

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Anita MAŠEK

**PESTROST TIPOV EKTOMIKORIZE BUKOVEGA
SESTOJA V SLOVENSKI ISTRI**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Anita MAŠEK

**PESTROST TIPOV EKTOMIKORIZE BUKOVEGA SESTOJA V
SLOVENSKI ISTRI**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**DIVERSITY OF TYPES OF ECTOMYCORRHIZA IN A BEECH
STAND IN SLOVENIAN ISTRIA**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2016

Nedeljki in Franju

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija biologije na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani. Opravljeno je bilo na Oddelku za gozdno fiziologijo in genetiko Gozdarskega inštituta Slovenije.

Študijska komisija Oddelka za biologijo je za mentorico diplomskega dela imenovala prof. dr. Hojko Kraigher in za recenzentko prof. dr. Marjano Regvar.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: Doc. dr. Matevž LIKAR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: Prof. dr. Hojka KRAIGHER
Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno fiziologijo in genetiko

Član: Prof. dr. Marjana REGVAR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Datum zagovora: 14. 9. 2016

Podpisana izjavljam, da je diplomsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Anita Mašek

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn
DK UDK 633.872:581.557(043.2)=163.6
KG ektomikoriza/bukev (*Fagus sylvatica*)/razvojna faza sestoja/letni čas/sestava in struktura združbe/submediteransko podnebje/eksploracijski tip
AV MAŠEK, Anita
SA KRAIGHER, Hojka (mentor)/REGVAR, Marjana (recenzent)
KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
LI 2016
IN PESTROST TIPOV EKTOMIKORIZE BUKOVEGA SESTOJA V SLOVENSKI ISTRI
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP XV, 134 str., 3 pregl., 40 sl., 3 pri., 328 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI V diplomskem delu smo proučevali pojavljanje tipov ektomikorize na drobnih koreninah bukve (*Fagus sylvatica* L.) v submediteranskem monokulturnem bukovem sestoju v Slovenski Istri. Ugotavljali smo, kako letni čas in razvojna faza sestoja vplivata na nekatere parametre združbe ektomikoriznih gliv: delež vitalnih ektomikoriznih korenin, zastopanost eksploracijskih tipov ter sestavo, strukturo in pestrost. Ektomikorizo smo vzorčili v dveh letnih časih (spomladi in jeseni) in dveh razvojnih fazah sestoja (odraslem sestoju in mladju). Tipe ektomikorize smo identificirali z uporabo morfološko-anatomskih in molekularnih metod. V 12 vzorcih tal smo na drobnih koreninah bukve identificirali 38 različnih tipov ektomikorize, njihovo dejansko število pa ocenili na 106. Najbolj pogosta in številčna tipa ektomikorize sta bila *Cenococcum geophilum* in *Russula olivacea*, ki sta bila tudi edina najdena tipa v obeh letnih časih in razvojnih fazah. Tipi ektomikorize so pripadali štirim eksploracijskim tipom, med katerimi je bil številčno najbolj zastopan eksploracijski tip na kratke razdalje. Po sestavi in strukturi združbe ECM gliv sta bili bolj podobni obe razvojni fazi v istem letnem času kot posamezna razvojna faza v obeh letnih časih. Letni čas je značilno vplival na delež vitalnih ektomikoriznih korenin, bogastvo in pestrost vrst, medtem ko vpliva razvojne faze nismo potrdili. Na podlagi rarefakcijske analize ugotavljamo, da bi za doseg opaženega bogastva vrst lahko pregledali precej manj drobnih korenin, zato predlagamo nekatere izboljšave uporabljene metodologije vzorčenja ektomikorize. Velika pestrost in specifična vrstna sestava združbe ECM gliv nakazuje, da se proučevani bukov sestoj nahaja na ekotonu med dvema tipoma podnebja, zato mu pripisujemo pomembno ekološko vlogo in raziskovalni potencial za študije prehodnih območij.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC UDC 633.872:581.557(043.2)=163.6
CX ectomycorrhiza/beechn (*Fagus sylvatica*)/stand age/season/community structure and composition/submediterranean climate/exploration type
AU MAŠEK, Anita
AA KRAIGHER, Hojka (supervisor)/REGVAR, Marjana (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Biology
PY 2016
TI DIVERSITY OF TYPES OF ECTOMYCORRHIZA IN A BEECH STAND IN SLOVENIAN ISTRIA
DT Graduation Thesis (University studies)
NO XV, 134 p., 3 tab., 40 fig., 3 ann., 328 ref.
LA sl
AL sl/en
AB In this study, we focused on the occurrence of types of ectomycorrhiza on fine beech roots (*Fagus sylvatica* L.) in a submediterranean monospecific beech stand in Slovenian Istria. We examined, how season and stand age influence some parameters of the ectomycorrhizal fungal community: percentage of vital ectomycorrhizal roots, representativeness of exploration types, and the composition, structure and diversity. Ectomycorrhiza was sampled in two seasons (spring and autumn) and in two stands of different age (mature and young stand). We identified types of ectomycorrhiza with morphological-anatomical and molecular methods. In 12 soil samples we found 38 different types of ectomycorrhiza and estimated their actual number was 106. The most frequent and numerous types were *Cenococcum geophilum* and *Russula olivacea*, which were also the only types found in both seasons and stand ages. Types of ectomycorrhiza belonged to four exploration types, with short distance exploration type as the most numerous. The ectomycorrhizal fungal community composition and structure similarity was greater between both stand ages in the same season than in one stand age between both seasons. Season significantly influenced the percentage of vital ectomycorrhizal roots, species richness and diversity, whereas stand age had no significant influence. Rarefaction analysis showed a far lesser quantity of fine roots could have been analysed to detect the observed species richness. Therefore, some improvements of the used methodology for sampling ectomycorrhiza are proposed. Great diversity and specific species composition of the ectomycorrhizal fungal community indicate the studied beech stand lies on the ecotone between two different climates. This gives reason to acknowledge its ecological importance and research potential for studies of transitional areas.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	IX
KAZALO SLIK.....	X
KAZALO PRILOG.....	XII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XIV
1 UVOD.....	1
2 PREGLED OBJAV.....	3
2.1 MIKORIZA	3
2.2 EKTOMIKORIZA.....	3
2.2.1 Zgradba ektomikorize.....	4
2.2.2 Tipi ektomikorize in načini eksploracije	5
2.2.3 Kolonizacija drobnih korenin	5
2.3 VLOGA EKTOMIKORIZE V GOZDNIH EKOSISTEMIH	6
2.4 EKOLOGIJA ZDRUŽB EKTOMIKORIZNIH GLIV	7
2.4.1 Vpliv heterogenosti tal na združbo ektomikoriznih gliv	7
2.4.2 Vpliv obrata drobnih korenin na združbo ektomikoriznih gliv	8
2.4.3 Vpliv sestoja na združbo ektomikoriznih gliv	8
2.4.4 Vpliv podnebja z menjavo letnih časov na združbo ektomikoriznih gliv	9
2.5 VREDNOTENJE PESTROSTI ZDRUŽB EKTOMIKORIZNIH GLIV	9
2.5.1 Vzorčenje ektomikoriznih gliv	9
2.5.2 Identifikacija tipov ektomikorize.....	10
2.5.2.1 Morfološko-anatomska identifikacija tipov ektomikorize.....	11
2.5.2.2 Molekularna identifikacija tipov ektomikorize.....	12
2.5.3 Problem osebka pri analizi združb ektomikoriznih gliv	13
2.5.4 Metode vrednotenja pestrosti združb	14
2.6 TIPI EKTOMIKORIZE NA BUKVI.....	15
3 MATERIAL IN METODE.....	17

3.1 OPIS RAZISKOVALNE PLOSKVE	17
3.2 VZORČENJE DROBNIH KORENIN IN EKTOMIKORIZE	18
3.3 ČIŠČENJE IN LOČEVANJE DROBNIH KORENIN	20
3.4 IDENTIFIKACIJA TIPOV EKTOMIKORIZE	21
3.4.1 Morfološko-anatomska identifikacija	21
3.4.2 Molekularna identifikacija	21
3.4.2.1 Ekstrakcija DNK	22
3.4.2.2 Pomnoževanje DNK	23
3.4.2.3 Ločevanje DNK fragmentov z gelsko elektroforezo	24
3.4.2.4 Čiščenje in sekvenciranje DNK	24
3.4.2.5 Identifikacija nukleotidnih zaporedij in rekonstrukcija filogenetskih dreves	24
3.5 ANALIZA PODATKOV	25
3.5.1 Delež vitalnih ektomikoriznih korenin	26
3.5.2 Zastopanost eksploracijskih tipov	26
3.5.3 Sestava in struktura združbe ektomikoriznih gliv	26
3.5.4 Vrednotenje pestrosti združbe ektomikoriznih gliv	27
3.5.4.1 Bogastvo, pestrost in izenačenost vrst	27
3.5.4.2 Alfa, beta in gama pestrost	28
3.5.4.3 Ocene bogastva vrst	29
4 REZULTATI	31
4.1 IDENTIFIKACIJA TIPOV EKTOMIKORIZE	31
4.2 KRATKI OPISI TIPOV EKTOMIKORIZE	37
4.2.1 <i>Albatrellus cristatus</i> (Schaeff.) Kotl. & Pouzar 1957	37
4.2.2 <i>Amanita pantherina</i> (DC.) Krombh. 1846	37
4.2.3 <i>Astraeus hygrometricus</i> (Pers.) Morgan 1889	38
4.2.4 <i>Cenococcum geophilum</i> Fr. 1829	39
4.2.5 <i>Clavariadelphus pistillaris</i> (L.) Donk 1933	39
4.2.6 <i>Cortinarius casimiri</i> (Velen.) Huijsman 1955	40
4.2.7 <i>Cortinarius dionysae</i> Rob. Henry 1933	41
4.2.8 <i>Cortinarius obtusus</i> (Fr.) Fr. 1838	41
4.2.9 <i>Craterellus cornucopioides</i> (L.) Pers. 1825	42

4.2.10 <i>Hydnum rufescens</i> s.l. Pers. 1799	42
4.2.11 <i>Hygrophorus discoxanthus</i> (Fr.) Rea 1908	43
4.2.12 <i>Inocybe margaritispota</i> (Berk.) Sacc. 1887	44
4.2.13 <i>Inocybe pelargonium</i> Kühner 1955	44
4.2.14 <i>Inocybe rimosa</i> (Bull.) P. Kumm. 1871.....	45
4.2.15 <i>Lactarius piperatus</i> (L.) Pers. 1797	46
4.2.16 <i>Lactarius rubrocinctus</i> Fr. 1863.....	46
4.2.17 <i>Lactarius ruginosus</i> Romagn. 1957	47
4.2.18 <i>Membranomyces delectabilis</i> (H.S. Jacks.) Kotir. & Saaren 1993	48
4.2.19 <i>Russula faginea</i> Romagn. ex Romagn. 1967	48
4.2.20 <i>Russula foetens</i> (Pers.) Pers. 1796	49
4.2.21 <i>Russula olivacea</i> Pers. 1796	50
4.2.22 <i>Russula raoultii</i> Quél. 1886.....	50
4.2.23 <i>Russula rosea</i> Pers. 1796.....	51
4.2.24 <i>Sebacina dimitica</i> Oberw. 1963.....	51
4.2.25 <i>Sebacina incrustans</i> (Pers.) Tul. & C. Tul. 1871	52
4.2.26 <i>Tomentella coerulea</i> (Bres.) Höhn. & Litsch. 1907	53
4.2.27 <i>Tomentella fusca</i> (Pers.) J. Schröt. 1888	53
4.2.28 <i>Tomentella lilacinogrisea</i> Wakef. 1966.....	54
4.2.29 <i>Cortinarius</i> sp. 1 (subgen. <i>Telamonia</i> s.l.)	54
4.2.30 <i>Cortinarius</i> sp. 2.....	55
4.2.31 <i>Inocybe</i> sp. 1 (sect. <i>Rimosae</i>)	56
4.2.32 <i>Inocybe</i> sp. 2.....	56
4.2.33 <i>Sebacina</i> sp. 1.....	57
4.2.34 <i>Tomentella</i> sp. 1	58
4.2.35 <i>Tomentella</i> sp. 2	58
4.2.36 <i>Tomentella</i> sp. 3	59
4.2.37 <i>Tomentella</i> sp. 4	59
4.2.38 <i>Tomentella</i> sp. 5	60
4.3 DELEŽ VITALNIH EKTOMIKORIZNIH KORENIN	61
4.4 ZASTOPANOST EKSPLOKACIJSKIH TIPOV	62

4.5 SESTAVA IN STRUKTURA ZDRUŽBE EKTOMIKORIZNIH GLIV	66
4.6 VREDNOTENJE PESTROSTI ZDRUŽBE EKTOMIKORIZNIH GLIV	89
5 RAZPRAVA	98
5.1 IDENTIFIKACIJA IN OPISI TIPOV EKTOMIKORIZE	98
5.2 DELEŽ VITALNIH EKTOMIKORIZNIH KORENIN	100
5.3 ZASTOPANOST EKSPLOKACIJSKIH TIPOV	101
5.4 SESTAVA IN STRUKTURA ZDRUŽBE EKTOMIKORIZNIH GLIV	102
5.5 PESTROST ZDRUŽBE EKTOMIKORIZNIH GLIV	106
5.6 TEŽAVE PRI ANALIZI IN PRIMERJAVI REZULTATOV	109
5.7 PREDLOGI ZA NADALJNJE RAZISKAVE	109
6 SKLEPI	110
7 POVZETEK	112
8 VIRI	115

KAZALO PREGLEDNIC

Pregl. 1: Reakcijska mešanica za PCR.....	23
Pregl. 2: Seznam tipov ECM, najdenih na drobnih koreninah bukve (<i>Fagus sylvatica</i> L.) na ploskvi Abitanti.....	32
Pregl. 3: Pojavljanje vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategorijah OP, MP, OJ in MJ.....	86

KAZALO SLIK

Sl. 1: Lokacija raziskovalne ploskve Abitanti.	18
Sl. 2: Odrasel sestoj na raziskovalni ploskvi Abitanti.	19
Sl. 3: Mladje na raziskovalni ploskvi Abitanti.	19
Sl. 4: Vitalne ektomikorizne korenine.	20
Sl. 5: Delež vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK) (%) med drobnimi koreninami bukve v posameznih vzorčnih enotah, odvzetih na ploskvi Abitanti	61
Sl. 6: Delež vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK) (%) med drobnimi koreninami bukve v kategorijah OP, MP, OJ in MJ.	62
Sl. 7: Zastopanost eksploracijskih tipov na drobnih koreninah bukve po številu korenin (zgoraj) in po številu vrst ECM gliv (spodaj) v posameznih vzorčnih enot (VE), odvzetih na ploskvi Abitanti.....	63
Sl. 8: Zastopanost eksploracijskih tipov na drobnih koreninah bukve na ploskvi Abitanti.	64
Sl. 9: Zastopanost eksploracijskih tipov na drobnih koreninah bukve po številu korenin (zgoraj) in po številu vrst ECM gliv (spodaj) v kategorijah OP, MP, OJ in MJ.	65
Sl. 10: Zastopanost družin ECM gliv na drobnih koreninah bukve na ploskvi Abitanti.	67
Sl. 11: Zastopanost družin ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategoriji OP.	68
Sl. 12: Zastopanost družin ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategoriji MP.	69
Sl. 13: Zastopanost družin ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategoriji OJ.....	70
Sl. 14: Zastopanost družin ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategoriji MJ	71
Sl. 15: Zastopanost rodov ECM gliv na drobnih koreninah bukve na ploskvi Abitanti.....	73
Sl. 16: Zastopanost rodov ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategoriji OP.....	74
Sl. 17: Zastopanost rodov ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategoriji MP	75
Sl. 18: Zastopanost rodov ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategoriji OJ.....	76
Sl. 19: Zastopanost rodov ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategoriji MJ.....	77
Sl. 20: Pogostost vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve na ploskvi Abitanti.....	79
Sl. 21: Številčnost vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve na ploskvi Abitanti.....	80
Sl. 22: Pogostost (zgoraj) in številčnost (spodaj) vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategoriji OP.....	81
Sl. 23: Pogostost (zgoraj) in številčnost (spodaj) vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategoriji MP	82
Sl. 24: Pogostost (zgoraj) in številčnost (spodaj) vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategoriji OJ	83
Sl. 25: Pogostost (zgoraj) in številčnost (spodaj) vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategoriji MJ.....	84
Sl. 26: Vennov diagram pojavljanja vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategorijah OP, MP, OJ in MJ.	85
Sl. 27: Krivulja relativne številčnosti vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve na ploskvi Abitanti.	87
Sl. 28: Krivulja relativne številčnosti vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategorijah OP, MP, OJ in MJ.	88

Sl. 29: Dendrogram podobnosti v sestavi in strukturi združbe ECM gliv na drobnih koreninah bukve med kategorijami OP, MP, OJ in MJ.....	89
Sl. 30: Bogastvo vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategorijah OP, MP, OJ in MJ..	90
Sl. 31: Pestrost vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategorijah OP, MP, OJ in MJ.....	90
Sl. 32: Izenačenost vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategorijah OP, MP, OJ in MJ..	91
Sl. 33: Gama, alfa in beta pestrost ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategorijah OP, MP, OJ in MJ.	92
Sl. 34: Ocene bogastva vrst ECM gliv na osnovi pregledanega števila vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK) v posameznih vzorčnih enotah VE (zgoraj); kategorijah OP, MP, OJ in MJ (sredina); in na celotni ploskvi Abitanti (spodaj)..	93
Sl. 35: Ocene bogastva vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve na osnovi števila vzorčnih enot za celotno ploskev Abitanti.	94
Sl. 36: Ocene bogastva vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve na osnovi vzorčne pokritosti za celotno ploskev Abitanti.	95
Sl. 37: Vzorčna popolnost, merjena z vzorčno pokritostjo, za celotno ploskev Abitanti.	95
Sl. 38: Ocene bogastva vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve na osnovi števila vzorčnih enot za kategorije OP, MP, OJ in MJ.....	96
Sl. 39: Ocene bogastva vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve na osnovi vzorčne pokritosti za kategorije OP, MP, OJ in MJ.	97
Sl. 40: Vzorčna popolnost, merjena z vzorčno pokritostjo, za kategorije OP, MP, OJ in MJ.....	97

KAZALO PRILOG

PRILOGA A

Izseki iz filogenetskih dreves

- Pril. A1: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 1217 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Inocybe*.
- Pril. A2: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 1217 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Inocybe*.
- Pril. A3: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 1217 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Inocybe*.
- Pril. A4: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 1217 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Inocybe*.
- Pril. A5: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 1217 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Inocybe*.
- Pril. A6: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 999 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Russula*.
- Pril. A7: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 999 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Russula*.
- Pril. A8: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 999 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Russula*.
- Pril. A9: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 999 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Russula*.
- Pril. A10: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 999 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Russula*.
- Pril. A11: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 999 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Russula*.
- Pril. A12: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 1651 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Cortinarius*.
- Pril. A13: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 1651 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Cortinarius*.
- Pril. A14: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 1651 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Cortinarius*.

- Pril. A15: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 1651 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Cortinarius*.
- Pril. A16: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 82 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Clavulina*.
- Pril. A17: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 477 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Sebacina*.
- Pril. A18: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 477 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Sebacina*.
- Pril. A19: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 477 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Sebacina*.
- Pril. A20: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 41 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Tomentella*.
- Pril. A21: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 41 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Tomentella*.
- Pril. A22: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 41 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Tomentella*.
- Pril. A23: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 41 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Tomentella*.
- Pril. A24: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 41 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Tomentella*.
- Pril. A25: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 41 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Tomentella*.
- Pril. A26: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 1350 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Lactarius*.
- Pril. A27: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 1350 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Lactarius*.
- Pril. A28: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 1350 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Lactarius*.
- Pril. A29: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 96 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Hydnum*.

PRILOGA B

Surovi podatki o pojavljanju tipov ECM na drobnih koreninah bukve (*Fagus sylvatica* L.) na ploskvi Abitanti. Prikazani sta prisotnost in številčnost tipov ECM v vzorčnih enotah (1–12) znotraj pripadajočih kategorij »odrasel sestoj-pomlad (OP)«, »mladje-pomlad (MP)«, »odrasel sestoj-jesen (OJ)« in »mladje-jesen (MJ)«

PRILOGA C

Zbrani podatki o najdbah tipov ECM na drobnih koreninah bukve (*Fagus sylvatica* L.) in drugih drevesnih vrst. Prikazani so tipi ECM, ki so bili najdeni v tej raziskavi in so že bili zabeleženi na drobnih koreninah bukve ali drugih drevesnih vrst na območju Slovenije in drugod. Podan je tip ECM; drevesni partner oz. sestoj, v katerem je tip ECM bil najden; vir podatka; ter podnebje raziskovalnega območja v navedenih raziskavah

Pril. C1: Seznam tipov ECM, najdenih na bukvi (*Fagus sylvatica*) ali drugih drevesnih vrstah na območju Slovenije.

Pril. C2: Seznam tipov ECM, najdenih na bukvi (*Fagus sylvatica* L.) ali drugih drevesnih vrstah v območjih izven Slovenije.

