kisloljubnimi oblikami borovih, gradnovih in bukovih gozdov, ki so se razvile v spremenljivih mikrorastiščnih razmerah (sliki 7 in 8).

Na popisih zelene skupine (priloga 1, popisi 22-29) v drevesni plasti prevladuje bukev, ki se tam tudi dobro pomlajuje. V zgornji drevesni plasti večinoma še uspeva rdeči bor, v nižjih plasteh pa ga skoraj ne najdemo. Pogosto in z znatno zastrtostjo se pojavlja še graden, v grmovni in zeliščni plasti pa tudi kostanj in smreka. Od zeliščnih vrst te sestoje od drugih skupin najbolj razlikuje pogostejše pojavljanje škrlatnordeče zajčice (*Prenanthes purpurea*), gozdne vijolice (*Viola reichenbachiana*) in dlakave bekice (*Luzula pilosa*). Takšni sestoji se pojavljajo predvsem v spodnjih delih pobočij. Uvrstimo jih lahko v asociacijo bukovega gozda z rebrenjačo (*Blechno-Fagetum*).

V oranžno skupino (priloga 1, popisi 14-21) smo uvrstili dvoplastne sestoje, kjer v zgornji drevesni plasti prevladuje rdeči bor, v spodnji drevesni plasti pa imata veliko zastrtost graden in domači kostanj. Bukev je tu v drevesni plasti le primešana vrsta, nekoliko več pa zastira v grmovni plasti, kar morda nakazuje nadalj-

nji sukcesijski razvoj te skupine rastišč. V grmovni in zeliščni plasti rdečega bora skoraj ne zasledimo več. V zeliščni plasti se tu v primerjavi z drugimi skupinami popisov relativno pogosto pojavlja gozdna glota (*Brachypodium sylvaticum*), značilno pa je tudi večje zastiranje orlove praproti (*Pteridium aquilinum*).

Modra skupina popisov (priloga 1, popisi 3-13) zajema večinoma gozdne sestoje s številnejšimi smrekami v drevesni plasti. V zgornji drevesni plasti je še vedno pogost rdeči bor, v spodnji pa kostanj in graden. Predvsem smreko in kostanj pogosto najdemo tudi v grmovni plasti, kjer glede na druge skupine stopa v ospredje tudi pogostejše pojavljanje in zastiranje navadne krhlike (*Frangula alnus*). V zeliščni plasti je obilnejša vijugava masnica (*Deschampsia flexuosa*), glede na druge skupine pa imata večje zastiranje tudi borovnica (*Vaccinium myrtillus*) in rebrenjača (*Blechnum spicant*). Tako oranžno kot modro skupino popisov uvrščamo v kisloljubno drugotno asociacijo *Calluno-Quercetum petraeae* (drugotna združba gradna in jesenske vrese). Popise modre skupine lahko nadalje uvrstimo v varianto s smreko (var. *Picea abies*).



Slika 8: Slika ordinacije fitocenoloških popisov na Golovcu po metodi glavnih koordinat z uporabo Bray-Curtisove mere različnosti. Na sliki so kot pasivne spremenljivke dodane povprečne vrednosti Ellenbergovih ocen za reakcijo tal in vsebnost dušika v tleh, število vrst zeliščne in drevesne plasti na popisih ter zastiranje pomembnejših rastlinskih vrst.

Fig. 8: Relevés on Golovec shown using principal coordinates analysis with Bray-Curtis dissimilarity. The figure includes, as passive variables, mean Ellenberg indicator values for soil reaction and nitrogen content, the number of herbaceous and tree layer species in the inventories, and the cover of important plant species.

Popisa vijolične skupine se nekoliko razlikujeta od drugih. Za oba je značilno uspevanje robinije, lipovca in navadne breze v drevesni plasti, sicer pa na popisu C12 prevladuje beli gaber, na popisu T55 pa smreka in kostanj. V zeliščni plasti tu najdemo drobnocvetno nedotiko (*Impatiens parviflora*), mnogocvetni salomonov pečat (*Polygonatum multiflorum*), podlesno vetrnico (*Anemone nemorosa*) in sinjezeleno robido (*Rubus caesius*), ki jih na drugih popisih skoraj nismo zasledili. Na obeh popisih smo zabeležili tudi večje število vrst, fitoindikacija pa je pokazala na nekoliko boljšo založenost tal z bazičnimi kationi in dušičnimi spojinami. Zaradi sukcesijskega značaja precej vrzelastih sestojev teh dveh popisov za zdaj ne moremo zanesljivo razvrstiti v sintaksonomski sistem, vendar pa je vrstna sestava vsaj enega popisa nekoliko podobna fitocenozam asociacije belega gabra z borovnico (*Vaccinio myrtilli-Carpinetum*). Na to kažeta rast belega gabra in lipovca v drevesnem in grmovnem sloju ter večja zastopanost vrst razreda *Carpino-Fagetea* (npr. *Polygonatum multiflorum* in *Anemone nemorosa*).

Na koncu opozarjamo še na pojavljanje tujerodnih vrst, ki jih v času prvotne inventure na Golovcu ni bilo na popisnih ploskvah. Ob naši inventuri smo v drevesni plasti zabeležili uspevanje robinije (tudi v grmovni in zeliščni plasti), tulipanovca in rdečega hrasta (tudi v zeliščni plasti). Dodatno smo v zeliščni plasti popisali še enoletno suholetnico (*Erigeron annuus*), drobnocvetno nedotiko (*Impatiens parviflora*) in lovrikovec (*Prunus laurocerasus*).

4 RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI

4 DISCUSSION AND CONCLUSIONS

4.1 Primerjava gozdne vegetacije na Golovcu med letoma 1942 in 2024

4.1 Comparison of forest vegetation on Golovec Hill between 1942 and 2024

Primerjava ponovljenih fitocenoloških popisov pokaže, da so se kisloljubni gozdovi rdečega bora na Golovcu v več kot osmih desetletjih opazno spremenili. Spremembe se kažejo v vrstni pestrosti ter stalnosti in zastiranju vrst na popisnih ploskvah. Skupno število popisanih vrst se je zmanjšalo z 51 na 35 vrst višjih rastlin, zmanjšanje je izrazito predvsem v zeliščni plasti, medtem ko je v drevesni plasti skupno število vrst ostalo enako. Podobno velja za število popisanih vrst na posameznih popisnih ploskvah, kjer je zmanjšanje vrst zeliščne plasti še bolj izrazito (preglednica 2). Upadanje vrstne pestrosti so ugotovili tudi v drugih študijah sprememb pritalne vegetacije gozdnih habitatov v Sloveniji (Kermavnar in Kutnar, 2024, 2025; Nagel in sod., 2019). Zmanjšanje vrstne pestrosti pa lahko

pripišemo tudi sukcesijskemu razvoju po opustitvi steljarjenja, ko se običajno razbohoti kakšna vrsta trave ali v primeru Golovca orlova praprot (*Pteridium aquilinum*), ki zastre talno površino in onemogoča uspevanje drugih zeliščnih vrst (Dzwonko in Gawroński, 2002). Do določene mere lahko manjše število popisanih vrst pripišemo tudi temu, da so bili ponovljeni popisi opravljeni na nekoliko manjši površini (400 m²) kot prvotni popisi (med 400 in 1000 m²) ter da smo vse ponovljene popise opravili junija, medtem ko je Tomažič nekatere svoje popise opravil tudi zgodaj jeseni, vendar po naši oceni to ni imelo bistvenega vpliva.

V drevesni plasti razlike v stalnosti vrst niso velike, večje razlike pa so pri zastiranju vrst. Rdeči bor se v drevesni plasti počasi umika kostanju, gradnu in smreki, čeprav ga še vedno najdemo na večini ploskev v nadstojni plasti. Na ploskvah nismo več našli puhaste breze in trepetlike, ki sta podobno kot rdeči bor vrsti zgodnejših sukcesijskih stadijev na revnejših in bolj odprtih rastiščih (Wiström in Busse Nielsen, 2017). Uspevanje gradna, kostanja in tudi smreke se v sekundarni sukcesiji na takšnih rastiščih poveča, ko se nekoliko izboljšajo talne razmere in poveča zastrtost (Silla in sod., 2018). V grmovni plasti se je stalnost večine vrst močno zmanjšala, kar lahko pojasnimo s poslabšanjem svetlobnih razmer zaradi večje zastrtosti listavcev v drevesnem sloju. Listavci imajo večjo listno površino in gostejše krošnje v primerjavi z borom ter tako prestrežejo več vpadne svetlobe (Bose in sod., 2014). Stalnost bukve v grmovnem sloju se ni spremenila, se je pa povečala njena srednja zastrtost, kar kaže na verjetno večjo vlogo bukve na teh rastiščih v prihodnje.

Še večje razlike so v sestavi zeliščne plasti. Borovnica (*Vaccinium myrtillus*) in orlova praprot (*Pteridium aquilinum*) sta še vedno dominantni vrsti, vendar pa se je zastiranje orlove praproti precej povečalo. Večini drugih vrst sta se stalnost, še bolj pa zastrtost, močno zmanjšali. Leta 2024 smo med zeliščnimi vrstami opazili večje zastiranje sencovzdržne rebrenjače (*Blechnum spicant*). Pomladek rdečega bora, ki je bil ob prvi inventuri povsod prisoten, je popolnoma izginil iz zeliščne plasti, povečala pa se je rast pomladka kostanja, gradna, bukve in smreke.

V vmesnem obdobju so številne vrste iz sestojev izginile, zanje je značilno, da naseljujejo svetla, zakisana in s hranili revno založena rastišča, kakršne so bile razmere v steljarjenih borovih sestojih. Vrste, ki so se na novo pojavile, kažejo na nekoliko bolj zasenčena in glede kislosti tal ter hranil precej ugodnejša rastišča. O zmanjšanju kislosti tal pri prehodu iz iglastih v mešane gozdove ali iz steljarjenih brezovih gozdov v belogabrovja poročajo tudi drugi avtorji (Čarni in sod., 2007;

Seliger in sod., 2023). Podoben, a manj izrazit trend spreminjanja rastiščnih razmer kaže tudi fitoindikacija vseh vrst zeliščne plasti. Ugoden vpliv povečane zastiranja listavcev na gozdna tla so ugotovili tudi drugi raziskovalci, saj njihovi listi vsebujejo več hranil kot iglice rdečega bora, ki se ob razgradnji sproščajo v zgornji sloj gozdnih tal in se nato vključujejo v kroženje hranil (Augusto in sod., 2003; Błońska in sod., 2018; Rode, 1993).

Ob prvi inventuri je bila popisana tudi takrat bogata mahovna flora, ki je v povprečju zastirala več kot 50 % površine popisnih ploskev (Tomažič, 1942). Ob ponovitvi popisov je bilo zastiranje mahov zelo majhno, večinoma okoli 1% ali manj, posameznih vrst pa nismo popisovali. Veliko zmanjšanje zastiranja mahov je verjetno posledica večjega zastiranja orlove praproti in listnatih drevesnih vrst v vseh slojih gozdne vegetacije ter dodatno še kopičenja listnega opada, ki je po opustitvi steljarjenja ostal na gozdnih tleh in onemogoča uspevanje mahovnih vrst (Dzwonko in Gawroński, 2002). Razkroj listnega opada, v katerem je vse večji delež opada listavcev, povzroča manjšo zakisanost vrhnjega sloja tal, kar smo potrdili s fitoindikacijo. To zelo kisloljubnim mahovnim vrstam, ki so bile prvotno popisane, ne ustreza in verjetno tudi prispeva k velikemu zmanjšanju njihove zastrtosti.

Na podlagi ugotovitev lahko sklepamo, da gre na Golovcu za sukcesijsko zaporedje iz nekdanjih pionirskih sestojev rdečega bora, prek prehodnih stadijev z gradnom in kostanjem, kakršno stanje večinoma opazujemo danes, prihodnja smer pa bo verjetno vodila v sestoje z večjim deležem bukke, ki bo na ugodnejših rastiščih tudi graditeljica sestojev. Do podobnih ugotovitev je ob preučevanju kisloljubnih bukovih gozdov prišel tudi Marinček (1973).