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ANOVA	analiza variance
DNK	deoksiribonukleinska kislina
ECM	ektomikoriza, ektomikorizen
ITS	notranji prepisni vmesnik
K	kontaktni eksploracijski tip
KR	eksploracijski tip na kratke razdalje
MJ	mladje-jesen
MP	mladje-pomlad
NPMANOVA	neparametrična multivariatna analiza variance
OJ	odrasel sestoj-jesen
OP	odrasel sestoj-pomlad
PCR	verižna reakcija s polimerazo
SR-G	gladki eksploracijski tip na srednje razdalje
SR-R	resasti eksploracijski tip na srednje razdalje
VE	vzorčna enota
VEK	vitalne ektomikorizne korenine

1 UVOD

Ektomikorizne glive tvorijo sožitje (ektomikorizo) z mnogimi drevesnimi vrstami in so ključni organizmi pri kroženju ogljika in hranil v gozdnih ekosistemih. Vrstna pestrost združb ektomikoriznih gliv vpliva tako na učinkovitost ektomikorize za posamezno drevo kot tudi na delovanje celotnega gozdnega ekosistema. Različne vrste ektomikoriznih gliv imajo različne vzorce privzema in prenosa hranil v tleh, ki temeljijo na fizioloških razlikah med vrstami in se odražajo v različnih tipih ektomikorize. Večja pestrost ektomikoriznih gliv v tleh drevesom nudi kompetitivno prednost pri izkoriščanju razpoložljivih virov v okolju. Kljub pomembni vlogi ektomikoriznih gliv v gozdnih ekosistemih vemo o njihovih vzorcih pestrosti ter prostorski in časovni dinamiki njihovega pojavljanja relativno malo. Razvoj in uporaba molekularnih metod pri identifikaciji ektomikoriznih gliv sta v preteklem desetletju omogočila boljši vpogled v njihove združbe in deloma tudi delovanje, vendar za številna vprašanja ostaja potreba po ustreznem naboru metod – od vzorčenja do statističnih analiz.

V diplomskem delu smo se osredotočili na vrste gliv, ki tvorijo ektomikorizo z bukvi (*Fagus sylvatica* L.), ki je v Sloveniji pogosta in gospodarsko pomembna drevesna vrsta. Za razliko od dosedanjih študij ektomikorize na bukvi na območju Slovenije, ki so bile opravljene na rastiščih v dinarskem in predalpskem svetu s celinskim podnebjem, smo raziskavo zastavili na enem izmed sicer maloštevilnih bukovih rastišč s submediteranskim podnebjem. Cilj diplomskega dela je bilo ugotoviti, kateri tipi ektomikorize oziroma vrste ektomikoriznih gliv se pojavljajo na proučevanem območju in kakšna je njihova pestrost. Da bi zajeli prostorsko in časovno heterogenost združbe ektomikoriznih gliv, smo proučevali vpliv letnega časa in razvojne faze sestoja na nekatere njene parametre. Ugotavljali smo, kako oba omenjena dejavnika vplivata na delež vitalnih ektomikoriznih korenin, zastopanost eksploracijskih tipov ter sestavo, strukturo in pestrost združbe ektomikoriznih gliv. Pri analizi podatkov smo uporabili različne metode identifikacije in vrednotenja pestrosti.

Delovne hipoteze:

- Za ektomikorizne glive sta značilni velika medvrstna in znotrajvrstna raznolikost, zato predvidevamo, da bomo zabeležili nove ali na bukvi še neopisane tipe ektomikorize.
- Z menjavanjem letnih časov se v tleh za ektomikorizo spreminjajo razmere, kot so temperatura ter razpoložljivost vode in hranil, zato predvidevamo, da se bodo delež vitalnih ektomikoriznih korenin, zastopanost eksploracijskih tipov ter sestava, struktura in pestrost združbe ektomikoriznih gliv razlikovali glede na letni čas.
- S spreminjanjem razvojne faze sestoja se v tleh za ektomikorizo spreminjajo razmere, kot so vrsta in količina hranil, stopnja osenčenosti, stabilnost razmer v tleh in razpoložljivost novih prostorov za sekundarno sukcesijo, zato predvidevamo, da

se bodo delež vitalnih ektomikoriznih korenin, zastopanost eksploracijskih tipov ter sestava, struktura in pestrost združbe ektomikoriznih gliv razlikovali glede na razvojno fazo sestoja.

2 PREGLED OBJAV

2.1 MIKORIZA

Mikoriza je simbioza med koreninami rastline in micelijem glive, ki skupaj tvorita organ, imenovan mikorizna korenina (Frank, 1885). Mikorizo tvori skoraj 95 % vseh kopenskih rastlin (Peterson in sod., 2004), fosilni dokazi o njej pa segajo 460 milijonov let nazaj v ordovicij, kar kaže, da so imele glive ključno vlogo že pri prehodu rastlin na kopno (Remy in sod., 1994; Selosse in Le Tacon, 1998; Redecker in sod., 2000). V mikorizi imata praviloma tako gliva kot rastlina korist, saj glivni partner oskrbuje rastlino z vodo in hranili, ki jih privzema iz substrata, v zameno pa od rastline dobi ogljikove hidrate, ki jih rastlina proizvaja s fotosintezo (Smith in Read, 2008). Na podlagi anatomskih značilnosti ločimo sedem oblik mikorize: arbuskularno, erikoidno, arbutoidno, monotropoidno in orhidejsko mikorizo ter ektomikorizo in ektendomikorizo. Koristi, ki jih nudi povezava med partnerjema, so odvisne od tipa mikorize, razmer v okolju ter vpletenih rastlinskih in glivnih vrst (Smith in Read, 2008). V naši raziskavi smo se osredotočili na ektomikorizo, ki je v zmernem pasu poleg arbuskularne mikorize najpogostejša oblika mikorize.

2.2 EKTOMIKORIZA

Ektomikoriza (ECM) je oblika mikorize, pri kateri gliva od zunaj obdaja korenino gostitelja in praviloma ne prodira v koreninske celice. ECM se poleg razlik v morfologiji od drugih oblik mikorize loči po tem, da gliva na koreninah le v redkih primerih, ko v okolju primanjkuje hranil, prevzame vlogo saproba (Smith in Read, 2008).

Filogenetske študije kažejo, da se je ECM v evoluciji večkrat neodvisno razvila iz saprobnih prednikov (Hibbett in sod., 2000). Prisotna je v vseh klimatskih področjih severne in južne poloble, najbolj pogosta pa je v borealnih in zmernih gozdovih severne poloble. ECM tvori okoli 8.000, pretežno lesnatih rastlinskih vrst (Smith in Read, 2008), med katerimi najdemo predstavnike iz družin Pinaceae, Abietaceae, Fagaceae, Betulaceae, Salicaceae, Myrtaceae, Caesalpinaceae in Dipterocarpaceae. Za razliko od vrst rastlinskih partnerjev so ocene števila vrst gliv, ki tvorijo ECM, manj natančne: trenutne ocene števila vrst ECM gliv se gibljejo med 7.000 in 10.000 vrstami (Taylor in Alexander, 2005), po nekaterih manj konzervativnih ocenah pa naj bi bilo število vrst ECM gliv med 20.000 in 25.000 (Rinaldi in sod., 2008). ECM tvori taksonomsko pester nabor gliv iz skupin Ascomycota in Basidiomycota (Smith in Read, 2008). Mnoge ECM glive tvorijo makroskopske razmnoževalne organe oziroma trosnjake, ki jih bolje poznamo kot »gobe«.

Mehanizmi, ki določajo kompatibilnost oziroma nekompatibilnost med partnerjema v ECM, so v veliki meri neznani. ECM glive kažejo preferenco do gostitelja, ki jo pripisujejo fiziološki in genetski kompatibilnosti (Gianinazzi-Pearson, 1984) ter

preferenci do določenega izločka korenin ali razmer v tleh, ki jih ustvarjajo lastnosti opada (Tedersoo, 2007).

Med ECM glivami najdemo tako generaliste oziroma vrste s širokim naborom gostiteljev, med katere spadajo na primer predstavniki iz rodov *Cenococcum*, *Clavulina*, *Laccaria* in *Tuber* (Breitenbach in Kränzlin, 1984–2000; Hall in sod., 2007), kot tudi specialiste oziroma vrste z ozkim naborom gostiteljev, med katere uvrščamo rodova *Rhizopogon* (Molina in sod., 1999) in *Suillus* (Bonello in sod., 1998). Za ECM glive, ki so generalisti, so značilni obsežni miceliji in so na koreninah gostiteljev lahko zastopane v velikem deležu (Horton in Bruns, 1998). Za ECM glive, ki so specialisti, pa je značilna intenzivna produkcija trosnjakov, medtem ko korenine kolonizirajo le v majhnem deležu (Gardes in Bruns, 1996). Kljub temu, da so vrste ECM gliv z ozkim krogom gostiteljev na koreninah lahko maloštevilne, med njimi najdemo mnoge ekološko pomembne vrste (Smith in Read, 2008).

Večina drevesnih vrst, ki tvorijo ECM, kaže nizko stopnjo specifičnosti in se povezuje z različnimi vrstami ECM gliv (Molina in sod., 1992). Eno samo drevo se lahko poveže tudi z več sto različnimi vrstami ECM gliv (Taylor in sod., 2000; Dahlberg, 2001; Bahram in sod., 2011). Drevesne vrste, ki tvorijo ECM z večjim številom vrst gliv, so bolj opremljene za rast in preživetje v spremenljivih talnih in podnebnih razmerah kot vrste, ki tvorijo ECM z majhnim številom vrst ECM gliv (Hagerman in sod., 1999). Z večjo pestrostjo vrst ECM gliv v tleh se zvišuje verjetnost, da bodo drobne korenine dreves našle ustreznega glivnega partnerja, poleg tega pa različne vrste ECM gliv z različnimi fiziološkimi lastnostmi prinašajo dostop do različnih virov vode in hranil (Molina in sod., 1992).

2.2.1 Zgradba ektomikorize

ECM korenino prepoznamo po treh strukturnih elementih: plašču, miceliju z izhajajočimi elementi in Hartigovi mreži (Smith in Read, 2008). Plašč je ovoj glivnega tkiva (hife), ki obdaja korenino. Iz plašča navzven v okoliški substrat izrašča ektramatrični micelij v obliki izhajajočih elementov, kot so izhajajoče hife, cistide in rizomorfi. Najenostavnejšo obliko micelija predstavljajo posamezne, med seboj nepovezane ali z anastomozami povezane hife, pri naprednejših oblikah micelija pa se hife povezujejo v snope, ki jih imenujemo rizomorfi. ECM korenina je preko micelija povezana s substratom in s trosnjaki glive, ki tvori ECM. Micelij glive poveča površino korenin gostitelja, saj iz substrata privzema vodo ter anorganska in organska hranila. Pri tem lahko hife izločajo metabolne encime, ki razgrajujejo dušikove in fosforjeve spojine (Smith in Read, 2008), ter lahko v manjši meri delujejo kot dekompozitorji (Lindahl in Tunlid, 2015). Micelij pridobljena hranila skupaj z minerali premešča v smeri padajočih gradientov do plašča (Simard in sod., 1997). Iz plašča hife prodirajo v notranjost korenine, a najdlje do meje z endodermom, med potjo pa se razširjajo med koreninskimi celicami in tvorijo preplet, ki ga imenujemo Hartigova mreža (Peterson in sod., 2004). Hartigova mreža je ključna struktura ECM, saj tukaj prihaja do tesnega stika med

koreninskimi celicami gostitelja in glivnimi celicami ter do izmenjave ogljika in hranil (Carlile in sod., 2001).

2.2.2 Tipi ektomikorize in načini eksplozacije

Tip ECM označuje delujočo simbiotsko povezavo določene vrste ECM glive in drobnih korenin določene vrste rastlinskega partnerja, ki ima vrstno specifične morfološke značilnosti. Te značilnosti se kažejo tako v obliki kot v delovanju tipa ECM – odražajo se kot razlike v zgradbi strukturnih elementov ECM ter v različnih načinih osvajanja in izkoriščanja tal (eksplozacije) med tipi ECM (Kammerbauer in sod., 1989; Burgess in sod., 1993; Agerer, 2001).

Agerer (2001) je na podlagi razlik v prisotnosti, dolžini in diferenciaciji izhajajočih elementov predlagal pet glavnih strategij osvajanja in izkoriščanja tal oziroma eksplozijskih tipov. Tipe ECM z gladkimi plašči in redkimi izhajajočimi hifami tako uvrščamo v kontaktni eksplozijski tip (ang. *contact exploration type*), ki izkorišča hranila iz virov, s katerimi je v neposrednem stiku. Tipe ECM z gostimi izhajajočimi hifami uvrščamo v eksplozijski tip na kratke razdalje (ang. *short distance exploration type*) in so sposobni izkoriščanja hranil v svoji bližnji okolici. Za oba omenjena eksplozijska tipa je značilno, da rizomorfi niso razviti. Prisotnost rizomorfov je znak, da je tip ECM sposoben prenosa vode in hranil na daljše razdalje, razdalje pa se večajo z večanjem diferenciranosti rizomorfov. Tipe ECM, pri katerih najdemo nediferencirane rizomorfe s hifami istega premera, uvrščamo v eksplozijski tip na srednje razdalje (ang. *medium distance exploration type*), medtem ko tipe ECM z diferenciranimi rizomorfi, ki sestojijo iz hif različnih premerov, uvrščamo v eksplozijski tip na dolge razdalje (ang. *long distance exploration type*). V neseni eksplozijski tip (ang. *pick-a-back exploration type*) uvrščamo tipe ECM, katerih hife potekajo ob rizomorfnih drugih tipov ECM in prodirajo vanje. Ta eksplozijski tip pri pridobivanju hranil in ogljikovih hidratov izkorišča druge micelije in ECM korenine, s katerimi prihaja v stik.

2.2.3 Kolonizacija drobnih korenin

Mesto razvoja ECM korenin so drobne korenine, kjer poteka privzem hranil iz substrata. Časovni okvir od prvega stika med simbiotoma do oblikovanja morfološko popolne in delujoče ECM je nekaj dni (Wong in sod., 1990). Ko hife ECM glive pridejo v stik z nekolonizirano drobno korenino, sprožijo tvorbo ECM. Hife po začetni fazi vzpostavljanja stika s povrhnjico korenine prodrejo med zunanji celicami korenine v njeno notranjost in oblikujejo Hartigovo mrežo, kar se zgodi pred ali po tvorbi plašča. Aktivna mikorizna cona se nahaja za koreninskim vršičkom drobne korenine, medtem ko Hartigova mreža v starejših delih ECM, ki so bolj oddaljeni od koreninskega vršička, odmira (Massicotte in sod., 1987).

ECM glive lahko drobne korenine kolonizirajo na različne načine. Kadar novo nastala drobna korenina požene iz dela korenine, ki ga kolonizira določen tip ECM oziroma

vrsta ECM glive, se »okuži« z isto vrsto ECM glive in prevzame isti tip ECM. Kadar pa nova drobna korenina požene na delu korenine, ki ga ne kolonizira nobena vrsta ECM glive, jo lahko iz okoliškega substrata kolonizirajo ECM glive, ki so tam prisotne v obliki vcepkov. Vcepki so lahko viabilne kaleče spore, sklerociji ali deli vitalnega micelija ECM glive. Ko določena vrsta ECM glive zasede mesto na drobni korenini in tvori ECM, jo druge vrste ECM gliv ne morejo zamenjati, dokler ne odmre. Kolonizacija in menjava tipov ECM oz. vrst ECM gliv v prostoru in času sta vezani na življenjski cikel ECM in drobnih korenin ter na spremembe, ki sledijo obdobjem dormance ali neugodnim razmeram v tleh, kot so na primer suša, anoksija in zmrzovanje tal, ki lahko povzročijo odmiranje ECM in drobnih korenin (Fleming, 1985). Po dormanci ali neugodnih razmerah lahko drobne korenine nadaljujejo z rastjo, zato se pojavijo nove površine, ki so ECM glivam na voljo za kolonizacijo. Menjave vrst se zgodijo tudi ob naravnih ali antropogenih motnjah, ki predstavljajo ugodne pogoje za sekundarno sukcesijo vrst ECM gliv, ki so sposobne hitrega razširjanja in so odpornejše na specifične stresne razmere (Taylor in Bruns, 1999). Odporna oblika vcepka, ki ima pomembno vlogo pri kolonizaciji drobnih korenin po motnjah, je sklerocij oziroma tvorba iz glivnega tkiva, ki lahko v tleh preživi tudi več desetletij (McWeeney, 1989).

2.3 VLOGA EKTOMIKORIZE V GOZDNIH EKOSISTEMIH

Pri drevesnih vrstah, ki tvorijo ECM, v naravnih pogojih glivni partnerji zasedejo skoraj vse njihove drobne korenine (95–100 %) (Taylor in Alexander, 2005). Večina vode in hranil tako vstopa v drevo preko micelija gliv. Večja kot je površina glivnega micelija, ki dostopa do virov vode in hranil, večja je tudi absorptivna površina korenin (Rousseau in sod., 1994; Perez-Moreno in Read, 2000). Poleg povečanega privzema vode in esencijskih hranil (Boyd in sod., 1986; Jones in sod., 1991) lahko ECM glive svojim gostiteljem nudijo tudi zaščito pred patogeni (Marx, 1969; Perrin in Garbaye, 1983; Morin in sod., 1999) in težkimi kovinami (Jones in Hutchinson, 1986; Blaudez in sod., 2000; Regvar in sod., 2010), njihov bistveni prispevek pa je sposobnost sproščanja hranil iz virov, ki drevesnim koreninam niso neposredno dostopni. Hranila, kot sta dušik in fosfor, ter elementi v sledovih lahko ECM glive pridobivajo tako iz anorganskih zalog kot tudi iz kompleksnih organskih spojin (Lindahl in Taylor, 2004; Read in sod. 2004; Baxter in Dighton, 2005). Znano je, da je ECM pogosta oblika mikorize na območjih, kjer je za rastline omejujoč dejavnik rasti dušik (Read, 1991; Read in Perez-Moreno, 2003).

ECM glive lahko v tleh povezujejo gostitelje preko skupne micelijske mreže, ki omogoča podzemni prenos ogljika med osebki iste rastlinske vrste kot tudi med osebki različnih rastlinskih vrst (Simard in sod., 1997a; Simard in Durall, 2004; Selosse in sod., 2006). Preko micelijske mreže se povezujejo tudi osebki različnih razvojnih faz, kar pospešuje rast in razvoj sadik rastlinskih vrst poznih sukcesijskih faz (Horton in sod., 1999; Kennedy in sod., 2003; Dickie in sod., 2004; Matsuda in Hijii, 2004; Nara in Hogetsu, 2004; Richard in sod., 2005).

2.4 EKOLOGIJA ZDRUŽB EKTOMIKORIZNIH GLIV

Dolgoročni cilj proučevanja ekologije združb je ugotavljanje prostorsko-časovnih vzorcev združb ter povezovanje teh vzorcev s procesi delovanja ekosistemov. Združbe ECM gliv so pestre, dinamične in kompleksne (Taylor, 2002), ohranjanje njihove pestrosti pa je ključnega pomena za nemoteno delovanje gozdnih ekosistemov, saj igrajo pomembno vlogo v mnogih interakcijah in procesih. Na združbe ECM gliv neposredno ali posredno vpliva velik nabor abiotskih in biotskih dejavnikov. Med pomembnimi abiotskimi dejavniki najdemo vrsto substrata (Goodman in Trofymow, 1998; Tedersoo in sod., 2003; Izzo in sod., 2005), vlažnost (Peredo in sod., 1983; Parts in sod., 2013; Jang in sod., 2015), pH substrata (Dighton in Skeffington, 1987), razporeditev hranil v substratu (Conn in Dighton, 2000; Kernagan in sod., 2003), koncentracijo atmosferskega ozona (Meier in sod., 1990; Roth in Fahey, 1997; Grebenc in Kraigher, 2007a, 2007b), koncentracijo atmosferskega CO₂ (Godbold in Berntson, 1997), letni čas (Koide in sod., 2007) in podnebje (O'Dell in sod., 1999; Querejeta in sod., 2009; Deslippe in sod., 2011). Med pomembne biotske dejavnike pa štejemo preferenco do gostitelja (Molina in Trappe, 1982; Ishida in sod., 2007; Lang in sod., 2011), razvojno fazo sestoja (Gebhardt in sod., 2007; Twieg in sod., 2007), oddaljenost od dreves (Dickie in Reich, 2005), rastlinske združbe (Kernagan in sod., 2003) in herbivorijo (Gehring in Whitham, 1994). Na združbe ECM gliv vplivajo tudi naravne in antropogene motnje, kot so požari (Visser, 1995; Stendell in sod., 1999), vetrolomi (Egli in sod., 2002), suša (Nilsen in sod., 1998; Shi in sod., 2002), kisel dež (Rapp in Jentschke, 1994), gnojenje (Nilsson in Wallander, 2003), onesnaževanje (Markkola in sod., 2002; Kraigher in sod., 2007) ter načini gozdnega gospodarjenja, kot sta spravilo lesa (Robek, 1994; Hagerman in sod., 1999) ter golosečnja ali odpiranje manjših vrzeli (Jones in sod., 2003; Buée in sod., 2005; Grebenc in sod., 2009a).