4.2 Gozdna vegetacija na območju Golovca

4.2 Forest vegetation in the Golovec area

Glede na geološko zgradbo Golovca, kjer prevladujejo starejše, hitro preperevajoče silikatne kamnine (skrilavi glinavci, meljevci, peščenjaki), na katerih so se razvila večinoma distrična rjava tla, je pričakovano tudi gozdna vegetacija precej kisloljubna. V drevesni plasti skoraj povsod še vedno najdemo rdeči bor, ki je nekoč v steljarjenih ali pionirskih sestojih na zaraščajočih se pašnikih verjetno prevladoval, danes pa je dominanten večinoma le še ponekod na vršnih grebenskih delih Golovca. V grmovni in zeliščni plasti bora skoraj ni več. Na bolj ugodnih rastiščih spodnjih delov pobočij se kot nosilka sestoja vse bolj uveljavlja bukev, ki se tudi dobro pomlajuje. Gradn in kostanj imata v sestojih pomembno vlogo. Nekoliko manj sta zastopana v sesto-

jih z dominantno bukvijo, veliko zastrtost in stalnost pa dosejata v spodnji drevesni plasti sestojev, kjer v zgornjem sloju uspeva rdeči bor. Gradna v grmovnem sloju skoraj nismo našli, se pa pogosto, a z manjšo zastrtostjo, pojavlja v zeliščni plasti. Kostanj je v grmovnem sloju pogostejši, podobno tudi v zeliščni plasti in s podobno majhno zastrtostjo kot gradn. Smreka se pojavlja manj pogosto, večinoma v sestojih, kjer bukke ni ali ima manjšo zastrtost, običajno skupaj z rdečim borom, kostanjem in gradnom, z manjšo zastrtostjo pa je sicer pogosta v spodnjih plasteh sestojev. Zeliščna plast je povsod precej homogena, z dominantnima orlovo praprotjo in borovnico in nekaterimi drugimi manjšimi razlikami.

Sekundarna sukcesija v teh gozdovih poteka počasi in z različno hitrostjo. Na rodovitnejših rastiščih, običajno na položnejših terenih ali v spodnjih delih pobočij, se kot graditeljica sestoja vse bolj uveljavlja bukke. Takšne sestoje, ki smo jih popisali v naši raziskavi (priloga 1, popisi 22-29), lahko uvrstimo v osrednjo obliko bukovega gozda z rebrenjačo, zaradi uspevanja rdečega bora pa predlagamo varianto z njim (*Blechno-Fagetum* (Tüxen et Oberdorfer 1958) Rivas-Martinez 1962 *typicum* Marinček 1970 var. *Pinus sylvestris*). Gre za pozni prehodni stadij iz nekdanjih borovih sestojev v končno obliko bukovega gozda z rebrenjačo. Bor bo s starostjo iz sestojev izginil, zaradi vse bolj zasenčenih razmer pa bodo prevladale sencoljubne vrste (Marinček, 1970, 1973).

Na pobočjih z nekoliko večjim naklonom ali v zgornjih delih pobočij sukcesija poteka počasneje. Tam se bukkev kljub zmerni stalnosti še ni uveljavila, v zgornjem drevesnem sloju ima rdeči bor še vedno znatno zastrtost, v spodnjem drevesnem sloju pa imata še večjo zastrtost gradn in kostanj. Gre za prehodni, verjetno dolgotrajni, sukcesijski stadij iz drugotnega kisloljubnega gozda rdečega bora z borovnico v smeri potencialno naravnega bukovega gozda z rebrenjačo, kjer imata gradn in domači kostanj kot svetloljubni vrsti pomembno vlogo, saj se na revnejših rastiščih bukkev težje uveljavlja. Takšne sestoje je Marinček (1973) poimenoval kot *Castanea sativa-Pinus sylvestris-Vaccinium myrtillus* stadij. Z nomenklaturno revizijo so vpejali ime drugotne asociacije oziroma njene geografske variante *Leucobryo-Quercetum petraeae* var. geogr. *Castanea sativa* (Marinček in Zupančič, 1995), kasneje pa sta Zupančič in Žagar (2013) predlagala njeno priključitev geografski varianti asociacije *Calluno-Quercetum petraeae* var. geogr. *Castanea sativa*. Naše obravnavane sestoje (priloga 1, popisi 3-21) lahko uvrstimo v bolj degradirano subasociacijo *Calluno-Quercetum petraeae* (Marinček 1973) Marinček & Zupančič 1995 var.

geogr. *Castanea sativa* Marinček & Zupančič 1995 *pinetosum sylvestris* Zupančič & Žagar 2013. Zaradi večjega deleža smreke ter nekaterih vrst razreda *Vaccinio-Piceetea* (Priloga 1) v nekaterih popisih (priloga 1, popisi 3-13), smo te sestoje uvrstili v varianto s smreko *Calluno-Quercetum petraeae* var. geogr. *Castanea sativa pinetosum sylvestris* var. *Picea abies* var. nova.

Podobni sestoji so na Hrvaškem (Horvat, 1938) in v Bosni in Hercegovini (Stupar in sod., 2014; Wraber, 1958) vključeni v asociacijo *Quercu-Castanetum sativae* Horvat 1938. Ob kartiranju Golovca leta 1932 je Gabrijel Tomažič verjetno podobne sestoje predstavil z rokopisno fitocenološko tabelo združbe *Querceto-Castaneetum* s 14 popisi, vendar se ta do danes žal ni ohranila (Robič in Wraber, 2001). Kasneje Tomažič (1942) omenja, da takšni sestoji v podobni obliki rastejo v sindinamski povezanosti s kisloljubnimi borovji v Sloveniji, ki jih uvrščamo v geografsko varianto drugotne asociacije *Vaccinio myrtilli-Pinetum sylvestris* Kobendza 1930 var. geogr. *Castanea sativa* Tomažič 1942. Tregubov je objavil dve fitocenološki tabeli asociacije *Querceto-Castanetum* s skupaj 46 popisi, kjer opazimo acidofilno in vrstno revno sestavo fitocenoza (Tregubov, 1961). Obstoj te asociacije v Sloveniji omenja še Smole (1987), vendar natančnejše sintaksonomske opredelitve ne poda, temveč navaja le, da gre za skupino acidofilnih hrastovih gozdov. Horvat (1938) je makroasociacijo *Quercu-Castanetum sativae* prvotno opisal na severozahodu Hrvaške, kasneje so iz nje izločili termofilne sestoje gradna z manjšim deležem kostanja ter bukova s kostanjem in so v njej ostali le izrazito acidofilni sestoji s kostanjem, kjer se kostanj spontano pomlajuje in razširja (Anić, 1940; Medak, 2011; Vukelić, 2012). V Sloveniji se to poimenovanje ni uveljavilo. Takratni fitocenologi so bili mnenja, da kostanj ne more tvoriti primarne naravne združbe in so verjetno zato takšne sestoje obravnavali v okviru sukcesijskih stadijev potencialno naravne bukove združbe *Blechno-Fagetum* (Košir in sod., 2007; Marinček, 1973; Smole, 1966; Wraber, 1958). Kasneje, ko so dolgotrajne stadije kisloljubnih hrastovih in kostanjevih gozdov obravnavali kot drugotne asociacije, je bilo uporabljeno drugačno, prej omenjeno poimenovanje takšnih fitocenoza. Nadaljnje raziskave kisloljubnih fitocenoza z gradnom in domačim kostanjem bodo še potrebne za razjasnitev sintaksonomskih vprašanj.

Dva popisa sta bila nekoliko drugačna od drugih, predvsem popis št. 1 (priloga 1) pa kaže podobnost s kisloljubno združbo belega gabra in borovnice. Takšni sestoji na Golovcu verjetno obstajajo še tam, kjer so tla globlja ter ravna ali le blago nagnjena, sintaksonomsko pa so vključeni v asociacijo *Vaccinio myrtilli-Carpine-*

tum betuli (M. Wraber 1969) Marinček 1994.

Na Golovcu danes prevladujejo prehodni dolgotrajni ali morda ponekod tudi trajni stadiji na prehodu iz pionirskega kisloljubnega gozda rdečega bora (*Vaccinio myrtilli-Pinetum sylvestris*) proti kisloljubnemu bukovemu gozdu (*Blechno-Fagetum*). V svetlih borovih sestojih se v drevesni plasti počasi povečuje delež svetloljubnega gradna in domačega kostanja ter v zadnjem času tudi robinije. Nato se vsaj na ugodnejših rastiščih z globljimi tlemi postopoma povečuje delež sencovzdržne bukve, ki počasi izriva graden in domači kostanj iz sestoja. Rdeči bor v zgornji drevesni plasti se zaradi nadstojnosti umika šele po naravni poti ali s posekom. Na manj ugodnih rastiščih so stadiji z gradnom, domačim kostanjem in nadstojnim rdečim borom dolgotrajni (*Calluno-Quercetum petraeae* var. geogr. *Castanea sativa pinetosum sylvestris*). Obe listnati vrsti se ob povečevanju zastiranja sčasoma težje pomlajujeta, gospodarjenje z ne preveč intenzivno sečnjo (nevarnost razrasti orlove praproti), pa omogoča njuno nadaljnje obnavljanje. Na ravnih terenih z globljimi tlemi in nekoliko vlažnejšim značajem se lahko uveljavi kisloljuben gozd belega gabra (*Vaccinio myrtilli-Carpinetum betuli*).

5 POVZETEK

5 SUMMARY

The article examines long-term changes in acidophilous Scots pine forests on Golovec, a forested hill on the southeastern edge of Ljubljana, and compares the current vegetation with detailed surveys conducted in 1942 by Prof. Gabrijel Tomažič. These forests originally developed as a result of historical land use, particularly litter raking, grazing, and fuelwood collection, which depleted soil nutrients and created favorable conditions for Scots pine on acidic, nutrient-poor sites. With the abandonment of traditional practices, urban expansion, and the predominance of natural forest development in recent decades, noticeable changes in species composition and forest structure have occurred. The goal of the research was to determine the extent to which these forests have changed over more than 80 years and to describe the forest communities present today.

To achieve this, we relocated Tomažič's original plots using detailed written descriptions, historic maps, LiDAR-based terrain models, and orthophotos, and repeated the vegetation surveys with the Braun-Blanquet method on standardized 400 m² plots. We recorded all vascular plant species and their cover, supplemented the repeated surveys with 20 new plots placed across lower and upper slopes and ridge positions, and applied Ellenberg indicator values to infer environmental changes. We also used cluster analysis and ordination

to classify present-day forest vegetation.

The results show a marked decline in species richness: the number of vascular plant species decreased from 51 to 35, with the greatest reduction in the herb and shrub layers. The tree layer maintained the same number of species, but its composition changed significantly. The dominance of Scots pine decreased, while chestnut, sessile oak, and Norway spruce increased in both frequency and cover. New species such as black locust appeared, while pioneering species like downy birch and aspen disappeared from the repeated plots. In the shrub layer, the overall decline in abundance reflects increased shading from a denser tree canopy. The herb layer shows the most conspicuous changes: bilberry and bracken remain dominant, but bracken has expanded substantially. Many light-demanding acidophilous species have declined or disappeared, while shade-tolerant and moderately nutrient-demanding species have expanded. Moss cover, once exceeding 75% of the forest floor, has dropped to only a few percent, likely due to increased shading and accumulated leaf litter after the abandonment of litter raking.

Ellenberg indicator values confirm these ecological shifts. Conditions have become shadier, somewhat warmer, and moister, with a pronounced increase in nitrogen availability. Although soils remain acidic overall, some plots show a noticeable shift toward less acidic conditions. Species that disappeared between 1942 and 2024 were largely adapted to very acidic, nutrient-poor, and well-lit habitats, while species appearing in 2024 indicate slightly more fertile and less acidic soils.