V naslednjih podpoglavjih smo podrobneje opisali nekatere dejavnike, ki oblikujejo vzorce sestave, strukture in pestrosti ECM združb, pri tem pa smo se osredotočili na tiste, ki so bili neposredno ali posredno povezani s cilji našega raziskovalnega dela.

2.4.1 Vpliv heterogenosti tal na združbo ektomikoriznih gliv

Na vzorce pestrosti in dinamiko združb ECM gliv imata velik vpliv prostorska in časovna heterogenost tal (Bruns, 1995; Erland in Taylor, 2002; Dickie in sod., 2002a; Koide in sod., 2007; Deckmyn in sod., 2014). ECM glive med seboj tekmujejo za vire, kot so voda, dušik, fosfor in druga hranila (Agerer in sod., 2002; Pena in sod., 2010; Pickles in sod., 2010), heterogenost tal pa odpira številne niše, kar omogoča sobivanje vrst in ohranjanje velike pestrosti, ki je značilna za združbe ECM gliv (Bruns, 1995; Wöllecke, 2001; Lilleskov in sod., 2002).

Med značilnosti tal, ki s svojo prostorsko in časovno variabilnostjo vplivajo na združbo ECM gliv, spadajo: količina organske snovi (Slankis, 1974; Harvey in sod., 1987), kakovost opada (Goodman in Trofymow, 1998; Conn in Dighton, 2000), vsebnost vlage (O'Dell in sod., 1999; Erland in Taylor, 2002), razpoložljivost hranil (Wallander in

Nylund, 1992; Sagara, 1995; Lilleskov in sod., 2001), temperatura (Erland in Finlay, 1992; Domisch in sod., 2002) in talni horizonti (Dickie in sod., 2002; Rosling in sod., 2003; Genney in sod., 2006). Na razporejanje ECM gliv v tleh pa vplivajo tudi interspecifična kompeticija, prednostni učinki in funkcionalna morfologija (Agerer, 2001; Dickie in sod., 2002a) ter razporeditev korenin in razpoložljivost glivnih inokulumov (Newton, 1992; Agerer in sod., 2002).

2.4.2 Vpliv obrata drobnih korenin na združbo ektomikoriznih gliv

Drobne korenine rastlin so v stalnem procesu rasti, odmiranja in nadomeščanja z novimi drobnimi koreninami, kar imenujemo obrat drobnih korenin. Ker so drobne korenine mesto nastanka ECM, njihovim spremembam sledijo tudi združbe ECM gliv. Nastanek, razvoj in propad posameznih ECM korenin in celotnih ECM sistemov so dinamični procesi, ki vplivajo tako na prenos hranil na ravni odnosa rastlina-gliva kot tudi na obrat biomase na ravni ekosistema. Stična površina med ECM glivo in rastlino na drobnih koreninah naj bi imela funkcionalno življenjsko dobo od nekaj dni do nekaj tednov, medtem ko naj bi bila življenjska doba ECM korenine kot celotne strukture nekaj let (Smith in Read, 2008; Železnik, 2013). Kljub temu, da je življenjski cikel stične površine kratek, drobne korenine tako kot glivni micelij tekom leta rastejo, kar omogoča kontinuiran nastanek novih stičnih površin, tudi pozimi (Coutts in Nicoll, 1990; Železnik in sod., 2015). Študije so pokazale, da naj bi višek rasti micelija ECM gliv sovpadal z viškom rasti drobnih korenin, ki naj bi bil med julijem in oktobrom (Wallander in sod., 2001; Hagerberg in Wallander, 2002; Železnik, 2013).

2.4.3 Vpliv sestoja na združbo ektomikoriznih gliv

Pomembna značilnost sestoja, ki vpliva na vrstno sestavo združbe ECM gliv, je vrstna sestava sestoja, saj so mnoge vrste ECM gliv vezane izključno na določeno družino, rod ali celo vrsto gostitelja (Anderson, 2006). Vrstno pestri sestoji vzdržujejo večjo pestrost ECM gliv, ker nudijo večji nabor gostiteljev za različne vrste gliv (Read, 1998), pestrost ECM gliv pa naj bi linearno naraščala s številom vrst gostiteljev, ki so na voljo (Dickie, 2007).

Druga pomembna značilnost sestoja, ki močno vpliva na združbo ECM gliv, je njegova starost oziroma sukcesijska (razvojna) faza (Palfner in sod., 2005; Twieg in sod., 2007). Sukcesijskim spremembam v substratu, vegetaciji, količini opada in količini razpoložljivih ogljikovih hidratov, ki se dogajajo v različnih razvojnih fazah sestoja, sledi tudi združba ECM gliv (Pugh, 1980; Danielson, 1984; Ammirati in sod., 1994; Visser, 1995; O'Dell in sod., 1999; Kranabetter in sod., 2005; Twieg in sod., 2007). Z razvojem sestoja se vrste praviloma dodajajo k združbi ECM gliv, zato se njena pestrost povečuje, vendar samo do določene starosti sestoja, po kateri se stabilizira (Visser, 1995). S staranjem sestoja nekatere vrste ECM gliv izginejo, druge se na novo pojavijo, nekatere pa so prisotne skozi vse razvojne faze sestoja (Visser, 1995; Bradbury in sod., 1998; Kranabetter in sod., 2005; Twieg in sod., 2007).

2.4.4 Vpliv podnebja z menjavo letnih časov na združbo ektomikoriznih gliv

Pomemben abiotski dejavnik, ki vpliva na združbe ECM gliv v zmernih in borealnih gozdovih, je podnebje z menjavo letnih časov (Buée in sod., 2005; Koide in sod., 2007; Courty in sod., 2008). Z menjavo letnih časov se spreminjajo številni dejavniki, kot sta na primer temperatura ter razpoložljivost vode in hranil. Različne vrste ECM gliv kažejo različne sezonske vzorce metabolne aktivnosti, kar se odraža v tem, da so nekatere vrste prisotne kot ECM le nekaj mesecev, druge pa skozi vse leto, a so lahko bolj aktivne in številčne v določenem delu leta (Buée in sod., 2005; Courty in sod., 2008). V večjem delu Srednje Evrope skoraj vsako poletje nastopijo kratka ali dolga sušna obdobja, ki lahko močno vplivajo na združbe ECM gliv. V sušnem obdobju se zmanjša biomasa drobnih korenin, kar negativno vpliva na tvorbo ECM in posledično na pestrost združb ECM gliv, velike spremembe pa se zgodijo tudi v njihovi sestavi in strukturi (Bell in Adams, 2004; Swaty in sod., 2004; Valdés in sod., 2006).

2.5 VREDNOTENJE PESTROSTI ZDRUŽB EKTOMIKORIZNIH GLIV

Pri vrednotenju pestrosti združb in odkrivanju mehanizmov, ki oblikujejo njene vzorce, imajo veliko vlogo pristopi, ki jih pri proučevanju združb uporabljamo. Da bi pestrost čim bolj ovrednotili, je potrebno zajeti čim več vidikov ureditve in dinamike združb (Zak in Willig, 2004). V nadaljevanju smo osvetlili nekatere specifične značilnosti združb ECM gliv in metodološke težave, ki se pojavljajo pri vrednotenju njihove pestrosti.

2.5.1 Vzorčenje ektomikoriznih gliv

ECM gliva je v okolju prisotna kot spora ali sklerocij (mirujoča struktura), ECM na koreninah (simbiotski organ glive), micelij (vitalni del glive) in trosnjak (specializirane razmnoževalne strukture). Pestrost združb ECM gliv najlažje vrednotimo na podlagi vzorčenja makroskopsko vidnih in določljivih trosnjakov ali ECM korenin. Pri tem je potrebno upoštevati odstopanja med številčnostjo, pogostostjo ter časovno dinamiko pojavljanja trosnjakov in ECM na koreninah (Taylor in Alexander, 1989; Gardes in Bruns, 1996), saj je številčnost trosnjakov določene vrste ECM glive slab napovednik številčnosti te glive na ECM koreninah (Jonsson in sod. 1999; Horton in Bruns, 2001; Erland in Taylor, 2002). Podatki o sestavi združbe ECM gliv nekega območja, pridobljeni z vzorčenjem trosnjakov, se pogosto značilno razlikujejo od podatkov o sestavi te iste združbe, pridobljenih z vzorčenjem tipov ECM (Horton in Bruns, 2001; Grebenc, 2005; Regvar in sod., 2010). Podatki o združbah ECM gliv, ki jih dobimo na podlagi vzorčenja trosnjakov, so manj informativni, k čemur prispevajo predvsem neredno pojavljanje trosnjakov (pogosta večletna odsotnost tvorbe trosnjakov kot posledica biologije glive in okoljskih razmer), velika nihanja v številčnosti trosnjakov med posameznimi leti in vrstami ter njihova kratkoživost (Straatsma, 2001). Pri vzorčenju trosnjakov ECM gliv pogosto spregledamo tudi resupinatne in podzemne vrste ECM gliv ter vrste ECM gliv, ki nimajo očitnega spolnega stadija (npr.

Cenococcum geophilum) (Horton in Bruns, 2001). Ne glede na pojavljanje trosnjakov nad tlemi so ECM glive lahko fiziološko aktivne v tleh, zato lahko na podlagi pojavljanja tipov ECM na koreninah zabeležimo večjo pestrost združbe ECM gliv kot na podlagi pojavljanja trosnjakov (Erland in Taylor, 2002). Pri ocenjevanju pestrosti združbe ECM gliv na nekem območju identifikacija in kvantifikacija tipov ECM predstavlja bolj informativno, hitrejšo in od sezone manj odvisno metodo, vendar je za bolj natančne ocene pestrosti in karakterizacije združb ECM gliv koristna uporaba obeh metod, to je večletno spremljanje pojavljanja vseh pojavnih oblik trosnjakov skupaj z dobro zasnovanim načrtom vzorčenja tipov ECM na koreninah.

2.5.2 Identifikacija tipov ektomikorize

Identifikacija tipov ECM oziroma vrst ECM gliv v simbiozi je zapletena zaradi znotrajvrstne morfološke in fiziološke variabilnosti. V zadnjem desetletju se je pri identifikaciji in karakterizaciji tipov ECM uveljavila souporaba dveh komplementarnih načinov identifikacije: morfološko-anatomske in molekularne identifikacije tipa ECM do vrste.

Z uporabo morfološko-anatomske identifikacije lahko prepoznavamo ključne makroskopske in mikroskopske anatomskih značilnosti ECM in tipe ECM določimo z uporabo določevalnih ključev (Agerer in Rambold, 2004–2016). Pomanjkljivost morfološko-anatomske identifikacije je majhno število znanih in podrobno opisanih tipov ECM, zato z uporabo izključno te metode v mnogih primerih vrste ali rodu tipa ECM ne moremo določiti.

Molekularna identifikacija v nasprotju z morfološko-anatomsko identifikacijo v večini primerov omogoča identifikacijo tipa ECM do rodu ali vrste, vendar gre v primerih, ko je število drobnih korenin za analizo veliko, za zamudno in drago metodo. Pri molekularni identifikaciji se soočamo tudi s pomanjkanjem ali slabo oz. nepravilno opredeljenostjo referenčnih nukleotidnih zaporedij v javno dostopnih podatkovnih zbirkah, prekratimi pomnožki za zadovoljivo identifikacijo in nezmožnostjo kvantifikacije tipov ECM v posameznih vzorcih (Lindhahl in sod., 2013).

V praksi se je souporaba teh dveh metod izkazala za najbolj učinkovit in zanesljiv način identifikacije tipov ECM (Kraigher in sod., 1995). Z začetno morfološko-anatomsko identifikacijo tipe ECM delno ločimo na morfotipe in jih, če je možno, identificiramo do rodu ali vrste. V molekularno identifikacijo, ki sledi, tako vključimo tipe ECM, ki so že delno identificirani, kar nam lahko služi kot smernica pri primerjavi z znanimi nukleotidnimi zaporedji iz javno dostopnih podatkovnih zbirk. Poleg tega pa z delno identifikacijo omejimo tudi število ECM korenin za molekularno analizo. Kombinacija obeh metod omogoča natančnejšo identifikacijo in karakterizacijo ECM gliv ter zanesljivejše ocene pestrosti njihovih združb, vendar pa lahko v nekaterih primerih privede tudi do nesoglasja med dobljenimi rezultati, saj metodi temeljita na dveh različnih konceptih vrste in kažeta različni stopnji občutljivosti na napake (Taylor in sod., 2000).

2.5.2.1 Morfološko-anatomska identifikacija tipov ektomikorize

Morfološko-anatomska identifikacija se osredotoča na večje število makroskopskih in mikroskopskih morfoloških in anatomskih značilnosti tipov ECM. Pri tej vrsti identifikacije tipov ECM so ključne prepoznavne strukture: 1) plašč s Hartigovo mrežo, 2) izhajajoči elementi in 3) nabor biokemijskih lastnosti (Agerer, 2006).

1) Plašč praviloma sestavljajo plasti notranjega, osrednjega in zunanjega plašča (Agerer in Rambold, 2004–2016). Pri določevanju tipov ECM je pomembna organizacija hif v posameznih plasteh plašča. Glede na organizacijo hif ločimo dve glavni kategoriji plaščev: plektenhimatske in psevdoparenhimatske plašče (Agerer in Rambold, 2004–2016). Znotraj teh dveh kategorij ločimo več različnih podkategorij zgradbe, ki jih pripisujemo predvsem zunanjemu plašču in predstavljajo pomemben taksonomski znak. Pri identifikaciji tipov ECM so poleg organizacije posameznih plasti plašča pomembni predvsem tip, barva in površina zunanjega plašča. Prisotnost Hartigove mreže je navadno dokaz prisotnosti ECM, vendar je lahko pri nekaterih tipih ECM tudi odsotna. Značilnosti Hartigove mreže za samo identifikacijo tipa ECM niso pomembne, je pa globina, do katere sega, pomemben znak pri določanju gostitelja (Agerer in Rambold, 2004–2016). Hartigova mreža je pri večini kritosemenk namreč omejena na povrhnjico, medtem ko se pri golosemenkah razrašča med celice koreninske skorje, pri nekaterih vrstah vse do meje z endodermom (Smith in Read, 2008).

2) Izhajajoči elementi, ki so pomembni pri identifikaciji tipov ECM, so: a) izhajajoče hife, b) cistide in c) rizomorfi.

a) Izhajajoče hife so prisotne na površini plašča in rizomorfov. Lastnosti izhajajočih hif, ki jih največkrat uporabljamo pri identifikaciji tipov ECM, so dimenzije celic ter oblika, barva in vsebina celic, debelina celične stene, septiranost, tip razvejanosti, prisotnost kristalčkov, prisotnost in tip anastomoz (povezav med hifami) ter prisotnost in oblika zaponk (Agerer, 1995). Povezave hif z zaponkami tvorijo le nekatere vrste gliv iz debla Basidiomycota, zato so zaponke pomemben taksonomski znak pri prepoznavanju tipov ECM.

b) Cistide so hife določenih in navadno kratkih dolžin, ki se pojavljajo na površini plašča in rizomorfov ter pogosto tudi na trosnjakih gliv (Agerer in Rambold, 2004–2016). Po obliki, velikosti, vsebini in gostoti so velikokrat vrstno specifične, zato v veliki meri olajšajo identifikacijo tipov ECM do vrste.

c) Rizomorfi so snopi hif, ki jih na podlagi organizacije hif in stopnje diferenciacije delimo na več različnih tipov (Agerer, 1999). Rizomorfi vplivajo na funkcionalne lastnosti ECM in so pomemben znak pri identifikaciji tipov ECM.

3) Pri določanju tipov ECM se uporabljajo tudi nekatere kemijske oziroma barvne reakcije. Ena od reakcij, ki jo pogosto uporabljamo za ugotavljanje prisotnosti kemijsko pestre skupine snovi, t.i. lateksa, je reakcija s sulfovanilinom. Lateks se nahaja v specializiranih hifah, imenovanih laticifere, v nediferenciranih celicah plašča ali v cistidah. Celice, napolnjene z lateksom, so značilne za rodova *Lactarius* in *Russula*,

zato so eden izmed ključnih določevalnih znakov. Pri reakciji s sulfovanilinom se celice obarvajo rožnato ali temnovijolično do črno. Poleg barve je za samo identifikacijo pomembno tudi, katere strukture (posamezne celice, skupine celic ali specializirane celice) se obarvajo.

2.5.2.2 Molekularna identifikacija tipov ektomikorize

Uporaba molekularnih metod pri identifikaciji tipov ECM je v zadnjih desetletjih prinesla številne nove ugotovitve o združbah ECM gliv v tleh in bolj natančne ocene njihove pestrosti. Za identifikacijo posameznega tipa ECM po začetni izolaciji in pomnoževanju DNK uporabljamo različne tehnike, kot so RFLP, T-RFLP, sekvenciranje izbranih markerjev v genomu (Bridge in sod., 1998) in ločevanje taksonomskih enot na osnovi enega ali več DNK zaporedij (Schoch in sod., 2012), za analize celotnih združb pa tudi kloniranje in sekvenciranje nove generacije (NGS) (Tedersoo in sod., 2012).

Pri pomnoževanju DNK se pri ECM glivah in glivah nasploh v največji meri uporablja operon ribosomalne RNK (rDNK), ki omogoča ločevanje na različnih taksonomskih ravneh (Tedersoo in sod., 2014). Kodirajoči del sestoji iz genov 18S, 5.8S, 28S in 5S (pri nekaterih taksonih). Nekodirajoči del pa sestavljata notranji prepisni vmesnik (ITS) in medgenski vmesnik (IGS). Genski zaporedji 18S (gen za malo ribosomalno podenoto oz. SSU) in 28S (gen za veliko ribosomalno podenoto oz. LSU), pa tudi nekateri drugi markerji kot na primer TEF1, ATP6 in RPB2, omogočajo identifikacijo tipov ECM predvsem na nivoju družine in redkeje rodu, saj njihova evolucija poteka počasi (Bruns in sod., 1992; Hibbett in sod., 2007). Regiji ITS in IGS se spreminjata hitreje, zato sta primerni za ločevanje tipov ECM na nivoju vrste. IGS regija je bolj variabilna od ITS regije, zato je uporabna pri proučevanju znotrajvrstne pestrosti. ITS regija je v javno dostopnih podatkovnih zbirkah najštevilčnejše zastopana in tako najbolj primerna za identifikacijo ECM gliv (Köljalg in sod., 2013). Razdeljena je na dva vmesnika, ITS1 in ITS2, ki se nahajata med genoma za SSU in 5.8S ter med genoma za 5.8S in LSU. Celotna ITS regija pri glivah največkrat zajema od 650–900 baznih parov, vključujoč gen 5.8S (Horton in Bruns, 2001). Za pomnoževanje celotne ITS regije se pogosto uporablja par začetnih oligonukleotidov ITS1F (Gardes in Bruns, 1993) in ITS4 (White in sod., 1990). ITS1F je specifičen za večino gliv (Gardes in Bruns, 1993), medtem ko je ITS4 univerzalni primer, ki lahko pomnožuje tudi DNK rastlin in alg (White in sod., 1990).

Ugotavljanje nukleotidnega zaporedja izbranega segmenta DNK oz. sekvenciranje DNK predstavlja v kombinaciji s kvalitetno referenčno bazo nukleotidnih zaporedij najbolj natančno in informativno tehniko identifikacije glivnih vrst. Za uspešnejšo molekularno identifikacijo se poleg sekvenciranja dodatno uporabljajo tudi filogenetske analize, ki omogočajo določevanje sorodnosti na višjih taksonomskih nivojih, kadar nukleotidnega zaporedja ne moremo določiti do vrste samo s primerjavo z referenčnimi nukleotidnimi zaporedji.

Prvi korak pri ugotavljanju filogenetskih odnosov je poravnava nukleotidnih zaporedij, pri katerem z namenom ugotavljanja homolognih odsekov zaporedja primerjamo in uredimo v matriko. Pri poravnavi v nukleotidna zaporedja vstavimo vrzeli, ki predstavljajo insercije ali delecije, do katerih je predvidoma prišlo tekom evolucije. Učinkovita poravnava je odvisna od tega, kje se vstavi vrzel in kakšna je njena velikost. Za poravnavo uporabljamo orodja, kot so na primer Clustal W (Thompson in sod., 1994), MUSCLE (Edgar, 2004) in T-Coffee (Di Tommaso in sod., 2011), ali različna orodja v programskem paketu MAFFT (Kato in sod., 2002; Kato in Toh, 2010). Drugi korak pri ugotavljanju filogenetskih odnosov je izdelava filogenetskega drevesa iz poravnanih nukleotidnih zaporedij z uporabo izračunov in stohastičnih modelov. Boljša, torej realnejša in bližja dejanskemu poteku evolucije, kot je začetna poravnava nukleotidnih zaporedij, bolj natančno in zanesljivo je filogenetsko drevo. Pri izdelavi filogenetskega drevesa uporabljamo statistične metode, s katerimi določimo topologijo drevesa in izračunamo dolžine vej, ki najbolj opišejo filogenetske odnose poravnanih nukleotidnih zaporedij. Med najbolj pogosto uporabljene metode za izdelavo dreves spadata metoda največje varčnosti (ang. *maximum parsimony*) in metoda največjega verjetja (ang. *maximum likelihood*). Metoda največje varčnosti izdelava drevo, ki zahteva minimalno število evlucijskih sprememb, da razloži razlike med nukleotidnimi zaporedji, medtem ko metoda največje verjetnosti izdelava drevo z upoštevanjem evlucijskih sprememb, ki so najverjetneje privedle do odnosov med obravnavanimi nukleotidnimi zaporedji (Liò in Goldman, 1998). Tretji korak pri ugotavljanju filogenetskih odnosov je statistično preverjanje oz. ocenjevanje dreves. Ena izmed metod, ki jih pri tem uporabljamo, je metoda vezanja (ang. *bootstrapping*), ki za vsako razvejitev v drevesu izračuna odstotek zanesljivosti oz. podpore, ki odraža pravilnost filogenije. Metoda temelji na naključnem vzorčenju, odstotek zanesljivosti pa nam pove, kolikokrat se je posamezna razvejitev v poljubnem številu vzorčenj ponovila (Efron in sod., 1996).