Analysis of all 29 plots revealed several types of forest communities representing different stages of succession. On lower slopes with deeper soils, beech-dominated stands have developed, often with Scots pine persisting only in the upper canopy. Mixed stands of pine, oak, and chestnut prevail on intermediate slopes and ridges, reflecting slow succession where soils remain poor. In some sites, the increased presence of spruce creates a spruce-rich variant of these communities. On deeper and less acidic soils, stands resembling hornbeam–bilberry forests occur. Across Golovec, invasive species such as black locust, cherry laurel, and small balsam, absent in 1942, now appear in the tree, shrub, or herb layers.

The study concludes that the acidophilous Scots pine forests of Golovec are undergoing predictable secondary succession. Former pioneer pine stands, shaped by past human disturbance, are transitioning to mixed forests and, over time, to beech-dominated communities where conditions permit. Succession proceeds rapidly on lower, more fertile slopes but

slowly on upper slopes and ridges, where Scots pine still dominates. The observed ecological changes – reduced soil acidity, increased nutrient content, greater shading, loss of light-demanding species, and a decline of mosses – are consistent with the cessation of past land use and the accumulation of deciduous leaf litter. These findings highlight the value of long-term vegetation studies for understanding forest dynamics in urban environments and for guiding future management aimed at biodiversity conservation and sustainable ecosystem functioning.

The identified forest communities are as follows: the acidophilous beech forest *Blechno–Fagetum* (Tüxen & Oberdorfer 1958) Rivas-Martínez 1962 *typicum* Marinček 1970 *var. Pinus sylvestris*; the secondary acidophilous oak community *Calluno–Quercetum petraeae* (Marinček 1973) Marinček & Zupančič 1995 *var. geogr. Castanea sativa* Marinček & Zupančič 1995 *pinetosum sylvestris* Zupančič & Žagar 2013, including a *var. Picea abies var. nova*; locally the hornbeam–bilberry forest *Vaccinio myrtilli–Carpinetum betuli* (M. Wraber 1969) Marinček 1994; and, as the historical pioneer stage, the acidophilous Scots pine forest *Vaccinio myrtilli–Pinetum sylvestris* Kobenzda 1930 *var. geogr. Castanea sativa* Tomažič 1942.

DOSTOPNOST RAZISKOVALNIH PODATKOV DATA AVAILABILITY

Uporabljeni raziskovalni podatki so bili pridobljeni z lastnim terenskim delom za diplomsko delo Luke Čulajevića na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete pod mentorstvom doc. dr. Andreja Rozmana ter so objavljeni v prilogi 1 tega prispevka. Podatki, uporabljeni za primerjavo, so ustrezno citirani v članku.

ZAHVALA ACKNOWLEDGEMENTS

Posebna zahvala gre predvsem kolegoma Marku Svetetu in Aljažu Zupanču, ki sta pomagala pri zbiranju terenskih podatkov.

VIRI REFERENCES

- Ali Ljubljani ni treba zelene površine? 1938. Slovenski narod, 71, 114 (21. 5. 1938): 2. <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-5XR8J1DW>
- Anić M. 1940. Pitomi kesten u Zagrebačkoj gori. Glasnik za šumske pokuse, 11: 103–312.
- Asamm Software - Locus GISm Mobile GIS application for Android. 2024 Asamm Software, <https://www.locusgis.com>