2.5.3 Problem osebka pri analizi združb ektomikoriznih gliv

Večina gliv sestoji iz hif, ki tvorijo micelij, ta pa je sposoben nenehne in neomejene rasti. Nedeterminirana telesna struktura gliv se značilno razlikuje od determinirane telesne strukture večine živali in številnih rastlin, kar je potrebno upoštevati pri definiciji in interpretaciji pestrosti ter pri protokolih vzorčenja glivnih združb (Zak in Willig, 2004). Izraz 'osebek' se lahko uporablja v numeričnem, genetskem ali ekološkem kontekstu (Andrews, 1991). Z numeričnega vidika je osebek števna enota določene vrste, ki je ločena in funkcionalno neodvisna (Cooke in Rayner, 1984). Izolati ene same vrste ECM glive (trosnjaki ali ECM korenine), ki jih najdemo na različnih mestih v določenem prostoru, lahko pripadajo miceliju enega samega osebka ali pa micelijem več osebkov. Tako ne moremo vedeti, koliko osebkov smo povzorčili. Z genetskega vidika je osebek oz. genet lahko ena sama celica ali skupek celic, ki izražajo isti genotip (Kays in Harper, 1974). Drevo je na primer osebek tako z numeričnega kot tudi z genetskega vidika. Nasprotno pa število ločenih, števnih enot pri glivah ne odraža hkrati enakega števila genotov (Andrews, 1991). Pri klonalnih organizmih, ki so sposobni nespolne rasti, so šteвне enoti rameti (Harper, 1977). Rameti so posamezne

enote geneta (torej genetsko identične), ki so lahko med seboj fizično ločene in so sposobne samostojne rasti. To pomeni, da trosnjaki določene vrste ECM glive na gozdnih tleh lahko predstavljajo več rametov enega geneta ali ramete večih genotov. Dileme te vrste lahko rešimo z uporabo molekularnih analiz, ki omogočijo kvantifikacijo pestrosti gliv na enak način kot pri živalih in večini rastlin, vendar je ta pristop zelo nepraktičen, zamuden in drag (Zak in Willig, 2004). Glede na to, da številni vidiki vrednotenja pestrosti združb zahtevajo kvantifikacijo operativnih osebkov oz. enot vsakega taksona, moramo za nedvoumne primerjave združb ECM gliv jasno določiti operativni osebek.

2.5.4 Metode vrednotenja pestrosti združb

Vrednotenje biotske pestrosti organizmov znotraj habitatov ima v ekologiji izreden pomen. Zbiranje podatkov o bogastvu vrst in številčni zastopanosti posameznih vrst v določeni združbi nam razkrije njeno strukturo ter morebitno potrebo po ukrepih za njeno zaščito in ohranitev. Pestrost je mera kompleksnosti združbe, ki vključuje dve lastnosti: bogastvo in izenačenost vrst. Bogastvo vrst predstavlja število vrst v določeni združbi, izenačenost pa nam pove, kako izenačene so te vrste po številu osebkov.

Bogastvo vrst je najlažji in najbolj intuitiven koncept karakterizacije združb (Magurran, 2004; Chao, 2005). Vrednotenje pestrosti združb na podlagi bogastva vrst je v veliki meri odvisno od napora, ki smo ga vložili v vzorčenje, in drugih dejavnikov (finančnih, logističnih, itd.), ki neredko predstavljajo oviro, da bi na nekem območju povzorčili vse vrste (Colwell in sod., 2004), zato lahko primerjave združb na podlagi bogastva, ki ne zajema vseh vrst v združbi, vodijo k napačnim zaključkom. Ocene dejanskega bogastva vrst nam pomagajo presoditi, kako popoln je naš popis opaženih vrst v proučevani združbi oziroma s kakšno intenziteto vzorčenja bi lahko dosegli bolj reprezentativen popis (Colwell in Coddington, 1994). Za namene ocenjevanja dejanskega bogastva vrst so bila razvita številna statistična orodja, kot so rarefakcija (Gotelli in Colwell, 2001, 2011), ekstrapolacija (Colwell in sod., 2012) ter parametrične (Bunge in Fitzpatrick, 1993) in neparametrične cenilke (Chao, 1984, 2005).

Orodje za vrednotenje pestrosti, ki vključuje hkrati bogastvo in izenačenost vrst, predstavljajo indeksi pestrosti. V uporabi je veliko števil indeksov, med katerimi nekateri dajejo poudarek redkim, drugi pogostim vrstam, tretji pa ne enim ne drugim. V nasprotju z bogastvom vrst, ki omogoča enostavno primerjavo združb, se pri indeksih pestrosti pojavi težava: različni indeksi pestrosti dajejo različne vrednosti, ki pa niso primerljive med seboj. Ker so indeksi samo indeksi, ne pa tudi pestrost sama, lahko zaradi njihove nelinearne skale majhne razlike v njihovih vrednostih prikrijejo velike razlike v pestrosti (Jost, 2006, 2007; Tuomisto, 2010a).

V ekologiji obstaja koncept pestrosti, ki ga je na tem področju prvi uporabil MacArthur (1964, 1965) in ki se konceptualno ter matematično bolj približa pojmu pestrosti kot indeksi pestrosti (Hill, 1973; Routledge, 1977, 1979; Jost, 2006, 2007; Tuomisto, 2010a, b). Jost (2006, 2007) je za lažje ločevanje tega koncepta od ostalih, pogosto

neustrezno uporabljenih, pojmov za označevanje pestrosti v literaturi uvedel izraz »prava pestrost«. Predlagal je, da je za pravilno vrednotenje pestrosti indekse pestrosti potrebno predhodno pretvoriti v pravo pestrost, na podlagi katere združbe lahko primerjamo. Prava pestrost (D) je številčni ekvivalent indeksa, ki se izračuna z uporabo predpisane matematične formule, in predstavlja efektivno število vrst, ki pove, koliko številčno enako zastopanih vrst bi bilo potrebnih, da bi dobili določeno vrednost indeksa (Hill, 1973; Jost, 2006, 2007). Transformacija indekse pretvori v stabilno in občutljivo splošno mero podobnosti, ki omogoča lažjo interpretacijo in primerjavo pestrosti združb (Jost, 2006, 2007).

2.6 TIPI EKTOMIKORIZE NA BUKVI

Bukev (*Fagus sylvatica* L.) je drevesna vrsta, ki ima na območju Evrope velik ekološki in gospodarski pomen. V Sloveniji okoli 70 % gozdov predstavljajo bukovi, jelovo-bukovi in bukovo-hrastovi sestoji, kar nas uvršča med evropske države z največjim deležem bukovih rastišč (Perko, 2004: 10). Veliko razširjenost bukve lahko pripišemo njeni prilagodljivosti, saj uspeva na zelo različnih talnih tipih, kameninskih podlagah in legah ter raste v različnih podnebnih razmerah, vse od kolinskega do subalpskega pasu (Dakskobler, 2008). Najbolje uspeva na vlažnih tleh in prsti na karbonatni matični podlagi. Bukev je znana po tem, da dobro prenaša senco, zato je dober kompetitor v gozdnih ekosistemih. Senca, ki jo ustvarja s svojo gosto krošnjo, daje njenim sadikam kompetitivno prednost pred sadikami drugih drevesnih vrst.

Tako kot večina drevesnih vrst zmernege pasu tudi bukev tvori ECM z velikim številom različnih vrst gliv (Meyer, 1973; Buée in sod., 2005; Pena in sod., 2010; Lang in sod., 2011). Prve raziskave ECM na bukvi je opravil Frank (1885), raziskave združb ECM gliv na bukvi pa so sprva temeljile na trosnjakih ali na kratkih in enostavnih opisih morfologije ECM (Dominik, 1957; Dominik in Boullard, 1961; Voiry, 1981). Do danes je bilo na bukvi podrobno opisanih več kot 60 tipov ECM, večino od njih pa lahko do nivoja vrste določimo z uporabo opisov po Agererju (Agerer in Rambold, 2004–2016). Med rodove tipov ECM na bukvi, ki so bili opisani in so zbrani v javno dostopni podatkovni zbirki DEEMY (Agerer in Rambold, 2004–2016), spadajo *Byssocorticium*, *Cenococcum*, *Clavariadelphus*, *Cortinarius*, *Elaphomyces*, *Geastrum*, *Genea*, *Hygrophorus*, *Laccaria*, *Lactarius*, *Piloderma*, *Ramaria*, *Russula*, *Sphaerozone*, *Tomentella*, *Tomentellopsis*, *Tricholoma*, *Tuber* in *Xerocomus*. Ti ne vključujejo vseh rodov ECM gliv, saj manjkajo tisti tipi ECM, za katere do danes še niso bili narejeni polni opisi morfoloških in anatomskih znakov. Prav tako veliko tipov ECM ostaja nedoločenih, kljub temu, da za nekatere obstajajo obsežni in podrobni opisi. Gronbach in Agerer (1986) sta za nedoločene tipe ECM, ki so pogosti in dobro opisani, predlagala uporabo posebnega binominalnega sistema poimenovanja. Dokler se ne odkrije identiteta glivnega partnerja, se tako iz rodovnega imena gostiteljske rastline in opisnega pridevka oblikuje začasno ime tipa ECM (primer na bukvi: »*Fagirhiza cystidiophora*« + *Fagus sylvatica* L.). Tovrstno poimenovanje pa s široko uporabo molekularnih metod postopoma izgublja pomen.

V Sloveniji je bilo do sedaj o pestrosti tipov ECM na bukvi opravljenih že več študij. Opravljene so bile na sadikah bukve v lončnem poskusu (Štraus, 2010; Štraus in sod., 2011), v provenienčnem nasadu bukve (Westergren in sod., 2005), v mešanih sestojih v pragozdih rezervatih (Grebenc, 2005; Grebenc in sod., 2009a) in v gospodarskih gozdovih za dinarsko in predalpsko področje (Al Sayegh Petkovšek, 2005; Grebenc, 2005; Grebenc in sod., 2009a).

3 MATERIAL IN METODE

Diplomsko delo je bilo v celoti opravljeno na Gozdarskem inštitutu Slovenije. Delo so sofinancirali: Programska skupina P4-0107 (Gozdna biologija, ekologija in tehnologija; vodja: prof. dr. Hojka Kraigher), projekt V4-0492 (Pomen gozdov za biotsko raznovrstnost na ekosistemski, vrstni in genski ravni v luči blaženja podnebnih sprememb in prilagoditve gospodarjenja; vodja: dr. Tine Grebenc) in projekt L4-4318 (Dinamika ogljika v gozdnih tleh in rizosferi; vodja: prof. dr. Hojka Kraigher). Raziskovalno delo je potekalo pod mentorstvom prof. dr. Hojke Kraigher in organizacijskim vodstvom dr. Tineta Grebenca.

3.1 OPIS RAZISKOVALNE PLOSKVE

Raziskovalno ploskev Abitanti smo postavili v monokulturnem bukovem sestoj v Slovenski Istri. Izbrani sestoj leži na jugozahodnem pobočju Koprskega gričevja, vzhodno od zaselka Močunigi, med vasema Topolovec in Abitanti (45° 27' SGŠ, 13° 49' VGD) (Slika 1). Sestoj je panjevskega porekla (Prebevšek, 1998) in se je v preteklosti obnavljal predvsem z vegetativnim razmnoževanjem dreves. V zadnjem desetletju je v sestoju nastalo nekaj pomladitvenih jeder, kjer prihaja do naravnega pomlajevanja s semeni.

Sestoj uspeva na mehkih karbonatnih kamninah (laporovec, fliš) in je del razmeroma čistega primorskega bukovega gozda (združba bukve in ojstrice oz. *Seslerio autumnalis-fagetum*), ki spada v submediteransko fitogeografsko območje (Ogrin, 1995; Dakskobler, 2008) in je bil uvrščen v ekološko podregijo 7.4 (Kutnar in sod., 2002). Za območje Slovenske Istre je značilno submediteransko podnebje z vročimi poletji in blagimi zimami. Koprsko gričevje ima najtoplejše podnebje v Sloveniji in najmanj dni s snežno odejo. Povprečna letna temperatura je okoli 10 °C. Pozimi povprečne januarske temperature ne padejo pod 2 °C, medtem ko sredi julija povprečne dnevne temperature dosegajo vrednosti nad 20 °C. Letna količina padavin je okoli 1300 mm. Padavine so približno enakomerno razporejene skozi vse leto, le jeseni je njihova količina nekoliko višja. Primarni maksimum padavin je jeseni (oktober, november), sekundarni na prehodu pomladi v poletje (junij), medtem ko je primarni minimum pozimi in na začetku pomladi (januar–april), sekundarni pa poleti (julij, avgust). Najbolj sušna meseca sta februar in julij. V sušni dobi poleti naravno rastje upočasni vegetacijo oziroma jo v ekstremnih razmerah prekine in preide v obdobje mirovanja, z njo pa ponovno nadaljuje po prvem večjem deževju ob koncu poletja ali v začetku jeseni. Fitogeografske in podnebne značilnosti območja smo povzeli po Ogrin (1995) ter Perko in sod. (1998).



Slika 1: Lokacija raziskovalne ploskve Abitanti.

3.2 VZORČENJE DROBNIH KORENIN IN EKTOMIKORIZE

Vzorčenje drobnih korenin smo opravili dvakrat v letu 2010: enkrat spomladi (4. marca) in enkrat jeseni (20. oktobra). Vzorčili smo v sklenjenem odraslem sestoju, ki je bil v razvojni fazi drogovnjaka in mlajšega debeljaka (Slika 2), ter v največjem pomladitvenem jedru s premerom okoli 10 m, kjer so bukve bile v fazi mladja (Slika 3). Vzorčenje smo opravili po postopku, opisanem v Kraigher (1999): s sondo standardnega volumna 274 ml smo do globine 18 cm odvzeli vzorce tal, jih shranili v plastične vrečke in jih po transportu vse do čiščenja hranili v hladilniku pri temperaturi 4 °C. Skupaj smo odvzeli 12 vzorcev tal oziroma vzorčnih enot (VE), in sicer 6 spomladi in 6 jeseni; od tega v obeh letnih časih po 3 v odraslem sestoju in po 3 v mladju. Vzorčne enote smo jemali prostorsko naključno, poleg tega pa smo bili pozorni, da jesenskih vzorčnih enot nismo odvzeli na istih mestih kot spomladi. Vzorčenje drobnih korenin in ektomikorize je bilo opravljeno pod vodstvom dr. Tineta Grebenca.



Slika 2: Odrasel sestoj na raziskovalni ploskvi Abitanti.



Slika 3: Mladje na raziskovalni ploskvi Abitanti.

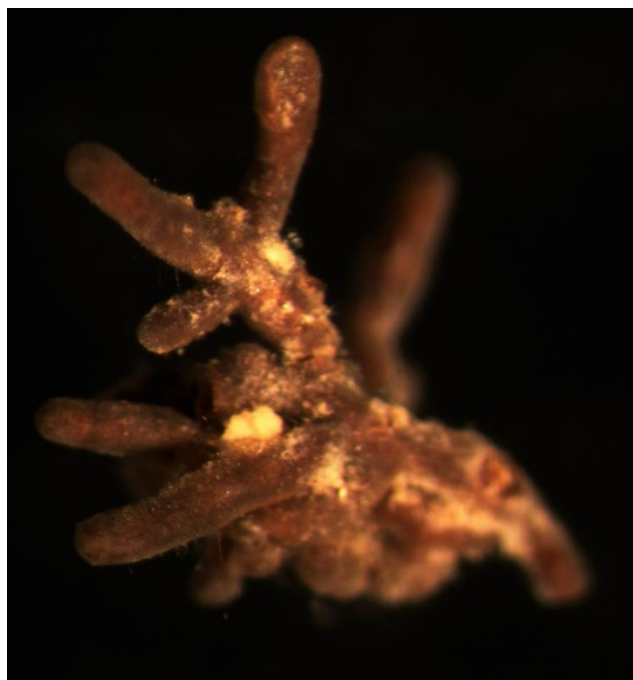
3.3 ČIŠČENJE IN LOČEVANJE DROBNIH KORENIN

Postopek čiščenja in ločevanja drobnih korenin ter nadaljnjo identifikacijo tipov ECM smo opravili v najkrajšem možnem času (v nekaj dneh), da ECM v tem času ne bi propadla in da drobnih korenin ne bi prerasli saprofiti, kar bi otežilo identifikacijo tipov ECM. Vključno s hitrim delom smo svežino drobnih korenin ohranjali tudi tako, da smo jih shranjevali v hladilniku pri 4 °C.

Drobne korenine iz vzorca tal smo najprej očistili: vzorce tal smo namočili v vodi, da se je substrat razpustil, nato pa s pinceto in čopičem ločili drobne korenine od substrata in organskih delcev. Manjše grudice substrata, ki se ni razpustil, smo na cedilu s fino mrežo sprali pod rahlim curkom vode in pri tem pazili, da drobnih korenin nismo poškodovali. Vse očiščene drobne korenine iz vzorca smo s pinceto prenesli v petrijevko s čisto vodo.

Očiščene drobne korenine smo nato pregledali z uporabo stereolupe (Olympus SZX, Hamburg, Nemčija) ter ločili vitalne ektomikorizne korenine (VEK) (Slika 4) od starih ektomikoriznih/nemikoriznih korenin. Kot stare ektomikorizne korenine smo obravnavali vse ECM korenine, ki niso bile turgescientne, kot nemikorizne korenine pa smo obravnavali vse drobne turgescientne korenine, pri katerih nismo opazili ektomikoriznega plašča in Hartigove mreže. Vse korenine smo ročno prešteli pod lupo (v sodelovanju z Jano Janša in Moniko Šegula). V nadaljnji identifikaciji tipov ECM smo uporabili samo VEK.

Čiščenje in ločevanje drobnih korenin je potekalo pod vodstvom dr. Tineta Grebenca in Jane Janša.



Slika 4: Vitalne ektomikorizne korenine.

3.4 IDENTIFIKACIJA TIPOV EKTOMIKORIZE

Tipe ECM na VEK smo določili po metodi, ki združuje morfološko-anatomsko in molekularno identifikacijo (Gardes in Bruns, 1993; Kraigher in sod., 1995; Horton in Bruns, 2001).

3.4.1 Morfološko-anatomska identifikacija

Morfološko-anatomsko identifikacijo tipov ECM na VEK smo opravili z uporabo stereolupe (Olympus SZX, Hamburg, Nemčija) in mikroskopa (Olympus BH 2, Hamburg, Nemčija) po metodi, objavljeni v Kraigher (1996). Za vse najdene tipe ECM smo pripravili kratke opise morfoloških in anatomskih lastnosti, na podlagi katerih smo opravili identifikacijo (Agerer, 1991). Pri morfoloških lastnostih smo določili: tip razvejanosti; obliko; površino plašča; barvo plašča; barvo plašča na vršičku; ter prisotnost in zgradbo izhajajočih hif in rizomorfov. Pri anatomskih lastnostih pa smo določili: tip zunanjšega plašča; tip notranjšega plašča; ter zgradbo hif, rizomorfov in cistid. Pri tipih ECM, za katere smo predvidevali, da sodijo v rodova *Lactarius* ali *Russula*, smo plašč obarvali s sulfovanilinom, da bi preverili prisotnost lateksa. Za vsak tip ECM smo na podlagi prisotnosti in zgradbe izhajajočih elementov določili tudi eksploracijski tip (Agerer, 2001). Identifikacijo tipov ECM smo opravili s pomočjo interaktivnega spletnega določevalnega ključa DEEMY (Agerer in Rambold, 2004–2016). Poleg identifikacije smo opravili tudi kvantifikacijo tipov ECM, tako da smo za vsak posamezen tip ECM prešteli število VEK, ki jih je zasedal.

Za nadaljnjo molekularno identifikacijo smo nekaj vršičkov posameznega tipa ECM (v povprečju 12 oz. glede na razpoložljivost materiala) shranili v mikrocentrifugirko (1,5 ml), v katero smo predhodno odpipetirali 400 µl pufra AP1 za ekstrakcijo DNK (DNeasy Plant Mini Kit; Qiagen, Hilden, Nemčija).

Morfološko-anatomska identifikacija tipov ektomikorize je bila izvedena pod vodstvom Melite Hrenko in dr. Tineta Grebenca.

3.4.2 Molekularna identifikacija

Molekularna identifikacija je zajemala več korakov: ekstrakcijo DNK (pod vodstvom Melite Hrenko, dr. Ines Štraus in dr. Tineta Grebenca); pomnoževanje DNK (pod vodstvom dr. Ines Štraus in Marka Bajca); ločevanje DNK fragmentov z gelsko elektroforezo (pod vodstvom Barbare Štupar, Marka Bajca in dr. Tineta Grebenca); čiščenje in sekvenciranje DNK (pod vodstvom Barbare Štupar); ter identifikacijo nukleotidnih zaporedij in rekonstrukcijo filogenetskih dreves (pod vodstvom dr. Tineta Grebenca).

3.4.2.1 Ekstrakcija DNK

DNK iz koreninskih vršičkov, ki smo jih med morfološko-anatomsko identifikacijo shranili v mikrocentrifugirke, smo ekstrahirali z uporabo predpripravljenega postopka za izolacijo DNK (DNeasy Plant Mini Kit; Qiagen, Hilden, Nemčija). Postopek smo opravili po navodilih proizvajalca (DNeasy Plant Mini Kit Handbook, 2012) s prilagoditvami za ECM, objavljenimi v Grebenc in Kraigher (2004):

1. Koreninske vršičke v mikrocentrifugirkah (1,5 ml) s 400 µl pufra AP1 smo do finega strli z batki (ang. *micropestles*), pri čemer smo za vsako mikrocentrifugirko oz. vzorec uporabili nov, površinsko steriliziran batek.
2. Dodali smo RNazo A (4 µl) in vzorce na kratko vorteksirali.
3. Vzorce smo eno uro inkubirali v vodni kopeli s temperaturo 65 °C.
4. Lizatu smo dodali 130 µl pufra AP2, na kratko vorteksirali in vzorce 15 minut inkubirali na ledu v zamrzovalniku.
5. Vzorce smo centrifugirali 5 minut na 20.000 x g.
6. Supernatant smo odpipetirali v kolone 'QIAshredder spin column', usedlino pa zavrgli.
7. Vzorce smo centrifugirali 2 minuti na 20.000 x g.
8. Supernatant smo odpipetirali v mikrocentrifugirke (1,5 ml) in dodali 1,5-kratni volumen pufra AP3/E. Mešanico smo premešali s pipeto.
9. 600 µl mešanice iz koraka 8 smo prenesli v kolone 'DNeasy mini spin column', ki smo jih vstavili v zbirne epice.
10. Vzorce smo centrifugirali 1 minuto na 20.000 x g.
11. Filtrat smo odlili in kolone 'DNeasy mini spin column' vstavili v iste mikrocentrifugirke.
12. Korake od 9. do 11. smo ponovili še s preostalo mešanico iz koraka 8.
13. V kolone smo dodali 500 µl pufra AW.
14. Vzorce smo centrifugirali 2 minuti na 20.000 x g.
15. Supernatant smo zavrgli, kolone pa prenesli v zbirne mikrocentrifugirke in dodali 250 µl pufra AW.
16. Vzorce smo centrifugirali 2 minuti na 20.000 x g.
17. Kolone smo prenesli v mikrocentrifugirke (1,5 ml).
18. Na membrano kolone smo dodali 35 µl pufra AE (segretega na 65 °C) in inkubirali 5 minut na sobni temperaturi. Volumen pufra AE smo določili v skladu z navodili proizvajalca glede na količino izhodnega materiala.
19. Vzorce smo centrifugirali 1 minuto na 20.000 x g.
20. Ponovno smo dodali 35 µl pufra AE in na sobni temperaturi inkubirali še 5 minut.
21. Vzorce smo ponovno centrifugirali 1 minuto na 20.000 x g.
22. Kolone smo zavrgli, filtrat s 70 µl izolata DNK pa smo do pomnoževanja DNK hranili v zamrzovalniku pri temperaturi -20 °C.

Opomba: AP1, AP2, AP3/E, AW in AE so komercialne oznake pufrov prepripravljenega postopka za ekstrakcijo DNK – DNeasy Plant Mini Kit (Qiagen, Hilden, Nemčija).

3.4.2.2 Pomnoževanje DNK

Z verižno reakcijo s polimerazo (PCR) smo pomnoževali markerske regije ITS1, 5.8S in ITS2 rDNK, po postopku, opisanem v Gardes in Bruns (1993) in prilagojenem po Grebenc in sod. (2009). Pri pomnoževanju smo uporabili ekstrahirano DNK ter specifična začetna oligonukleotida ITS1F (5'-CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA-3') (Gardes in Bruns, 1993) in ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') (White in sod., 1990). Za vsak vzorec smo v 45 µl reakcijske mešanice dodali 5 µl izolirane DNK, da smo dobili 50 µl mešanice za PCR (Preglednica 1). Za vsako skupino PCR smo pripravili negativno kontrolo (mešanico za PCR brez dodane DNK). Pomnoženo DNK smo do nadaljnjih analiz hranili v hladilniku pri temperaturi 4 °C. PCR je potekala v aparatu Perkin-Elmer GeneAmp PCR System 9700 (Applied Biosystems, Foster City, CA, ZDA), po programu, prilagojenem po Grebenc in sod. (2009):

1. Začetna denaturacija (5 min/ 95 °C)
2. 38 ciklov:
 - 13 ciklov:
 - denaturacija (45 sek/ 94 °C)
 - prileganje začetnih oligonukleotidov (55 sek/ 55 °C)
 - podaljševanje DNK verige (45 sek/ 72 °C)
 - 13 ciklov:
 - denaturacija (45 sek/ 94 °C)
 - prileganje začetnih oligonukleotidov (55 sek/ 55 °C)
 - podaljševanje DNK verige (2 min/ 72 °C)
 - 12 ciklov:
 - denaturacija (45 sek/ 94 °C)
 - prileganje začetnih oligonukleotidov (55 sek/ 55 °C)
 - podaljševanje DNK verige (3 min/ 72 °C)
3. Končno podaljševanje DNK verige (10 min/ 72 °C)
4. Shranjevanje v aparatu pri temperaturi 72 °C do zaključka cikla.

Preglednica 1: Reakcijska mešanica za PCR.

Sestavina:	Količina:
10X reakcijski pufer PCR Gold Buffer (Applied Biosystems, Foster City, CA, ZDA)	5 µl
mešanica deoksiribonukleotidov GeneAmp@dNTP (2 mM, Applied Biosystems, Foster City, CA, ZDA)	5 µl
vodilni začetni oligonukleotid: ITS1F (Invitrogen, Carlsbad, CA, ZDA)	1,6 µl
povratni začetni oligonukleotid: ITS4 (Invitrogen, Carlsbad, CA, ZDA)	1,6 µl
MgCl ₂ (25 mM)	5 µl
sterilna destilirana voda (Gibco, Life Technologies Corporation, NY, ZDA)	26,4 µl
Taq DNA polimeraza AmpliTaq Gold® (5 enot na µl) (Applied Biosystems, Foster City, CA, ZDA)	0,4 µl
ekstrahirana DNK	5 µl
Končni volumen mešanice za PCR:	50 µl

3.4.2.3 Ločevanje DNK fragmentov z gelsko elektroforezo

Uspešnost pomnoževanja in velikost pomnoženih PCR produktov smo preverili na 1,5 % agaroznem gelu (SeaKem LE, Promega, Madison, WI, ZDA) po standardnem operativnem postopku (Grebenc in Kraigher, 2004). V jamice gela smo nanесли 4 μ l pomnožene DNK, ki smo ji dodali 2 μ l nanašalnega pufra 6X Orange DNA Loading Dye (Thermo Fisher Scientific Baltics UAB, Vilnius, Litva). V vsako prvo in zadnjo jamico smo nanесли 3 μ l označevalca O'GeneRuler 100 bp DNA Ladder (Thermo Fisher Scientific Baltics UAB, Vilnius, Litva). Označevalec s fragmenti znanih velikosti nam je služil za oceno velikosti pomnoženih fragmentov DNK. Na gel smo nanесли tudi negativno kontrolo, da bi zaznali morebitno kontaminacijo med postopkom. Elektroforeza je tekla v 0,5X pufri TBE (Tris-Borat-EDTA, Sigma-Aldrich Chemie GmbH, Steinheim, Nemčija), 90 minut, pri napetosti 140 V in sobni temperaturi. Po končani elektroforezi smo gel 7–20 minut barvali z etidijevim bromidom (Bio-Rad Laboratories, S.A., Marnes la Coquette, Francija) koncentracije 0,5 μ g/ml. Po barvanju smo gel 10 do 15 minut spirali pod tekočo vodo. Obarvan gel smo pregledali pod UV lučjo (302 nm) v transiluminatorju Gel Doc EQ System (Bio-Rad Laboratories, S.A., Marnes la Coquette, Francija), ga fotografirali in sliko obdelali s programom Quantity One 4.4.1. (Bio-Rad Laboratories, S.A., Marnes la Coquette, Francija).

Pri pripravi fragmentov DNK za izrezovanje smo za gelsko elektroforezo uporabili isti program in sestavine kot za preverjanje uspešnosti pomnoženih PCR produktov, le da smo uporabili drugačno količino pomnožene DNK, nanašalnega pufra in označevalca: uporabili smo 45 μ l DNK, 9 μ l nanašalnega pufra in 5 μ l označevalca. V primeru, da smo na gelu v enem vzorcu opazili več fragmentov DNK, smo izrezali vse. Fragmente z močnim signalom smo očistili, fragmente s šibkim signalom in vzorce, pri katerih pomnoževanje DNK ni bilo uspešno, pa smo ponovno pomnožili in ponovili postopek. Vzorce, pri katerih pomnoževanje DNK ni bilo uspešno niti v drugem poskusu, smo izločili iz postopka molekularne identifikacije.

3.4.2.4 Čiščenje in sekvenciranje DNK

DNK smo iz izrezanih koščkov agaroznega gela očistili s kompletom Wizard SV Genomic DNA Purification System (Promega Corporation, Madison, WI, ZDA) po navodilih proizvajalca. Sekvenciranje nukleotidnih zaporedij očiščene DNK v obeh smereh z začetnima oligonukleotidoma ITS1F in ITS4 smo opravili pri komercialnem ponudniku storitev (Macrogen Korea, Seul, Južna Koreja).

3.4.2.5 Identifikacija nukleotidnih zaporedij in rekonstrukcija filogenetskih dreves

S sekvenciranjem pridobljena nukleotidna zaporedja smo ročno uredili s programskim orodjem Sequencher 5.0.1 (Gene Codes Corporation, Ann Arbor, MI, USA). Molekularno identifikacijo ECM tipov smo opravili tako, da smo urejena nukleotidna zaporedja s pomočjo algoritma BLAST (Altschul in sod., 1997) primerjali z

nukleotidnimi zaporedji v javno dostopnih podatkovnih zbirkah GenBank (Benson in sod., 2010) in UNITE (Köljalg in sod., 2013).

V kombinaciji s primerjavo nukleotidnih zaporedij s podatki v podatkovnih zbirkah smo izvedli tudi filogenetsko analizo. Rekonstrukcija filogenetskih dreves nam je omogočila določevanje sorodnosti na višjih taksonomskih nivojih; v primeru da nukleotidnega zaporedja nismo mogli določiti do vrste s primerjavo z zaporedji v podatkovnih zbirkah oziroma pri razločevanju nukleotidnih zaporedij najdenih tipov ECM znotraj rodov. Nukleotidna zaporedja iz naše raziskave smo v računalniškem programu MEGA 5.05. (Tamura in sod., 2007) poravnali z nukleotidnimi zaporedji ECM gliv najdenih rodov, ki smo jih pridobili iz podatkovnih zbirk GenBank in UNITE ter rekonstruirali filogenetska drevesa. Začetno poravnavo in ročno obdelavo nukleotidnih zaporedij smo izvedli v programskem paketu MEGA z vanj vključenim programskim orodjem Clustal W (Thompson in sod., 1994), končno poravnavo pa smo izvedli v programu MAFFT 6.85 (Katoh in Toh, 2010). Za vsako filogenetsko drevo smo najprej poiskali najbolj ustrezen evolucijski model nukleotidnih substitucij, ki je bil izbran glede na vrednost popravljenega Akaikejevega informacijskega kriterija (AICc), in sicer s pomočjo programa jModelTest 0.1.1 (Posada, 2008; Guindon in Gascuel, 2003), vključenega v programski paket MEGA. Filogenetska drevesa smo nato rekonstruirali po distančni metodi združevanja najbližjega soseda (ang. *neighbour-joining*) (Saitou in Nei, 1987) in pri tem uporabili kriterij največjega verjetja (ang. *maximum likelihood*). Zanesljivost dreves smo ocenili z neparometričnim testom vezanja (Felsenstein, 1985).

Pri molekularni identifikaciji smo za ujemanje nukleotidnih zaporedij izbrali naslednje kriterije: pri filogenetskih drevesih za vrednosti testa vezanja pravilo večine ($x > 50 \%$); pri primerjavi z nukleotidnimi zaporedji v podatkovnih zbirkah s pomočjo algoritma BLAST za isto vrsto do 3-odstotno razliko v evolucijski razdalji ($x \geq 97 \%$), saj naj bi ta vrednost najbolj ustrezala lokalni variaciji nukleotidnih zaporedij pri ECM glivah (Izzo in sod., 2005; O'Brien in sod., 2005; Parrent in sod., 2006; Tedersoo, 2007); za isti rod pa 4- do 6-odstotno razliko v evolucijski razdalji ($97 \% > x \geq 94 \%$).

Nukleotidna zaporedja, ki smo jih pridobili v tem raziskovalnem delu, smo vnesli v mednarodno podatkovno zbirko nukleotidnih zaporedij INSD (<http://www.insdc.org/>). Veljavna znanstvena imena vrst ECM gliv smo povzeli po podatkovni zbirki MycoBank (Crous in sod., 2004).

3.5 ANALIZA PODATKOV

Pred analizo podatkov smo predhodno definirali tri velikostne razrede vzorcev: 1) vzorčno enoto 2) kategorijo 3) celotno ploskev. Vzorčno enoto (VE) so predstavljale vse drobne korenine v enem vzorcu tal. Določili smo 4 kategorije: OP (odrasel sestoj-pomlad), MP (mladje-pomlad), OJ (odrasel sestoj-jesen) in MJ (mladje-jesen). Vsaka kategorija je zajemala tri vzorčne enote: VE1–3 = OP; VE4–6 = MP; VE7–9 = OJ; VE10–12 = MJ. Celotna ploskev je zajemala vse štiri kategorije, to je vseh 12 vzorčnih enot.

V diplomskem delu smo proučevali naslednje parametre združbe ECM gliv: delež vitalnih ektomikoriznih korenin; zastopanost eksploracijskih tipov; ter sestavo, strukturo in pestrost združbe ECM gliv. Da bi ugotovili vpliv obeh proučevanih dejavnikov (razvojne faze in letnega časa) na omenjene parametre združbe ECM gliv, smo uporabili več statističnih metod. Normalnost razporejanja podatkov smo preverili z Anderson-Darlingovim testom, homogenost varianc pa s F-testom. Za mejno stopnjo statistične značilnosti smo določili vrednost $p \leq 0,05$.

Za analizo podatkov smo uporabili programe EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2005), iNEXT 1.3.0 (Hsieh in sod., 2013), PAST 3.0 (Hammer in sod., 2001) in MS Excel ter spletna kalkulatorja GraphPad (GraphPad Software, San Diego, CA, USA) in VassarStats (Lowry, 2004).

3.5.1 Delež vitalnih ektomikoriznih korenin

Delež vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK) smo določili kot relativni delež VEK glede na število vseh drobnih korenin v posamezni vzorčni enoti, kategoriji ali na ploskvi. Za analizo vpliva obeh dejavnikov (letnega časa in razvojne faze sestoja) na delež VEK smo uporabili dvosmerno analizo variance (ANOVA) in naknadni dvostranski t-test.

3.5.2 Zastopanost eksploracijskih tipov

Za vsak najden tip ECM oz. vrsto ECM glive smo po zgledu Agerer (2001) določili eksploracijski tip. Zastopanost eksploracijskih tipov smo analizirali na podlagi dveh vrst podatkov: po številu korenin, ki jih je zasedal posamezen eksploracijski tip; ter po številu vrst ECM gliv, ki so pripadale posameznemu tipu.

Homogenost zastopanosti eksploracijskih tipov po številu korenin in po številu vrst ECM gliv na celotni ploskvi smo ugotavljali z uporabo hi-kvadrat testa v spletnem kalkulatorju GraphPad (<http://graphpad.com/quickcalcs/chisquared1>). Vpliv obeh dejavnikov (razvojne faze in letnega časa) na zastopanost eksploracijskih tipov po številu korenin in po številu vrst ECM gliv smo ugotavljali z uporabo triserne log-linearne analize, ki smo jo izvedli s pomočjo spletnega kalkulatorja VassarStats (<http://vassarstats.net/abc.html>).

3.5.3 Sestava in struktura združbe ektomikoriznih gliv

Pred analizo sestave in strukture združbe ECM gliv smo najprej definirali operativni osebek. Kot operativni osebek smo določili vitalno ektomikorizno korenino (VEK) oz. koreninski vršiček z določenim tipom ECM oz. vrsto ECM glive.

Sestavo združbe ECM gliv smo analizirali z ugotavljanjem zastopanosti družin, rodov in vrst na ploskvi Abitanti. Zastopanost družin in rodov ECM gliv smo analizirali na podlagi dveh vrst podatkov: 1.) po številu vrst ECM gliv, ki so pripadale posamezni družini ali rodu; 2.) po številu VEK, ki jih je zasedala posamezna družina ali rod. Zastopanost posamezne družine in rodu smo izračunali in grafično prikazali kot relativni delež števila vrst oz. VEK, ki so pripadale posamezni družini ali rodu, glede na število vseh vrst oz. VEK v vzorčni enoti, kategoriji ali na ploskvi. Zastopanost vrst ECM gliv smo izrazili kot pogostost in številčnost vrst. Pogostost vrst smo določili kot delež števila vzorčnih enot, v katerih se je posamezna vrsta pojavila, glede na število vseh vzorčnih enot v kategoriji ali na ploskvi. Številčnost vrst ECM gliv pa smo določili kot relativni delež števila vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK) s posamezno vrsto ECM glive glede na število vseh VEK v v kategoriji ali na ploskvi.

Za lažji pregled, kako so se vrste ECM gliv pojavljale v kategorijah (OP, MP, OJ in MJ), smo podatke uredili in prikazali z uporabo seriacije na podlagi algoritma, ki sta ga opisala Brower in Kile (1988). Rezultate seriacije smo dodatno prikazali z Vennovim diagramom.

Da bi proučili strukturo združbe ECM gliv, smo za celotno ploskev ter kategorije (OP, MP, OJ in MJ) izračunali krivulje porazdelitve relativne številčnosti vrst, pri čemer strmost krivulje odraža izenačenost vrst, širina krivulje pa bogastvo. Krivulje smo prikazali na logaritemski skali in vrste uredili po rangih od najbolj do najmanj številčne. S testom skladnosti smo preverili, kateremu teoretičnemu modelu porazdelitve relativne številčnosti vrst se je posamezna krivulja prilegala.

Za ugotavljanje vpliva obeh dejavnikov (razvojne faze sestoja in letnega časa) na sestavo in strukturo združbe ECM gliv smo kategorije primerjali s hierarhično klastersko analizo na podlagi algoritma netehtane aritmetične sredine (UPGMA) in konstruirali dendrogram. Zanesljivost dendrograma smo ocenili z neparametričnim testom vezanja, pri čemer smo za kriterij zanesljivosti določili pravilo večine ($x > 50\%$). Da bi preverili rezultate klastrske analize, smo opravili dvosmerno neparametrično multivariatno analizo variance (NPMANOVA), za naknadne parne primerjave pa smo uporabili enosmerno NPMANOVA. Tako pri klasterski analizi kot pri analizi NPMANOVA smo za računanje podobnosti v sestavi in strukturi združbe med kategorijami uporabili Bray-Curtisovo mero (Bray in Curtis, 1957), pri čemer smo podatke o številčnosti vrst predhodno logaritmirali (log), da bi zmanjšali vpliv dominantnih vrst na analizo.

3.5.4 Vrednotenje pestrosti združbe ektomikoriznih gliv

3.5.4.1 Bogastvo, pestrost in izenačenost vrst

Za računanje bogastva, pestrosti in izenačenosti vrst smo uporabili drugačne matematične formule od nekaterih dosedanjih študij pestrosti ECM v gozdnih sestojih na območju Slovenije (Kraigher, 1999; Grebenc, 2005; Westergren in sod., 2005), ki so formule povzele po zgledu Atlas in Bartha (1981).

Bogastvo vrst (S) smo določili kot število vrst, najdenih v vzorčni enoti, kategoriji ali na ploskvi.