- Augusto L., Dupouey J.-L., Ranger J. 2003. Effects of tree species on understory vegetation and environmental conditions in temperate forests. *Annals of Forest Science*, 60, 8: 823–831. <https://doi.org/10.1051/forest:2003077>
- B. 1848. V kmetijskih rečeh za Ljubljano. *Kmetijske in rokodelske novice*, 6, 22 /31. 5. 1848): 91–92. <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-HJ4Y0LML>
- Błońska E., Klammerus-Iwan A., Lasota J., Gruba P., Pach M., Pretzsch H. 2018. What characteristics of soil fertility can improve in mixed stands of Scots pine and European beech compared with monospecific stands? *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49, 2: 237–247. <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1421658>
- Bose A.K., Schelhaas M.-J., Mazerolle M.J., Bongers F. 2014. Temperate forest development during secondary succession: effects of soil, dominant species and management. *European Journal of Forest Research*, 133, 3: 511–523. <https://doi.org/10.1007/s10342-014-0781-y>
- Braun-Blanquet J. 1964. *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. Wien, New York, Springer.
- Čarni A., Košir P., Marinšek A., Šilc U., Zelnik I. 2007. Changes in structure, floristic composition and chemical soil properties in a succession of birch forests. *Periodicum Biologorum*, 109, 1: 13–20.
- Digitalna pedološka karta Slovenije 1:25 000. 2008. Univerza v Ljubljani, Center za pedologijo in varstvo okolja.
- Dnevne vesti. 1901. Slovenski narod, 34, 135 (5. 3. 1901): 3. <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-D3Q34TEU>
- Dnevne vesti. 1906. Slovenski narod, 39, 80 (7. 4. 1906): 6. <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-S073M22H>
- Dnevne vesti. 1920. Slovenski narod, 53, 185 (15. 8. 1920): 4. <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-DDZ4SAFI>
- Domače stvari. 1884. Slovenski narod, 17, 54 (5. 3. 1884): 4. <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-61XGRTO9>
- Dzwonko Z., Gawroński S. 2002. Effect of litter removal on species richness and acidification of a mixed oak-pine woodland. *Biological Conservation*, 106, 3: 389–398. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00266-X](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00266-X)
- Ellenberg H., Weber H., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulissen D. 1991. *Zeigwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. Scripta Geobotanica, 18: 248.
- GURS - Prostorski podatki. [Dataset]. 2024. Ljubljana, Geodetska uprava Republike Slovenije,
- Horvat I. 1938. Biljnoscioološka istraživanja šuma u Hrvatskoj. *Glasnik za šumske pokuse*, 6: 127–279. <https://repozitorij.sumfak.unizg.hr/object/sumfak:2298/FILE0/download> (7. maj 2026).
- Kapfer J., Hédl R., Jurasinski G., Kopecký M., Schei F.H., Grytnes J.-A. 2017. Resurveying historical vegetation data – opportunities and challenges. *Applied Vegetation Science*, 20, 2: 164–171. <https://doi.org/10.1111/avsc.12269>
- Kermavnar J., Kutnar L. 2024. Three decades of understory vegetation change in Quercus-dominated forests as a result of increasing canopy mortality and global change symptoms. *Journal of Vegetation Science*, 35, 6, e13317, <https://doi.org/10.1111/jvs.13317>
- Kermavnar J., Kutnar L. 2025. Plant diversity decrease and directional species turnover induced by shifting overstory dominance in the oak-hornbeam forest reserve over 50 years. *Flora*, 327, 152742. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2025.152742>
- Knollová I., Chytrý M., Bruelheide H., Dullinger S., Jandt U., Bernhard-Römermann M., Biurrun I., de Bello F., Glaser M., Hennekens S., Jansen F., Jiménez-Alfaro B., Kadaš D., Kaplan E., Klinkovská K., Lenzner B., Pauli H., Sperandii M.G., Verheyen K., Winkler M., ... Essl F. 2024. ReSurveyEurope: a database of resurveyed vegetation plots in Europe. *Journal of Vegetation Science*, 35, 2, e13235. <https://doi.org/10.1111/jvs.13235>
- Košir Ž., Zorn-Pogorelc M., Kalan J., Marinček L., Smole I., Čampa L., Šolar M., Anko B., Accetto M., Robič D., Toman V., Žgajnar L., Torelli N., Tavčar I., Kutnar L., Kralj A. 2007. *Gozdnovegetacijska karta Slovenije*. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije.
- Letni zbor c. k. kmetijske družbe. 1858. 20. *Kmetijske in rokodelske novice*. 20. Jožef Blaznik, str. 154–155
- Letni zbor c. k. kmetijske družbe v Ljubljani. 1859. *Kmetijske in rokodelske novice*, 16, 19 (12. 5. 1858): 145–146. <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-QAH6M3BP>
- Marinček L. 1970. Bukov gozd z rebrenjačo. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 8: 93–130.
- Marinček L. 1973. Razvojne smeri bukovega gozda z rebrenjačo (Blechno-Fagetum). *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 11, 1: 77–106.
- Marinček L., Čarni A., Košir P., Marinšek A., Šilc U., Zelnik I. 2006. Komentar k vegetacijski karti gozdnih združb Slovenije v merilu 1:50.000 - list Ljubljana. Ljubljana, Založba ZRC, Biološki inštitut Jovana Hadžija ZRC SAZU.
- Marinček L., Zupančič M. 1995. Nomenklatura revizija acidofilnih bukovih in gradnovih gozdov zahodnega območja ilirske florne province. *Hladnikia*, 4: 29–35.
- Martinčič A., Wraber T., Jogan N., Podobnik A., Ravnik V., Turk B., Vreš B., Frajman B., Strgulc-Krajšek S., Trčak B., Bačić T., Fischer M.A., Eler K., Surina B. 2007. Mala flora Slovenije: ključ za določanje praprotnic in semenk. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije.
- Medak J. 2011. Šume pitomog kestena s prasećim zeljem (Aposeri foetidae-Castanetum sativae ass. nova) u Hrvatskoj. *Šumarski list*, 135, 13: 5–24. <http://sumlist.sumari.hr/pdf/201150050.pdf> (7. maj 2026).
- Nagel T.A., Iacopetti G., Javornik J., Rozman A., De Frenne P., Selvi F., Verheyen K. 2019. Cascading effects of canopy mortality drive long-term changes in understory diversity in temperate old-growth forests of Europe. *Journal of Vegetation Science*, 30, 5: 905–916. <https://doi.org/10.1111/jvs.12767>
- Nevaren gozdni tat obsojen. 1944. Slovenec: političen list za slovenski narod, 72, 50 (2. 3. 1944): <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-NVJ45VEB>
- Oksanen J., Simpson G.L., Blanchet F.G., Kindt R., Legendre P., Minchin P.R., O'Hara R.B., Solymos P., Stevens M.H.H., Szoecs E., Wagner H., Barbour M., Bedward M., Bolker B., Borcard D., Borman T., Carvalho G., Chirico M., Caceres M.D., Durand S., Evangelista H.B.A., Fitzjohn R., Friendly M., Furneaux B., Hannigan G., Hill M.O., Lahti L., Martino C., McGlenn D., Ouellette M.-H., Cunha E.R., Smith T., Stier A., Braak C.J.F.T., Weedon J. 2025. *vegan: Community Ecology Package*, <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.vegan>
- Premru U. 1983. Osnovna geološka karta SFRJ - List Ljubljana, merilo 1:100 000. Ljubljana.
- QGIS Development Team - QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. <https://qgis.org> (7. maj 2026).
- R Core Team- R: a Language and Environment for Statistical Computing. 2025. Vienna, R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/> (7. maj 2026)
- Robič D., Wraber T. 2001. Življenje in delo botanika Gabrijela Tomažiča (1899–1977). *Hladnikia*, 12–13: 7–22.
- Rode M.W. 1993. Leaf-nutrient accumulation and turnover at three stages of succession from heathland to forest. *Journal of Vegetation Science*, 4, 2: 263–268. <https://doi.org/10.2307/3236113>
- Seliger A., Ammer C., Kreft H., Zerbe S. 2023. Changes of vegetation in coniferous monocultures in the context of conversion to mixed forests in 30 years – implications for biodiversity restoration. *Journal of Environmental Management*, 343, 118199. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118199>