Pestrost vrst (qD) smo definirali kot efektivno število vrst (qspE), znano tudi kot 'Hillovo število' ali 'prava pestrost' (MacArthur, 1965; Hill, 1973; Jost, 2006, 2007, 2010; Tuomisto, 2010a, c). Efektivno število vrst predstavlja številčni ekvivalent (ang. *numbers equivalent*) določenega indeksa pestrosti in izraža, koliko vrst z enakim relativnim deležem bi bilo potrebnih, da bi dobili dano vrednost indeksa (Jost, 2006). Oznaka q označuje red pestrosti in pove, katerim vrstam daje indeks težo. Manjša kot je vrednost q , večjo težo daje indeks redkim vrstam; večja kot je vrednost q , večjo težo daje indeks pogostim vrstam. Pestrost pri $q = 0$ (0D) ustreza bogastvu vrst, ki daje težo redkim vrstam, saj ne upošteva relativnega deleža vrst in vsem vrstam dodeli enak delež, zato je sam po sebi že številčni ekvivalent. Pestrost pri $q = 1$ (1D) ustreza številčnemu ekvivalentu Shannonovega indeksa (H'), ki ne daje teže ne redkim ne dominantnim vrstam. Pestrost pri $q = 2$ (2D) pa ustreza številčnemu ekvivalentu Simpsonovega indeksa, ki daje težo dominantnim vrstam. Za izračun pestrosti oz. efektivnega števila vrst (1D) smo po zgledu Jost (2006) v diplomskem delu izbrali številčni ekvivalent Shannonovega indeksa pestrosti (H'):

$${}^1D = \exp(H') \quad \dots(1)$$

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad \dots(2)$$

pri čemer je H' vrednost Shannonovega indeksa, p_i številčni delež posamezne vrste v vzorcu, S pa število vrst v vzorcu (Shannon in Weaver, 1964).

Analizirali smo tudi izenačenost vrst, pri čemer smo izhajali iz predpostavke, da pestrost (qD) sestoji iz dveh komponent, bogastva (S) in izenačenosti (qE). Izenačenost smo izračunali po zgledu Tuomisto (2012), tako da smo pestrost delili z bogastvom vrst (${}^qE = {}^qD/S$), s čimer smo dosegli, da je bila izenačenost matematično neodvisna od bogastva vrst:

$${}^1E = {}^1D/S \quad \dots(3)$$

Ta način omogoča verodostojno primerjavo izenačenosti vzorcev, ki imajo različno bogastvo vrst, oziroma bolj natančen izračun izenačenosti v primeru, da nismo zajeli celotnega bogastva vrst (Peet, 1974; Pielou, 1977).

Za analizo vpliva obeh dejavnikov (letnega časa in razvojne faze sestoja) na bogastvo, pestrost in izenačenost vrst smo uporabili dvosmerno analizo variance (ANOVA) in naknadni dvostranski t-test.

3.5.4.2 Alfa, beta in gama pestrost

Da bi natančneje proučili pestrost in vpliv obeh dejavnikov, smo pestrost analizirali tudi z vidika njenih treh konceptualno, prostorsko in matematično različnih komponent

(Whittaker, 1972; Tuomisto, 2010): alfa pestrosti (D_α), beta pestrosti (D_β) in gama pestrosti (D_γ). Pri drobljenju pestrosti smo uporabili multiplikativen način (gama = alfa x beta) (Routledge, 1979; Jost, 2006, 2007; Tuomisto, 2010a, c). Glede na to, da smo v vzorcih tal oz. vzorčnih enotah zajeli različno število korenin, smo za mero računanja D_α , D_β in D_γ oz. efektivnega števila vrst uporabili Shannonov indeks pestrosti (1D). Shannonov indeks je namreč poleg bogastva vrst edina mera pestrosti, ki jo lahko kot gama pestrost razdelimo v neodvisni komponenti alfa in beta v primeru, da vzorci različno prispevajo k skupni pestrosti oz. so njihove uteži (= število osebkov, v našem primeru število korenin) različne (Jost, 2007). D_γ smo obravnavali kot pestrost vseh vzorcev skupaj, D_α kot tehtano povprečno pestrost vzorcev, D_β pa kot efektivno število taksonomsko različnih vzorcev. Drobljenje pestrosti smo izvedli na dveh nivojih: (1) gama pestrost celotne ploskve smo drobili na povprečno alfa pestrost kategorij in beta pestrost med kategorijami ter (2) gama pestrost vsake kategorije smo nadalje drobili na povprečno alfa pestrost vzorčnih enot in beta pestrost med vzorčnimi enotami. Za izračun posameznih komponent pestrosti 1D smo uporabili naslednje formule (Jost, 2007; Rös in sod., 2012):

$${}^1D_\gamma = \exp\left[\sum_{i=1}^S -(w_1 p_{i1} + w_2 p_{i2} + \dots) \ln(w_1 p_{i1} + w_2 p_{i2} + \dots)\right] \quad \dots(4)$$

$${}^1D_\alpha = \exp\left[-w_1 \sum_{i=1}^S (p_{i1} \ln p_{i1}) + -w_2 \sum_{i=1}^S (p_{i2} \ln p_{i2}) + \dots\right] \quad \dots(5)$$

$$w_j = \text{oseb}_j / \text{oseb}_{TOT} \quad \dots(6)$$

$${}^1D_\beta = {}^1D_\gamma / {}^1D_\alpha \quad \dots(7)$$

kjer je S število vrst v vzorcu; p_i številčni delež posamezne vrste v vzorcu; w pa statistična utež, ki jo vzorec prispeva k skupni pestrosti, to je število osebkov v vzorcu j glede na število osebkov iz vseh vzorcev skupaj).

3.5.4.3 Ocene bogastva vrst

Nezadostno vzorčenje lahko vpliva na vrednotenje vrstnega bogastva in pestrosti združb ter otežuje primerjavo pestrosti združb, v vzorčenje katerih vzorčenje nismo vložili enake količine vzorčnega napora. Problem nezadostnega vzorčenja lahko uspešno rešujemo z uporabo metod rarefakcije in ekstrapolacije, ki omogočata ocenjevanje bogastva vrst pri manjšem in večjem vzorčnem naporu od dejanskega (referenčnega). Rarefakcija predstavlja učinkovito orodje za primerjavo različno velikih in nepopolnih vzorcev, saj jih standardizira na podlagi vzorca z najmanjšim bogastvom vrst oz. vložnim vzorčnim naporom. Rarefakcijo in ekstrapolacijo smo izvedli v programih EstimateS in iNEXT 1.3.0. Vzorčni napor smo obravnavali kot število pregledanih vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK) in kot število odvzetih vzorčnih enot.

Ker nas je zanimalo, koliko VEK je bilo potrebno pregledati, da smo dobili opaženo bogastvo vrst, smo v programu EstimateS 9.1.0 za vse tri velikostne razrede vzorcev (vzorčne enote, kategorije in ploskev) uporabili model rarefakcije na podlagi števila osebkov (Colwell in sod., 2012). Rarefakcijske krivulje smo generirali z vzorčenjem brez nadomeščanja, vsaka točka pa je predstavljala povprečno bogastvo vrst pri določenem številu VEK na podlagi 100 ponovitev.

Da bi lahko primerjali ocene bogastva vrst med kategorijami (OP, MP, OJ, MJ), smo v programu iNEXT bogastvo vrst standardizirali na podlagi vzorčnega napora (števila vzorčnih enot) in vzorčne popolnosti. Vzorčna popolnost (ang. *sample completeness*) je merjena z vzorčno pokritostjo (ang. *sample coverage*), ki pove, kolikšen delež po številu osebkov v združbi zavzemajo vrste, najdene v vzorcu te združbe. Če vzorčno pokritost odštejemo od celote (= 100 %), izvemo, kolikšen delež osebkov v združbi pripada nepovzorčenim (spregledanim) vrstam, zato ta delež imenujemo deficit pokritosti (ang. *coverage deficit*) (Good, 1953). Rarefakcija in ekstrapolacija na podlagi vzorčne popolnosti zagotavlja, da nepovzorčene vrste predstavljajo enak delež v vsakem od primerjanih vzorcev (Alroy, 2010a, b; Chao in Jost, 2012; Jost, 2010).

Da bi ugotovili, kakšna je bila učinkovitost in reprezentativnost našega vzorčenja, smo ocenili dejansko bogastvo vrst ter učinkovitost vzorčenja določili kot delež števila opaženih vrst glede na dejansko število vrst. Bogastvo vrst smo ocenili s pomočjo cenilke Chao 2, ki je ena najbolj zanesljivih cenilk, ko je število vzorcev majhno in ko prevladujejo redke vrste (Chao, 1987; Colwell in Coddington, 1994; Colwell, 1997), kar je bilo značilno tudi za naše podatke.

4 REZULTATI

4.1 IDENTIFIKACIJA TIPOV EKTOMIKORIZE

Na ploskvi Abitanti smo na drobnih koreninah bukve našli 38 različnih tipov ECM, med katerimi smo pri 28 tipih ECM glavnega partnerja določili do vrste, pri 10 tipih ECM pa do rodu. Seznam najdenih tipov ECM in rezultati identifikacije so podani v Preglednici 2, izseki iz filogenetskih dreves za namene identifikacije pa so prikazani v Prilogi A. Za vse najdene tipe ECM smo pripravili kratke opise, ki vključujejo združene podatke o: morfologiji mikoriznega sistema; anatomiji plašča in izhajajočih elementov; barvnih reakcijah; eksploracijskem tipu in morebitne opombe. Pri 30 tipih ECM gre za prvi kratek opis, saj na bukvi do sedaj še niso bili opisani. Podatke o najdenih tipih ECM smo primerjali s podatki o njihovih predhodnih najdbah iz raziskav, opravljenih na drobnih koreninah bukve ali drugih drevesnih vrst na območju Slovenije in drugod, ki smo jih zbrali v Prilogi C.

Preglednica 2: Seznam tipov ECM, najdenih na drobnih koreninah bukve (*Fagus sylvatica* L.) na ploskvi Abitanti. Podana je taksonomska uvrstitev tipa ECM (deblo in družina glivnega partnerja); delovna oznaka nukleotidnega zaporedja tipa ECM, kot se pojavlja v filogenetskih drevesih; pristopna številka nukleotidnega zaporedja tipa ECM v podatkovni zbirki GenBank; način identifikacije; pristopna številka najbolj podobnega nukleotidnega zaporedja v podatkovni zbirki GenBank ali UNITE; odstotek ujemanja z najbolj podobnim nukleotidnim zaporedjem v podatkovni zbirki GenBank ali UNITE; ter morebitne opombe glede identifikacije.

Tip ECM oz. vrsta ECM glive	Deblo	Družina	Oznaka	Pristopna številka	Način identifikacije	Pristopna številka najbolj podobnega nukleotidnega zaporedja	Odstotek ujemanja (%)	Opombe
1 <i>Albatrellus cristatus</i> (Schaeff.) Kotl. & Pouzar 1957	Basidiomycota	Albatrellaceae	AB363, AB368	HF674606, HF674608	molekularna	UDB001761	99	/
2 <i>Amanita pantherina</i> (DC.) Krombh. 1846	Basidiomycota	Amanitaceae	AB562	HF674540	molekularna	UDB002341	99	/
3 <i>Astraeus hygrometricus</i> (Pers.) Morgan 1889	Basidiomycota	Diplocystaceae	AB165A	HF674667	molekularna	FJ710188	99	/
4 <i>Cenococcum geophilum</i> Fr. 1829	Ascomycota	Gloniaceae	AB162, AB261, AB361, AB461, AB561, AB661, ABB161, ABB261, ABB361, ABB461, ABB561, ABB661	HF674605	morfološko-anatomska in molekularna	EU346870	98	Morfološka identifikacija je bila enostavna, saj ima tip <i>C. geophilum</i> dobro prepoznavne makroskopske značilnosti, medtem ko je bila molekularna identifikacija uspešna samo pri enem od dvanajstih vzorcev tipa ECM.
5 <i>Clavariadelphus pistillaris</i> (L.) Donk 1933	Basidiomycota	Clavariadelphaceae	AB565A, AB565B, AB565C, AB565D, AB5611A, AB5611B, AB5611C, AB5611D	HF674545, HF674588, HF674546, HF674589, HF674634, HF674635, HF674543, HF674544	morfološko-anatomska in molekularna	UDB001120	97	/
6 <i>Cortinarius casimiri</i> (Velen.) Huijsman 1955	Basidiomycota	Cortinariaceae	AB366	HF674559	molekularna	UDB018339	99	/

se nadaljuje

nadaljevanje Preglednice 2: Seznam tipov ektomikorize na bukvi (*Fagus sylvatica* L.), najdenih na ploskvi Abitanti.

Št.	Tip ECM oz. vrsta ECM glive	Deblo	Družina	Oznaka	Pristopna številka	Način identifikacije	Pristopna številka najbolj podobnega nukleotidnega zaporedja	Odstotek ujemanja (%)	Opombe
7	<i>Cortinarius dionysae</i> Rob. Henry 1933	Basidiomycota	Cortinariaceae	AB469	HF674564	molekularna	AY174813	100	/
8	<i>Cortinarius obtusus</i> (Fr.) Fr. 1838	Basidiomycota	Cortinariaceae	AB365	HF674640	molekularna	UDB017606	97	/
9	<i>Craterellus cornucopioides</i> (L.) Pers. 1825	Basidiomycota	Cantharellaceae	ABB264	HF674587	molekularna	JF907967	99	/
10	<i>Hydnum rufescens</i> s.l. Pers. 1799	Basidiomycota	Hydnaceae	AB264	HF674603	molekularna	AM087246	99	Nukleotidno zaporedje tipa ECM se je v 99 % ujemalo z nukleotidnim zaporedjem v podatkovni zbirki GenBank, identificiranim kot <i>Hydnum rufescens</i> . Primerjava z nukleotidnim zaporedjem referenčnega trsnjaka vrste <i>H. rufescens</i> iz herbarija Gozdarskega Inštituta Slovenije pa je pokazala, da sta zaporedji različni. Tip ECM smo zaenkrat poimenovali <i>Hydnum rufescens</i> s.l..
11	<i>Hygrophorus discoxanthus</i> (Fr.) Rea 1908	Basidiomycota	Hygrophoraceae	AB1610C	HF674658	molekularna	UDB000021	100	/
12	<i>Inocybe margaritispora</i> (Berk.) Sacc. 1887	Basidiomycota	Inocybaceae	AB462D	HF674568	molekularna	HQ586859	100	Sinonim, pod katerim se tip ECM pojavlja v podatkovnih zbirkah, je <i>Inocybe phaeosticta</i> Furrer-Ziogas, Schweiz. Z. Pilzk.: 11 (1952).
13	<i>Inocybe pelargonium</i> Kühner 1955	Basidiomycota	Inocybaceae	AB466	HF674563	molekularna	JF908252	98	/
14	<i>Inocybe rimosa</i> (Bull.) P. Kumm. 1871	Basidiomycota	Inocybaceae	ABB666	HF674586	molekularna	GQ219958	99	Identifikacija tipa ECM temelji le na rezultatih filogenetske analize.
15	<i>Lactarius piperatus</i> (L.) Pers. 1797	Basidiomycota	Russulaceae	AB362	HF674555	molekularna	UDB011686	99	/
16	<i>Lactarius rubrocinctus</i> Fr. 1863	Basidiomycota	Russulaceae	AB465, AB467A1, AB4611, AB567	HF674557, HF674615, HF674610, HF674630	morfološko-anatomska in molekularna	JF908273	100	/

se nadaljuje

nadaljevanje Preglednice 2: Seznam tipov ektomikorize na bukvi (*Fagus sylvatica* L.), najdenih na ploskvi Abitanti.

Št.	Tip ECM oz. vrsta ECM glive	Deblo	Družina	Oznaka	Pristopna številka	Način identifikacije	Pristopna številka najbolj podobnega nukleotidnega zaporedja	Odstotek ujemanja (%)	Opombe
17	<i>Lactarius ruginosus</i> Romagn. 1957	Basidiomycota	Russulaceae	AB367, AB566	HF674560, HF674538	molekularna	UDB000394	99	/
18	<i>Membranomyces delectabilis</i> (H.S. Jacks.) Kotir. & Saaren 1993	Basidiomycota	Clavulinaceae	AB265, AB266, AB269I	HF674601, HF674552, HF674553	molekularna	UDB016308	98	/
19	<i>Russula faginea</i> Romagn. ex Romagn. 1967	Basidiomycota	Russulaceae	AB163	HF674666	molekularna	UDB002535	98	/
20	<i>Russula foetens</i> Pers. 1796	Basidiomycota	Russulaceae	ABB663	HF674584	molekularna	AF418613	99	/
21	<i>Russula olivacea</i> Pers. 1796	Basidiomycota	Russulaceae	AB161, AB168, AB662A, AB662B, AB662C, AB662D, AB662E, AB662F, AB662G, AB663BI, AB663C, AB663D, AB663DII, AB664, AB666I, AB667B, ABB362A, ABB362B, ABB363, ABB562	HF674530, HF674531, HF674532, HF674533, HF674534, HF674535, HF674536, HF674549, HF674550, HF674551, HF674638, HF674600, HF674592, HF674569, HF674570, HF674572, HF674578	morfološko- anatomska in molekularna	AF418634	99	/
23	<i>Russula raoultii</i> Quél. 1886	Basidiomycota	Russulaceae	AB563, AB564, ABB662	HF674632, HF674539, HF674583	molekularna	UDB000328	99	/

se nadaljuje

nadaljevanje Preglednice 2: Seznam tipov ektomikorize na bukvi (*Fagus sylvatica* L.), najdenih na ploskvi Abitanti.

Št.	Tip ECM oz. vrsta ECM glive	Deblo	Družina	Oznaka	Pristopna številka	Način identifikacije	Pristopna številka najbolj podobnega nukleotidnega zaporedja	Odstotek ujemanja (%)	Opombe
22	<i>Russula rosea</i> Pers. 1796	Basidiomycota	Russulaceae	AB666	HF674599	molekularna	UDB000114	100	/
24	<i>Sebacina dimitica</i> Oberw. 1963	Basidiomycota	Sebacinaceae	AB364	HF674556	molekularna	UDB016333	98	/
25	<i>Sebacina incrustans</i> (Pers.) Tul. & C. Tul. 1871	Basidiomycota	Sebacinaceae	AB462A, AB463	HF674618, HF674612	molekularna	JQ665555	99	/
26	<i>Tomentella coerulea</i> (Bres.) Höhn. & Litsch. 1907	Basidiomycota	Thelephoraceae	AB667A, AB667BI, AB669	HF674590, HF674593, HF674597	molekularna	UDB003327	99	/
27	<i>Tomentella fusca</i> (Pers.) J. Schröt. 1888	Basidiomycota	Thelephoraceae	ABB263	/	morfološko-anatomska	/	/	Tip ECM smo določili samo z morfološko-anatomsko identifikacijo, ker je bilo pomnoževanje DNK neuspešno.
28	<i>Tomentella lilacinogrisea</i> Wakef. 1966	Basidiomycota	Thelephoraceae	AB467A	HF674565	molekularna	UDB003317	99	/
29	<i>Cortinarius sp. 1</i> (subgen. <i>Telamonia</i> s.s.)	Basidiomycota	Cortinariaceae	AB369	HF674561	molekularna	/	/	Nukleotidno zaporedje tipa ECM se je z več kot enim nukleotidnim zaporedjem znotraj rodu <i>Cortinarius</i> ujemalo v enakem odstotku (95 %). Rekonstrukcija filogenetskega drevesa za rod <i>Cortinarius</i> je pokazala, da je tip ECM soroden vrstam znotraj podrodu <i>Telamonia</i> .
30	<i>Cortinarius sp. 2</i>	Basidiomycota	Cortinariaceae	AB569, AB668	HF674541, HF674547	molekularna	AY299227	100	/
31	<i>Inocybe sp. 1</i> (sect. <i>Rimosae</i>)	Basidiomycota	Inocybaceae	AB462C	HF674620	molekularna	/	/	Nukleotidno zaporedje tipa ECM se je z več kot enim nukleotidnim zaporedjem znotraj rodu <i>Inocybe</i> ujemalo v nizkem in enakem odstotku (< 88 %). Rekonstrukcija filogenetskega drevesa za rod <i>Inocybe</i> je pokazala, da je tip ECM soroden vrstam znotraj sekcije <i>Rimosae</i> .

se nadaljuje

nadaljevanje Preglednice 2: Seznam tipov ektomikorize na bukvi (*Fagus sylvatica* L.), najdenih na ploskvi Abitanti.

Št.	Tip ECM oz. vrsta glive	ECM	Deblo	Družina	Oznaka	Pristopna številka	Način identifikacije	Pristopna številka najbolj podobnega nukleotidnega zaporedja	Odstotek ujemanja (%)	Opombe
32	<i>Inocybe</i> sp. 2		Basidiomycota	Inocybaceae	ABB467, ABB569	HF674576, HF674581	molekularna	FR750656	98	/
33	<i>Sebacina</i> sp. 1		Basidiomycota	Sebacinaceae	ABB265B	HF674646	molekularna	FR852351	99	/
34	<i>Tomentella</i> sp. 1		Basidiomycota	Thelephoraceae	AB1611A, AB1612B	HF674653, HF674661	molekularna	AM159589	99	/
35	<i>Tomentella</i> sp. 2		Basidiomycota	Thelephoraceae	AB1612A, AB1613	HF674660, HF674655	molekularna	AB848639	98	/
36	<i>Tomentella</i> sp. 3		Basidiomycota	Thelephoraceae	AB462B, AB468	HF674567, HF674614	molekularna	JX630565	98	/
37	<i>Tomentella</i> sp. 4		Basidiomycota	Thelephoraceae	AB467AI, AB4612	HF674616, HF674562	molekularna	FR852169	100	/
38	<i>Tomentella</i> sp. 5		Basidiomycota	Thelephoraceae	AB568, AB6610	HF674537, HF674595	molekularna	HE687163	98	/

4.2 KRATKI OPISI TIPOV EKTOMIKORIZE

4.2.1 *Albatrellus cristatus* (Schaeff.) Kotl. & Pouzar 1957

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	monopodialno-pinatno
Oblika:	ravna do ukrivljena
Površina:	peščena
Obarvanost:	oker rjava do sivorjava
Obarvanost vršička:	oker rjava do sivorjava
Izhajajoči elementi:	hife, rizomorfi in cistide

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	plektenhimatski; hife mrežasto prepletene in večkrat razvejane (tip E)
Notranji sloj:	pseudoparenhimatski
Hife:	redke, septirane; terminalne notranje hife so zakrivljene in brez zaponk; debelina zunanjih izhajajočih hif po dolžini ni povsod enaka – na nekaterih mestih so debelejše
Rizomorfi:	redki; diferencirani – nekatere hife debelejše in naključno razporejene (tip D); zunanje celice so rahlo melanizirane
Cistide:	redke; kot hife, a svedrasto zvite (tip L)

Barvna reakcija s sulfovanilinom: /

Eksploracijski tip: gladki eksploracijski tip na srednje razdalje (Agerer, 2001)

Opombe: Tip ECM je bil najden spomladi v enem vzorcu tal iz odraslega sestoja. Na bukvi še ni bil opisan.

4.2.2 *Amanita pantherina* (DC.) Krombh. 1846

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	monopodialno-pinatno
Oblika:	ravna do ukrivljena
Površina:	peščena
Obarvanost:	svetlorjava do temnooker
Obarvanost vršička:	svetlorjava do temnooker
Izhajajoči elementi:	nismo opazili

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	pseudoparenhimatski; preplet nepravilno oblikovanih hif (tip H)
Notranji sloj:	/
Hife:	nismo opazili
Rizomorfi:	nismo opazili
Cistide:	nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom:

/

Eksploracijski tip: gladki eksploracijski tip na srednje razdalje (Agerer, 2001)

Opombe: Tip ECM je bil najden spomladi v enem vzorcu tal iz mladja, kjer je bil številen. Na bukvi še ni bil opisan.

4.2.3 *Astraeus hygrometricus* (Pers.) Morgan 1889

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	monopodialno-pinatno
Oblika:	ravna
Površina:	bleščeča
Obarvanost:	oranžnozlata
Obarvanost vršička:	oranžnozlata
Izhajajoči elementi:	hife in rizomorfi

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	plektenhimatski; hife nepravilno urejene in ne tvorijo nobenega posebnega vzorca (tip B)
Notranji sloj:	plektenhimatski
Hife:	razvejane, septirane, brez zaponk
Rizomorfi:	diferencirani – nekatere hife debelejše (tip D)
Cistide:	nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom:

/

Eksploracijski tip: resasti eksploracijski tip na srednje razdalje

Opombe: Tip ECM je bil najden spomladi v enem vzorcu tal iz odraslega sestoja, in sicer v majhnem številu. Na bukvi še ni bil opisan.

4.2.4 *Cenococcum geophilum* Fr. 1829

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	enostavno ali monopodialno-pinatno
Oblika:	ravna
Površina:	bleščeča, zrnata
Obarvanost:	črna
Obarvanost vršička:	črna
Izhajajoči elementi:	hife

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	pseudoparenhimatski; celice temnorjave (melanizirane), z odebeljeno steno in zvezdasto razporejene (tip G)
Notranji sloj:	/
Hife:	številne, temnorjave (melanizirane), z odebeljenimi stenami, septirane, brez zaponk
Rizomorfi:	nismo opazili
Cistide:	nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom:

/

Eksploracijski tip:

eksploracijski tip na kratke razdalje (Agerer, 2001)

Opombe:

Tip ECM je bil najden spomladi in jeseni, v vseh vzorcih tal iz mladja in odraslega sestoja. Gre za pogost in številen tip, ki pogosto prerašča druge tipe. Tip je na bukvi že bil opisan (Brand, 1991).

4.2.5 *Clavariadelphus pistillaris* (L.) Donk 1933

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	monopodialno-pinatno
Oblika:	ravna do rahlo ukrivljena
Površina:	peščena, bleščeča
Obarvanost:	bela
Obarvanost vršička:	bela
Izhajajoči elementi:	hife, rizomorfi in cistide

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	plektenhimatski; hife nepravilno urejene in ne tvorijo nobenega posebnega vzorca (tip B)
Notranji sloj:	plektenhimatski

Hife:	goste, prosojne in brez barve, septirane, z zaponkami; posamezne hife ob septah odebeljene; anastomoze s kratkim in neseptiranim mostičkom brez zaponke (tip A1)
Rizomorfi:	številni, beli; rahlo diferencirani – centralne hife malo debelejše (tip C)
Cistide:	akantocistide (tip P)
Barvna reakcija s sulfovanilinom:	ni reakcije
Eksploracijski tip:	resasti eksploracijski tip na srednje razdalje
Opombe:	Tip ECM je bil najden spomladi v mladju. V vzorcih tal ni bil pogost, vendar je bil številen. Tip je na bukvi že bil opisan (Iosifidou in Raidl, 2006).

4.2.6 *Cortinarius casimiri* (Velen.) Huijsman 1955

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	monopodialno-pinatno
Oblika:	ravna do ukrivljena
Površina:	peščena
Obarvanost:	srebrna
Obarvanost vršička:	srebrna
Izhajajoči elementi:	hife in rizomorfi

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	plektenhimatski; hife nepravilno urejene in ne tvorijo nobenega posebnega vzorca (tip B)
Notranji sloj:	plektenhimatski
Hife:	številne, prosojne in brez barve, septirane
Rizomorfi:	številni; nediferencirani – hife enotne debeline in ohlapno prepletene (tip A)
Cistide:	nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom:

/

Eksploracijski tip:	resasti eksploracijski tip na srednje razdalje (Agerer, 2001)
Opombe:	Tip ECM je bil najden spomladi v enem vzorcu tal iz odraslega sestoja in je bil maloštevilen. Tip na bukvi še ni bil opisan.

4.2.7 *Cortinarius dionysae* Rob. Henry 1933

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	monopodialno-pinatno
Oblika:	ukrivljena
Površina:	zrnata
Obarvanost:	belosrebrna
Obarvanost vršička:	belosrebrna
Izhajajoči elementi:	hife in rizomorfi

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	plektenhimatski; hife nepravilno urejene in ne tvorijo nobenega posebnega vzorca (tip B)
Notranji sloj:	/
Hife:	redke, septirane, z zaponkami
Rizomorfi:	nediferencirani – hife enotne debeline in ohlapno prepletene (tip A)
Cistide:	nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom:

/

Eksploracijski tip:

resasti eksploracijski tip na srednje razdalje (Agerer, 2001)

Opombe:

Tip ECM je bil najden spomladi v enem vzorcu tal iz mladja v majhnem številu. Na bukvi še ni bil opisan.

4.2.8 *Cortinarius obtusus* (Fr.) Fr. 1838

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	monopodialno-pinatno
Oblika:	ravna do ukrivljena
Površina:	peščena
Obarvanost:	oker rjava
Obarvanost vršička:	oker rjava
Izhajajoči elementi:	hife in rizomorfi

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	plektenhimatski; snopi hif krožno urejeni (tip A)
Notranji sloj:	plektenhimatski
Hife:	redke, septirane, z zaponkami
Rizomorfi:	rjavi; nediferencirani – hife enotne debeline in ohlapno prepletene (tip A)
Cistide:	nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom:	/
Eksploracijski tip:	resasti eksploracijski tip na srednje razdalje (Agerer, 2001)
Opombe:	Tip ECM je bil najden spomladi v enem vzorcu tal iz odraslega sestoja v majhnem številu. Opisan je bil na smreki (<i>Picea</i>) (Agerer, 1987; Gronbach, 1988; Gronbach in Agerer, 1988), na bukvi pa še ni bil opisan.

4.2.9 *Craterellus cornucopioides* (L.) Pers. 1825

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	monopodialno-pinatno
Oblika:	ravna do ukrivljena
Površina:	peščena
Obarvanost:	svetlorjava do svetlosiva
Obarvanost vršička:	svetlorjava do svetlosiva
Izhajajoči elementi:	nismo opazili

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	plektenhimatski; hife nepravilno urejene in ne tvorijo nobenega posebnega vzorca (tip B)
Notranji sloj:	/
Hife:	nismo opazili
Rizomorfi:	nismo opazili
Cistide:	nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom: /

Eksploracijski tip: kontaktni eksploracijski tip (Hobbie in Agerer, 2010)

Opombe: Tip ECM je bil najden jeseni v enem vzorcu tal iz odraslega sestoja v majhnem številu. Na bukvi še ni bil opisan.

4.2.10 *Hydnum rufescens* s.l. Pers. 1799

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	monopodialno-pinatno
Oblika:	ravna do ukrivljena
Površina:	zrnata
Obarvanost:	oker rjava

Obarvanost vršička: oker rjava
Izhajajoči elementi: hife

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj: plektenhimatski; hife nepravilno urejene in ne tvorijo nobenega posebnega vzorca (tip B)
Notranji sloj: psevdoparenhimatski
Hife: redke, septirane, pokrite z delci substrata
Rizomorfi: nismo opazili
Cistide: nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom:

ni reakcije

Eksploracijski tip:

resasti eksploracijski tip na srednje razdalje (Agerer, 2001)

Opombe:

Tip ECM je bil najden spomladi v enem vzorcu tal iz odraslega sestoja. Opisan je bil na smreki (*Picea*) (Raidl in Agerer, 1992; Agerer in sod., 1996; Kraigher in Agerer, 1996), na bukvi pa še ni bil opisan. Trosnjaki vrste *H. rufescens* so že bili zabeleženi v sestojih z bukvi (Grebenc in sod., 2009a).

4.2.11 *Hygrophorus discoxanthus* (Fr.) Rea 1908

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje: monopodialno-pinatno
Oblika: ravna do ukrivljena
Površina: gladka
Obarvanost: svetlorjava
Obarvanost vršička: svetlorjava
Izhajajoči elementi: hife

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj: plektenhimatski; hife nepravilno urejene in ne tvorijo nobenega posebnega vzorca (tip B)
Notranji sloj: plektenhimatski
Hife: redke, septirane, z zaponkami
Rizomorfi: nismo opazili
Cistide: nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom:

ni reakcije

Eksploracijski tip: kontaktni eksploracijski tip (Hobbie in Agerer, 2010)

Opombe: Tip ECM je bil najden spomladi v enem vzorcu tal iz odraslega sestoja v velikem številu. Na bukvi še ni bil opisan.

4.2.12 *Inocybe margaritispora* (Berk.) Sacc. 1887

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje: monopodialno-pinatno
Oblika: ravna do ukrivljena
Površina: zrnata
Obarvanost: svetlorjava do belkasta
Obarvanost vršička: svetlorjava do belkasta
Izhajajoči elementi: nismo opazili

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj: plektenhimatski; hife nepravilno urejene in ne tvorijo nobenega posebnega vzorca (tip B)
Notranji sloj: plektenhimatski
Hife: nismo opazili
Rizomorfi: nismo opazili
Cistide: nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom: /

Eksploracijski tip: eksploracijski tip na kratke razdalje (Hobbie in Agerer, 2010)

Opombe: Tip ECM je bil najden spomladi v enem vzorcu tal iz mladja, kjer je bil številen. Na bukvi še ni bil opisan.

4.2.13 *Inocybe pelargonium* Kühner 1955

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje: monopodialno-pinatno
Oblika: ravna
Površina: zrnata
Obarvanost: bela
Obarvanost vršička: bela
Izhajajoči elementi: nismo opazili

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	plektenhimatski; preplet nepravilno oblikovanih hif (tip H)
Notranji sloj:	plektenhimatski
Hife:	nismo opazili
Rizomorfi:	nismo opazili
Cistide:	nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom:

/

Eksploracijski tip: eksploracijski tip na kratke razdalje (Hobbie in Agerer, 2010)

Opombe: Tip ECM je bil najden spomladi v enem vzorcu tal iz mladja v velikem številu. Na bukvi še ni bil opisan.

4.2.14 *Inocybe rimosa* (Bull.) P. Kumm. 1871

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	monopodialno-pinatno
Oblika:	ravna
Površina:	zrnata
Obarvanost:	temnorjava
Obarvanost vršička:	temnorjava
Izhajajoči elementi:	cistide

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	pseudoparenhimatski; iz angularnih celic (tip L)
Notranji sloj:	/
Hife:	nismo opazili
Rizomorfi:	nismo opazili
Cistide:	melanizirane; ščetinaste z grčasto konico (tip H)

Barvna reakcija s sulfovanilinom:

/

Eksploracijski tip: eksploracijski tip na kratke razdalje (Hobbie in Agerer, 2010)

Opombe: Tip ECM je bil najden jeseni v enem vzorcu tal iz mladja v majhnem številu. Na bukvi še ni bil opisan.

4.2.15 *Lactarius piperatus* (L.) Pers. 1797

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	monopodialno-pinatno
Oblika:	ravna do ukrivljena
Površina:	bleščeča
Obarvanost:	oker rjava
Obarvanost vršička:	oker rjava
Izhajajoči elementi:	hife

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	pseudoparenhimatski; iz epidermoidnih celic, ki jih prekriva preplet hif (tip Q)
Notranji sloj:	/
Hife:	številne, zelo tanke, septirane, brez zaponk; debelina hif po dolžini ni povsod enaka – na nekaterih mestih so odebelitve
Rizomorfi:	nismo opazili
Cistide:	nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom: ni reakcije

Eksploracijski tip: eksploracijski tip na kratke razdalje (Hobbie in Agerer, 2010)

Opombe: Tip ECM je bil najden spomladi v enem vzorcu tal iz odraslega sestoja, kjer je bil številen. Na bukvi še ni bil opisan.

4.2.16 *Lactarius rubrocinctus* Fr. 1863

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	monopodialno-piramidalno
Oblika:	ravna do ukrivljena
Površina:	bleščeča
Obarvanost:	oker rjava z rdečimi lisami; starejši deli temnorjavi
Obarvanost vršička:	oker rjava
Izhajajoči elementi:	nismo opazili

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	pseudoparenhimatski; iz angularnih celic, ki jih prekriva preplet hif (tip P)
Notranji sloj:	plektenhimatski
Hife:	nismo opazili

Rizomorfi:	nismo opazili
Cistide:	nismo opazili
Barvna reakcija s sulfovanilinom:	pozitivna reakcija – temnovijolično obarvanje vsebine (lateksa) v mlečnih vodih
Eksploracijski tip:	gladki eksploracijski tip na srednje razdalje (Di Marino, 2008)
Opombe:	Tip je bil najden spomladi v mladju. V vzorcih tal ni bil niti redek niti številen. Tip je na bukvi že bil opisan (Brand, 1991a).

4.2.17 *Lactarius ruginosus* Romagn. 1957

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	monopodialno-pinatno
Oblika:	ravna, kratka, zbita
Površina:	bleščeča
Obarvanost:	bela
Obarvanost vršička:	bela
Izhajajoči elementi:	cistide

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	plektenhimatski; hife nepravilno urejene in ne tvorijo nobenega posebnega vzorca (tip B)
Notranji sloj:	pseudoparenhimatski
Hife:	nismo opazili
Rizomorfi:	nismo opazili
Cistide:	globularne (tip G)

Barvna reakcija s sulfovanilinom: pozitivna reakcija – temnovijolično obarvanje vsebine (lateksa) v mlečnih vodih

Eksploracijski tip: eksploracijski tip na kratke razdalje (Hobbie in Agerer, 2010)

Opombe: Tip ECM je bil najden spomladi v mladju in odraslem sestoju. V vzorcih tal se je redko pojavljal, vendar je bil številen. Na bukvi še ni bil opisan.

4.2.18 *Membranomyces delectabilis* (H.S. Jacks.) Kotir. & Saaren 1993

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	monopodialno-pinatno
Oblika:	ravna do ukrivljena
Površina:	zrnata
Obarvanost:	bela do srebrna, z belimi lisami
Obarvanost vršička:	bela do srebrna
Izhajajoči elementi:	hife

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	pseudoparenhimatski; iz angularnih celic, ki jih prekriva preplet hif (tip P)
Notranji sloj:	plektenhimatski; hife gosto prepletene
Hife:	redke, neseptirane, z zaponkami, pokrite z delci substrata
Rizomorfi:	nismo opazili
Cistide:	nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom: ni reakcije

Eksploracijski tip: eksploracijski tip na kratke razdalje

Opombe: Tip ECM je bil najden spomladi v enem vzorcu tal iz odraslega sestoja, kjer je bil številan. Na bukvi še ni bil opisan.

4.2.19 *Russula faginea* Romagn. ex Romagn. 1967

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	monopodialno-pinatno
Oblika:	ravna do ukrivljena
Površina:	peščena
Obarvanost:	svetlorjava
Obarvanost vršička:	svetlorjava
Izhajajoči elementi:	hife

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	pseudoparenhimatski; iz epidermoidnih celic, ki jih prekriva preplet hif (tip Q)
Notranji sloj:	plektenhimatski
Hife:	redke
Rizomorfi:	nismo opazili
Cistide:	nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom:	/
Eksploracijski tip:	eksploracijski tip na kratke razdalje (Hobbie in Agerer, 2010)
Opombe:	Tip ECM je bil najden spomladi v odraslem sestoju. Pojavil se je v enem vzorcu tal v majhnem številu. Na bukvi še ni bil opisan.

4.2.20 *Russula foetens* (Pers.) Pers. 1796

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	monopodialno-pinatno
Oblika:	ravna do rahlo ukrivljena
Površina:	bleščeča
Obarvanost:	svetlorjava do sivkasta
Obarvanost vršička:	svetlejša
Izhajajoči elementi:	hife, cistide

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	plektenhimatski; hife mrežasto razporejene in z opaznimi cistidami (tip D)
Notranji sloj:	plektenhimatski
Hife:	redke, septirane, brez zaponk
Rizomorfi:	nismo opazili
Cistide:	opazili smo dva tipa cistid: stekleničasto oblikovane z ravnim vratom (tip B) in stekleničasto oblikovane z grčastim vršičkom (tip D)

Barvna reakcija s sulfovanilinom:	ni reakcije
Eksploracijski tip:	gladki eksploracijski tip na srednje razdalje (Beenken, 2001; 2004)
Opombe:	Tip ECM je bil najden jeseni v enem vzorcu tal iz mladja, kjer je bil številen. Na bukvi je že bil opisan (Beenken, 2001; 2004).

4.2.21 *Russula olivacea* Pers. 1796

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	monopodialno-pinatno
Oblika:	ravna
Površina:	peščena, bleščeča, kosmata
Obarvanost:	svetlorjava do rožnatorjava
Obarvanost vršička:	svetlorjava
Izhajajoči elementi:	hife

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	pseudoparenhimatski; iz epidermoidnih celic, ki jih prekriva mreža hif (tip Q)
Notranji sloj:	plektenhimatski
Hife:	zelo številne, kratke, tanke, septirane, brez zaponk; prisotne na končnem delu koreninskega vršička
Rizomorfi:	nismo opazili
Cistide:	nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom: pozitivna reakcija – nekatere celice zunanjšega plašča se obarvajo vijolično

Eksploracijski tip: eksploracijski tip na kratke razdalje (Beenken, 2004)

Opombe: Tip ECM je bil najden spomladi v mladju in odraslem sestoju, z večjo številčno zastopanostjo v mladju. Jeseni je bil najden v mladju v velikem številu. Tip je na bukvi že bil opisan (Beenken, 2004).

4.2.22 *Russula raoultii* Quél. 1886

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	monopodialno-pinatno
Oblika:	ravna do ukrivljena
Površina:	zrnata
Obarvanost:	oker rjava do oranžna
Obarvanost vršička:	oker rjava do oranžna
Izhajajoči elementi:	hife

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	pseudoparenhimatski; iz angularnih celic (tip L)
Notranji sloj:	plektenhimatski
Hife:	številne, kratke, čokate, brez zaponk
Rizomorfi:	nismo opazili
Cistide:	nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom: pozitivna reakcija – nekatere celice zunanjšega plašča se obarvajo sivo

Eksploracijski tip: eksploracijski tip na kratke razdalje (Beenken, 2004)

Opombe: Tip ECM je bil najden spomladi in jeseni v mladju, z večjo številčno zastopanostjo spomladi. Na bukvi je že bil opisan (Beenken, 2004).

4.2.23 *Russula rosea* Pers. 1796

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje: monopodialno-pinatno
Oblika: ravna
Površina: gladka
Obarvanost: rumeno oranžna
Obarvanost vršička: rumeno oranžna
Izhajajoči elementi: hife

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj: psevdoparenhimatski; iz epidermoidnih celic, ki jih prekriva preplet hif (tip Q)
Notranji sloj: plektenhimatski
Hife: redke, septirane, brez zaponk, niso odebeljene; anastomoze odprte, s kratkim mostičkom (tip 2)
Rizomorfi: nismo opazili
Cistide: nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom: pozitivna reakcija – nekatere celice zunanjšega plašča se obarvajo sivo

Eksploracijski tip: gladki eksploracijski tip na srednje razdalje (Beenken, 2004)

Opombe: Tip ECM je bil najden spomladi v enem vzorcu tal iz mladja v majhnem številu. Na bukvi je že bil opisan pod sinonimom *Russula lepida* (Beenken, 2004).