- Silla F, Camisón Á, Solana A, Hernández H, Ríos G, Cabrera M, López D, Morera-Beita A. 2018. Does the persistence of sweet chestnut depend on cultural inputs? Regeneration, recruitment, and mortality in *Quercus*- and *Castanea*-dominated forests. *Annals of Forest Science*, 75, 4: 95. <https://doi.org/10.1007/s13595-018-0772-0>
- Simončič T, Guček M, Cojzer M, Hostnik R, Kotnik A, Miklavčič V, Pisek R. 2024. Upravljanje mestnih gozdov v Sloveniji. *Gozdarski vestnik*, 82, 9: 331–350.
- Simončič T, Harmel M, Kobe J, Škrjanec S, Harmel E. 2020. Operativni upravljaljski načrt za mestni gozd Golovec. Ljubljana, Mestna občina Ljubljana, Oddelek za gospodarske dejavnosti in promet.
- Singh S. 2018. Understanding the role of slope aspect in shaping the vegetation attributes and soil properties in Montane ecosystems. *Tropical Ecology*, 59: 417–430.
- Smole I. 1966. Gozdne združbe in rastiščnogojitveni tipi gospodarske enote Zeleni pas. Ljubljana, Biro za gozdarsko načrtovanje.
- Smole I. 1987. Katalog gozdnih združb Slovenije. Ljubljana.
- Stupar V, Šurlan M, Travar J, Cvjetičanin R. 2014. Fitocenološka analiza mezofilnih šuma pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) u okolini Kostajnice (Bosna i Hercegovina). *Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci*, 21: 25–43. <https://doi.org/10.7251/GSF1421025S>
- Šercelj A. 1963. Razvoj würrmske in holocenske gozdne vegetacije v Sloveniji. *Razprave 4. razreda SAZU*, 7: 361–418.
- Šercelj A. 1996. Začetki in razvoj gozdov v Sloveniji = The origins and development of forests in Slovenia. Ljubljana, Slovenska akademija znanosti in umetnosti.
- Tichý L, Axmanová I, Dengler J, Guarino R, Jansen F, Midolo G, Nobis M.P., Van Meerbeek K, Ačić S, Attorre F, Bergmeier E., Biurrun I, Bonari G, Bruelheide H, Campos J. A., Čarni A., Chiarucci A, Čuk M, Čušterevska R, Didukh Y, ... Chytrý M. 2023. Ellenberg-type indicator values for European vascular plant species. *Journal of Vegetation Science*, 34, 1: 1–13. <https://doi.org/10.1111/jvs.13168>
- Tomažič G. 1942. Asociacije borovih gozdov v Sloveniji. II. Acidofilni borovi gozdi. *Razprave matematično prirodoslovnega razreda Akademije znanosti in umetnosti v Ljubljani*, 21: 161–240.
- Tregubov V. 1961. Gozdno-gojitveni elaborat na osnovi gozdnih tipov za revir Slatna pri Litiji. Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo.
- Vukelić J. 2012. Šumska vegetacija Hrvatske. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Državni zavod za zaščito prirode.
- Wiström B, Busse Nielsen A. 2017. **Forest Edge Regrowth Typologies in Southern Sweden—Relationship to Environmental Characteristics and Implications for Management.** *Environmental Management*, 60, 1: 69–85. <https://doi.org/10.1007/s00267-017-0851-2>
- Witynski M. 2024. Ecological succession, explained. The University of Chicago, <https://news.uchicago.edu/explainer/what-is-ecological-succession> (21. jul. 2024).
- Wraber M. 1958. Biocenološki prikaz kestenovih šuma Bosne i Hercegovine. *Godišnjak biološkog instituta Univerziteta Sarajevo*, 6: 139–173.
- ZGS- Pregledovalnik podatkov o gozdovih. 2024. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije. <https://prostor.zgs.gov.si/pregledovalnik/> (23. jul. 2024).
- Zupančič M. 1996. *Pineto-Vaccinietum austroalpinum* Tomažič 1942 v luči novega kodeksa. *Hladnikia*, 7: 29–31.
- Zupančič M., Žagar V. 2013. Secondary *Quercus petraea* phytocenosis of the sub-pannonian region of Slovenia. *Folia Biologica et Geologica*, 54, 2: 247–260.

Priloga 1: Fitocenološka tabela popisov gozdne vegetacije na Golovcu
Appendix 1: Analytical table of forest vegetation relevés on Golovec Hill

| Številka ploskve | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|----|
| Oznaka ploskve | C12 | T55 | T22 | T30 | C6 | T11 | C16 | C17 | C18 | T16 | T12 | C19 | C20 | C4 | C3 | C14 | T13 | T40 | T23 | C2 | C15 | C10 | C13 | C9 | C8 | C5 | C1 | C7 | | |
| Lega | SE | NE | NE | NE | S | NE | SE | S | NW | E | N | N | S | NE | E | SW | SE | S | N | SE | SE | NE | SE | SW | SE | SE | NE | SE | | |
| Naklon [°] | 0 | 5 | 20 | 15 | 0 | 25 | 5 | 10 | 0 | 10 | 15 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 25 | 25 | 10 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | | |
| Kamnitost [%] | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 1 | 1 | 0 | | |
| Tip tal | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | distrična rjava | | |
| Nadmorska višina [m] | 373 | 315 | 385 | 320 | 367 | 425 | 354 | 363 | 324 | 325 | 380 | 320 | 371 | 380 | 333 | 433 | 415 | 350 | 420 | 365 | 374 | 374 | 367 | 420 | 379 | 381 | 365 | 344 | 368 | |
| Geografska širina (epsg: 4326) | 46,04227 | 46,03608 | 46,04012 | 46,03369 | 46,03453 | 46,02736 | 46,02779 | 46,03227 | 46,03214 | 46,03134 | 46,02717 | 46,02934 | 46,02698 | 46,03397 | 46,02851 | 46,02970 | 46,03179 | 46,03214 | 46,03406 | 46,02666 | 46,03577 | 46,04503 | 46,04121 | 46,02744 | 46,04358 | 46,03879 | 46,03156 | 46,02300 | 46,03539 | |
| Geografska dolžina (epsg: 4326) | 14,52777 | 14,57880 | 14,54738 | 14,58686 | 14,54436 | 14,57166 | 14,57626 | 14,57651 | 14,58372 | 14,58361 | 14,59017 | 14,59168 | 14,58843 | 14,55608 | 14,56054 | 14,55431 | 14,54764 | 14,57143 | 14,54948 | 14,55896 | 14,55221 | 14,53221 | 14,52466 | 14,52466 | 14,53733 | 14,53790 | 14,54409 | 14,57649 | 14,53606 | |
| Število vrst | 20 | 30 | 11 | 20 | 10 | 8 | 16 | 13 | 25 | 18 | 14 | 15 | 14 | 15 | 21 | 15 | 10 | 9 | 7 | 9 | 14 | 29 | 21 | 17 | 7 | 8 | 13 | 20 | 11 | |
| Položaj | vrh | pob | vrh | pob | vrh | pob | vrh | dno | vrh | pob | pob | dno | vrh | vrh | dno | vrh | vrh | pob | vrh | vrh | dno | vrh | dno | dno | dno | vrh | dno | dno | dno | |
| Zastiranje [%] | 85 | 85 | 80 | 90 | 90 | 90 | 80 | 80 | 85 | 70 | 85 | 95 | 90 | 80 | 80 | 80 | 70 | 50 | 60 | 60 | 75 | 50 | 80 | 80 | 80 | 90 | 90 | 80 | 60 | |
| drevesna plast | 5 | 20 | <1 | 10 | 20 | 1 | 5 | 30 | 40 | 15 | 20 | 40 | 40 | 10 | 10 | 10 | 20 | 10 | 0 | 40 | 10 | 10 | 20 | 5 | 25 | 20 | 40 | 40 | 0 | |
| grmovna plast | 20 | 80 | 50 | 40 | 80 | 95 | 80 | 90 | 85 | 85 | 95 | 80 | 40 | 70 | 90 | 90 | 90 | 100 | 100 | 95 | 95 | 90 | 40 | 90 | 20 | 70 | 40 | 80 | 95 | |
| zeliščna plast | 1 | 5 | <1 | 1 | 0 | 0 | 15 | <1 | 30 | 5 | 1 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | <5 | 5 | 5 | 5 | <5 | 0 | 0 | 0 | 10 | |
| mahovna plast | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Datum | 28.6.2024 | 22.6.2024 | 17.6.2023 | 22.6.2024 | 24.6.2024 | 21.6.2024 | 26.6.2024 | 27.6.2024 | 27.6.2024 | 21.6.2024 | 21.6.2024 | 27.6.2024 | 27.6.2024 | 29.6.2024 | 26.6.2024 | 29.6.2024 | 17.6.2023 | 22.6.2024 | 17.6.2023 | 26.6.2024 | 29.6.2024 | 28.6.2024 | 28.6.2024 | 29.6.2024 | 28.6.2024 | 24.6.2024 | 24.6.2024 | 26.6.2024 | 24.6.2024 | |
| Velikost ploskve [m ²] | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | |
| Sintakson | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Varienta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fit. sk. | PI | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| Takson | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Drevesne vrste | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Fagus sylvatica</i> | D | | | | | | | | | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | | | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | |
| <i>Fagus sylvatica</i> | G | | | | 1 | | + | 2 | | r | r | r | r | 2 | 1 | 2 | 2 | | | | | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | |
| <i>Fagus sylvatica</i> | Z | + | + | + | + | + | + | + | r | | | + | | | | | | | | | | + | + | 3 | + | + | r | + | + | |
| <i>Quercus petraea</i> | D | 1 | 1 | | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | | |
| <i>Quercus petraea</i> | G | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BF | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CQ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CQvP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3-13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14-21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22-29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| st.2024 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BF | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 59 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 59 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 52 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 88 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 86 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|----|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| CH | <i>Calluna vulgaris</i> | Z | | r | | 3 | r | | 13 | 25 | 10 |
| CH | <i>Carex pilulifera</i> | Z | + | | | | | | 9 | | 7 |
| CM | <i>Angelica sylvestris</i> | Z | | + | | | | | 13 | 13 | 7 |
| QF | <i>Erigeron annuus</i> | Z | | 2 | | + | | | 13 | 13 | 7 |
| QA | <i>Plantago major</i> | Z | | + | | | | r | 13 | 13 | 7 |
| QG | <i>Eupatorium cannabinum</i> | Z | | + | 1 | | | | 25 | | 7 |
| QG | <i>Impatiens parviflora</i> | Z | 2 | | | | | | | | 7 |
| QG | <i>Aegopodium podagraria</i> | Z | 3 | + | | | | | 13 | | 3 |
| QG | <i>Rubus idaeus</i> | Z | | r | | | | | 13 | | 3 |
| CM | <i>Prunella vulgaris</i> | Z | | + | | | | | 13 | | 3 |
| CM | <i>Taraxacum officinale</i> | Z | | | | | r | | | | 3 |
| DA | <i>Genista tinctoria</i> | Z | | | | | | | | | 3 |
| CS | <i>Athyrium filix-femina</i> | Z | | | | | | + | | | 3 |
| CS | <i>Doronicum austriacum</i> | Z | | r | | | | | 13 | 13 | 3 |
| CD | <i>Ligustrum vulgare</i> | Z | r | | | | | | | | 3 |
| | <i>Prunus laurocerasus</i> | Z | | | | | r | | | | 3 |
| HA | <i>Salix cinerea</i> | Z | | | | | | | | | 3 |
| DA | <i>Salvia pratensis</i> | Z | | | | | | | | 13 | 3 |
| | <i>Thelypteris limbosperma</i> | Z | | + | | | | | 13 | 13 | 3 |
| CL | <i>Vincetoxicum hirsutinaria</i> | Z | | | | | | r | | | 3 |

Legenda fitocenoloških taksonov

- CD *Crataego-Prunetea*
- CL *Trifolio-Geranietea sanguinei*
- CR *Betulo carpaticae-Alnetea viridis*
- CS *Mulgedio-Aconitetea*
- DA *Festuco-Brometea*
- HA *Alno glutinosae-Populetea albae*
- IA *Alnetea glutinosae*
- OD *Phragmito-Magnocaricetea*
- QA *Papaveretea rhoeadis*
- QF *Artemisietea vulgaris*
- CA05 *Aceretalia pseudoplatani*
- CA03 *Carpinetalia betuli*
- CH *Calluno-Ulicetea*
- CM *Molinio-Arrhenatheretea*
- QG *Epiobietea angustifolii*