4.2.24 *Sebacina dimitica* Oberw. 1963

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje: monopodialno-pinatno
Oblika: ravna do ukrivljena
Površina: peščena
Obarvanost: oker rjava

Obarvanost vršička: oker rjava
Izhajajoči elementi: hife

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj: plektenhimatski; hife urejene nepravilno in ne tvorijo nobenega posebnega vzorca (tip B)

Notranji sloj: plektenhimatski

Hife: redke, septirane

Rizomorfi: nismo opazili

Cistide: nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom: /

Eksploracijski tip: eksploracijski tip na kratke razdalje

Opombe: Tip ECM je bil najden spomladi v enem vzorcu tal iz odraslega sestoja. Na bukvi še ni bil opisan.

4.2.25 *Sebacina incrustans* (Pers.) Tul. & C. Tul. 1871

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje: monopodialno-pinatno

Oblika: ravna do ukrivljena

Površina: bleščeča, zrnata

Obarvanost: siva

Obarvanost vršička: siva

Izhajajoči elementi: nismo opazili

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj: psevdoparenhimatski; iz epidermoidnih celic (tip M)

Notranji sloj: /

Hife: nismo opazili

Rizomorfi: nismo opazili

Cistide: nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom: /

Eksploracijski tip: kontaktni eksploracijski tip

Opombe: Tip ECM je bil najden spomladi v enem vzorcu tal iz mladja, kjer je bil številen. Tip je že bil opisan na smreki (*Picea*) (Urban in sod., 2003), na bukvi pa še ni bil opisan.

4.2.26 *Tomentella coerulea* (Bres.) Höhn. & Litsch. 1907

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	monopodialno-pinatno
Oblika:	ravna do ukrivljena
Površina:	bleščeča, peščena, gladka
Obarvanost:	temnorjava
Obarvanost vršička:	temnorjava
Izhajajoči elementi:	nismo opazili

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	pseudoparenhimatski; iz epidermoidnih celic (tip M)
Notranji sloj:	plektenhimatski
Hife:	nismo opazili
Rizomorfi:	nismo opazili
Cistide:	nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom:

/

Eksploracijski tip:

kontaktni eksploracijski tip (Agerer, 2001)

Opombe:

Tip ECM je bil najden spomladi v enem vzorcu tal iz mladja v majhnem številu. Na bukvi še ni bil opisan.

4.2.27 *Tomentella fusca* (Pers.) J. Schröt. 1888

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	monopodialno-pinatno
Oblika:	ravna do ukrivljena
Površina:	bleščeča, zrnata
Obarvanost:	temnorjava
Obarvanost vršička:	temnorjava
Izhajajoči elementi:	hife, rizomorfi, cistide

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	plektenhimatski; hife urejene nepravilno in ne tvorijo nobenega posebnega vzorca (tip B)
Notranji sloj:	pseudoparenhimatski
Hife:	razvejane, melanizirane, z odebelenimi stenami, septirane, z zaponkami ali brez; anastomoze tipa D1
Rizomorfi:	temnorjavi; nediferencirani – hife enotne debeline in ohlapno prepletene (tip A)
Cistide:	ščetinaste oblike in na koncih zašiljene (tip A)

Barvna reakcija s sulfovanilinom: /

Eksploracijski tip: resasti eksploracijski tip na srednje razdalje

Opombe: Tip ECM je bil najden jeseni v odraslem sestoju in v majhnem številu. Na bukvi je že bil opisan pod sinonimom *Tomentella ferruginea* (Raidl in Müller, 1996; Raidl, 1998).

4.2.28 *Tomentella lilacinogrisea* Wakef. 1966

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje: monopodialno-pinatno
Oblika: ravna do ukrivljena
Površina: zrnata, bleščeča
Obarvanost: temnorjava
Obarvanost vršička: temnorjava
Izhajajoči elementi: hife in cistide

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj: psevdoparenhimatski; iz angularnih celic (tip L); celične stene melanizirane
Notranji sloj: /
Hife: septirane, z zaponkami; celične stene melanizirane
Rizomorfi: nismo opazili
Cistide: ščetinaste oblike in na koncih zašiljene (tip A); celične stene so melanizirane

Barvna reakcija s sulfovanilinom: /

Eksploracijski tip: eksploracijski tip na kratke razdalje (Agerer, 2001)

Opombe: Tip ECM je bil najden spomladi v enem vzorcu tal iz mladja, kjer je bil številen. Na bukvi še ni bil opisan.

4.2.29 *Cortinarius* sp. 1 (subgen. *Telamonia* s.l.)

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje: monopodialno-pinatno
Oblika: ravna do ukrivljena
Površina: bleščeča
Obarvanost: bela do srebrna
Obarvanost vršička: bela do srebrna

Izhajajoči elementi: hife in rizomorfi

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj: plektenhimatski; hife mrežasto prepletene in večkrat razvejane (tip E)
Notranji sloj: ni podatka
Hife: številne, septirane, z zaponkami
Rizomorfi: nediferencirani – robovi dokaj gladki, hife strnjene in enotnega premera (tip B)
Cistide: nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom:

/

Eksploracijski tip:

resasti eksploracijski tip na srednje razdalje (Agerer, 2001)

Opombe:

Tip ECM je bil najden spomladi v enem vzorcu tal iz odraslega sestoja, in sicer v majhnem številu. Na bukvi še ni bil opisan.

4.2.30 *Cortinarius* sp. 2

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje: monopodialno-pinatno
Oblika: ravna do ukrivljena
Površina: svetleča
Obarvanost: bela
Obarvanost vršička: bela
Izhajajoči elementi: hife

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj: plektenhimatski; hife mrežasto urejene, z večkratnimi oglatimi razvejitvami (tip E)
Notranji sloj: plektenhimatski
Hife: številne, tanke, z zaponkami ali brez; celične stene melanizirane; opazili smo dva tipa anastomoz (C2 in D1)
Rizomorfi: nismo opazili
Cistide: nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom:

/

Eksploracijski tip: resasti eksploracijski tip na srednje razdalje (Agerer, 2001)

Opombe: Tip ECM je bil najden spomladi v mladju v majhnem številu. Na bukvi še ni bil opisan.

4.2.31 *Inocybe* sp. 1 (sect. *Rimosae*)

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje: monopodialno-pinatno
Oblika: ravna do ukrivljena
Površina: zrnata
Obarvanost: svetlorjava do belkasta
Obarvanost vršička: svetlorjava do belkasta
Izhajajoči elementi: nismo opazili

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj: /
Notranji sloj: /
Hife: nismo opazili
Rizomorfi: nismo opazili
Cistide: nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom: /

Eksploracijski tip: eksploracijski tip na kratke razdalje (Hobbie in Agerer, 2010)

Opombe: Tip ECM je bil najden spomladi v mladju. Tipa na morfološki ravni nismo razločili od tipa *Inocybe margaritispora*, molekularna identifikacija pa je pokazala, da gre za dva različna tipa istega rodu. Tip na bukvi še ni bil opisan.

4.2.32 *Inocybe* sp. 2

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje: monopodialno-pinatno
Oblika: ravna do ukrivljena
Površina: peščena
Obarvanost: bela
Obarvanost vršička: bela
Izhajajoči elementi: nismo opazili

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	plektenhimatski; hife zvezdasto razporejene in se tesno stikajo (tip G)
Notranji sloj:	plektenhimatski
Hife:	nismo opazili
Rizomorfi:	nismo opazili
Cistide:	nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom:

/

Eksploracijski tip: eksploracijski tip na kratke razdalje (Hobbie in Agerer, 2010)

Opombe: Tip ECM je bil najden jeseni v mladju v majhnem številu. Na bukvi še ni bil opisan.

4.2.33 *Sebacina* sp. 1

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	monopodialno-pinatno
Oblika:	ravna
Površina:	gladka; plašč je debel, želatinast in prosojen
Obarvanost:	sivorjava
Obarvanost vršička:	sivorjava
Izhajajoči elementi:	hife

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	plektenhimatski; preplet nepravilno oblikovanih hif (tip H)
Notranji sloj:	/
Hife:	redke, septirane, brez zaponk
Rizomorfi:	nismo opazili
Cistide:	nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom:

ni reakcije

Eksploracijski tip: eksploracijski tip na kratke razdalje

Opombe: Tip ECM je bil najden jeseni v enem vzorcu tal iz odraslega sestoja v majhnem številu. Od ostalih ECM tipov se je jasno razlikoval po debelem in kompaktnem želatinastem plašču in zelo kratkih zbitih vršičkih. Na bukvi še ni bil opisan.

4.2.34 *Tomentella* sp. 1

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	monopodialno-pinatno
Oblika:	ravna do ukrivljena
Površina:	zrnata
Obarvanost:	temnorjava
Obarvanost vršička:	temnorjava
Izhajajoči elementi:	nismo opazili

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	pseudoparenhimatski; iz angularnih celic, ki jih prekriva preplet hif (tip P)
Notranji sloj:	/
Hife:	nismo opazili
Rizomorfi:	nismo opazili
Cistide:	nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom: /

Eksploracijski tip: kontaktni eksploracijski tip (Agerer, 2001)

Opombe: Tip ECM je bil najden spomladi v enem vzorcu tal iz odraslega sestoja. Na bukvi še ni bil opisan.

4.2.35 *Tomentella* sp. 2

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	monopodialno-pinatno
Oblika:	ravna do ukrivljena
Površina:	zrnata
Obarvanost:	temnorjava
Obarvanost vršička:	temnorjava
Izhajajoči elementi:	nismo opazili

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	/
Notranji sloj:	/
Hife:	nismo opazili
Rizomorfi:	nismo opazili
Cistide:	nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom: /

Eksploracijski tip: kontaktni eksploracijski tip (Agerer, 2001)

Opombe: Tip ECM je bil najden spomladi v odraslem sestoju. Tipa na morfološki ravni nismo razločili od tipa *Tomentella* sp. 1, molekularna identifikacija pa je pokazala, da gre za dva različna tipa istega rodu. Tip na bukvi še ni bil opisan.

4.2.36 *Tomentella* sp. 3

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje: monopodialno-pinatno
Oblika: ukrivljena
Površina: zrnata
Obarvanost: bela do oker rjava
Obarvanost vršička: bela do oker rjava
Izhajajoči elementi: nismo opazili

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj: plektenhimatski; preplet nepravilno oblikovanih hif (tip H)
Notranji sloj: plektenhimatski
Hife: nismo opazili
Rizomorfi: nismo opazili
Cistide: nismo opazili

Barvna reakcija s sulfovanilinom: /

Eksploracijski tip: kontaktni eksploracijski tip (Agerer, 2001)

Opombe: Tip ECM je bil najden spomladi v enem vzorcu tal iz mladja in v majhnem številu. Na bukvi še ni bil opisan.

4.2.37 *Tomentella* sp. 4

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje: monopodialno-pinatno
Oblika: ravna do ukrivljena
Površina: zrnata
Obarvanost: temnorjava
Obarvanost vršička: oranžnorjava
Izhajajoči elementi: cistide

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	pseudoparenhimatski; iz angularnih celic, ki jih prekriva preplet hif (tip P); celične stene so melanizirane in odebeljene
Notranji sloj:	/
Hife:	nismo opazili
Rizomorfi:	nismo opazili
Cistide:	ščetinaste oblike in na koncih zašiljene (tip A)

Barvna reakcija s sulfovanilinom:

/

Eksploracijski tip:

eksploracijski tip na kratke razdalje (Agerer, 2001)

Opombe:

Tip ECM je bil najden spomladi v enem vzorcu tal iz mladja in v majhnem številu. Na bukvi še ni bil opisan.

4.2.38 *Tomentella* sp. 5

Morfologija mikoriznega sistema:

Razraščanje:	monopodialno-pinatno
Oblika:	ravna do ukrivljena
Površina:	zrnata, svetleča
Obarvanost:	temnorjava
Obarvanost vršička:	temnorjava
Izhajajoči elementi:	hife in cistide

Anatomija plašča in izhajajočih elementov:

Zunanji sloj:	pseudoparenhimatski; iz angularnih celic, ki jih prekriva preplet hif (tip P)
Notranji sloj:	/
Hife:	goste, tanke, septirane, melanizirane, z zaponkami; anastomoze tipa A1
Rizomorfi:	nismo opazili
Cistide:	tankostene in rahlo priostrene (tip O)

Barvna reakcija s sulfovanilinom:

/

Eksploracijski tip:

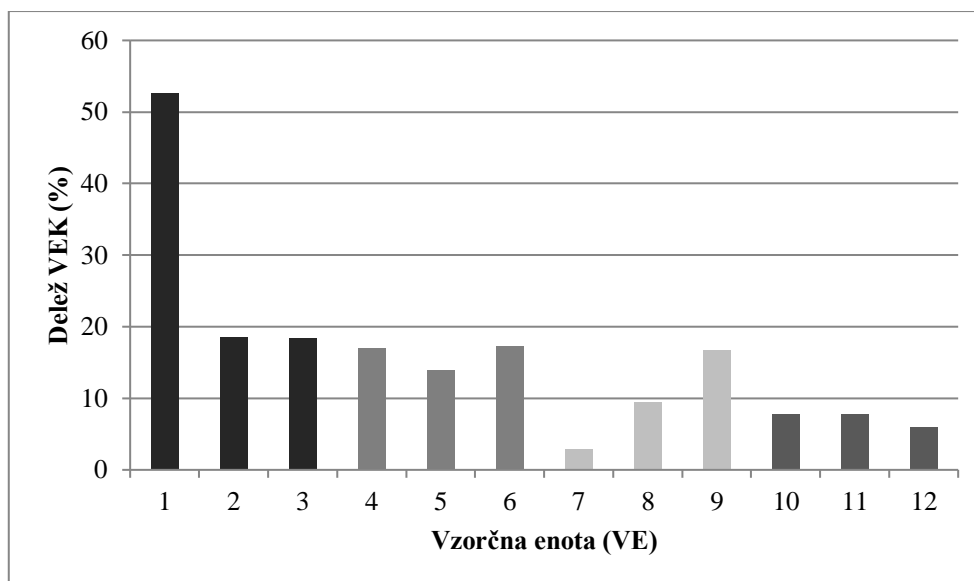
eksploracijski tip na kratke razdalje (Agerer, 2001)

Opombe:

Tip je bil najden spomladi v mladju v majhnem številu. Na bukvi še ni bil opisan.

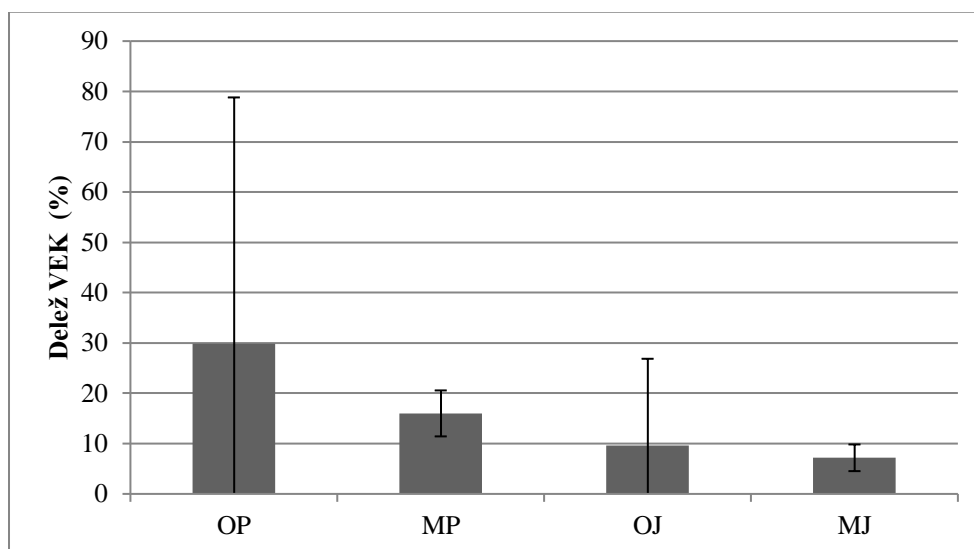
4.3 DELEŽ VITALNIH EKTOMIKORIZNIH KORENIN

V okviru analize smo skupno pregledali 74095 drobnih korenin bukve, med katerimi smo zabeležili 11295 vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK). Na celotni ploskvi Abitanti so VEK med drobnimi koreninami zajemale 15 %, v posameznih vzorčnih enotah (VE) pa od 2,9 % do 52,6 % (Slika 5).



Slika 5: Delež vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK) (%) med drobnimi koreninami bukve v posameznih vzorčnih enotah, odvzetih na ploskvi Abitanti. VE1-VE3 = OP; VE4-VE6 = MP; VE7-VE9 = OJ; VE10-VE12 = MJ.

Analiza vpliva letnega časa in razvojne faze je pokazala, da je letni čas značilno vplival na delež VEK (dvosmerna ANOVA; $F(1,8) = 5,63$; $p = 0,045$). Povprečen delež VEK (%) je bil v mladju višji spomladi ($16,0 \pm 4,6$) kot jeseni ($7,2 \pm 2,7$; $t = 7,19$; $p = 0,002$; dvostranski t-test), podoben neznačilen trend pa smo opazili tudi v odraslem sestoju (Slika 6). Značilnega vpliva razvojne faze na delež VEK nismo ugotovili, kljub temu da je bil delež VEK v obeh letnih časih večji v odraslem sestoju.

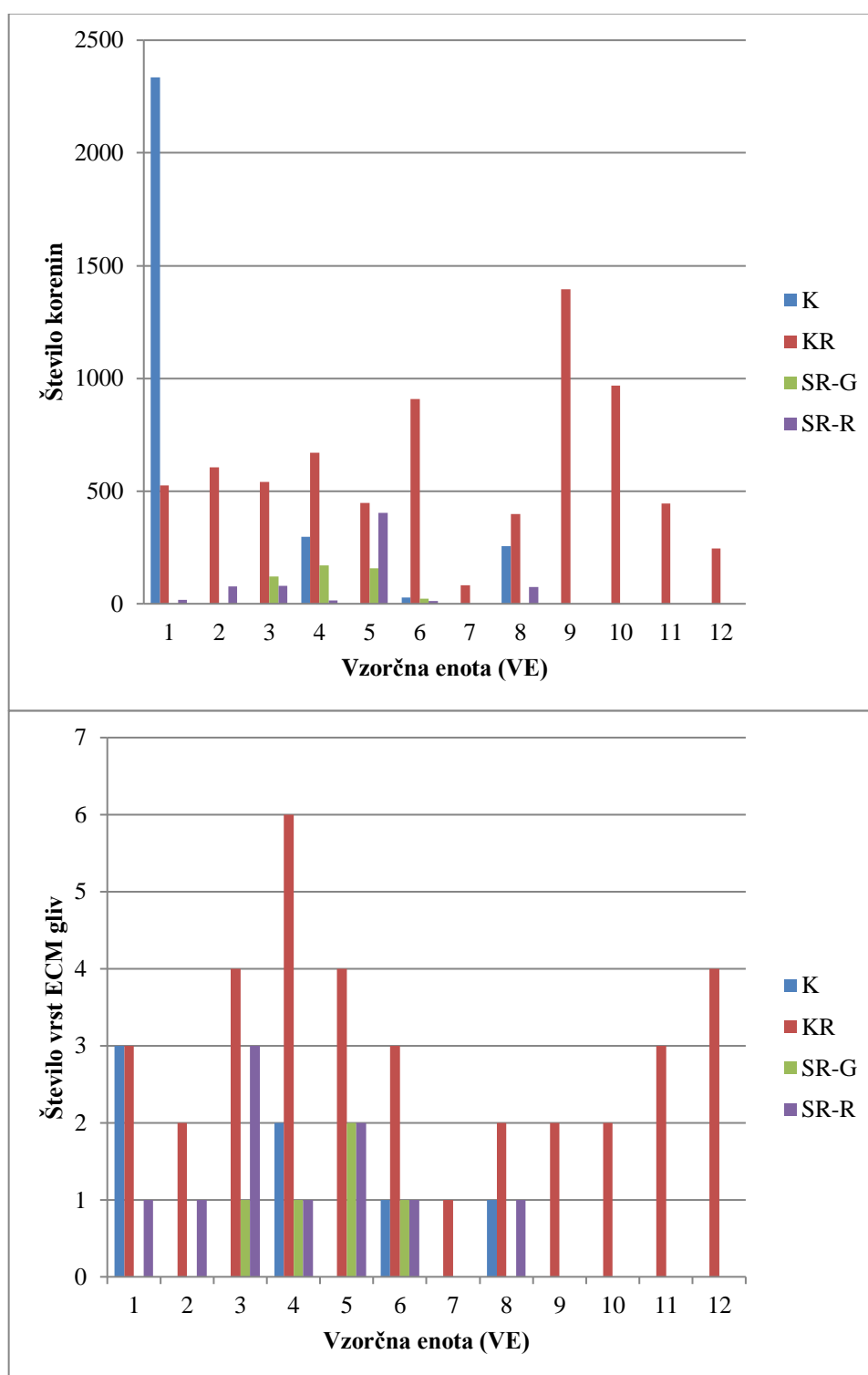


Slika 6: Delež vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK) (%) med drobnimi koreninami bukve v kategorijah OP, MP, OJ in MJ. Za vsako kategorijo je podana povprečna vrednost, izračunana na podlagi podatkov iz treh vzorčnih enot, in 95% interval zaupanja. OP = odrasel sestoj-pomlad; MP = mladje-pomlad; OJ = odrasel sestoj-jesen; MJ = mladje-jesen.

4.4 ZASTOPANOST EKSPLORACIJSKIH TIPOV

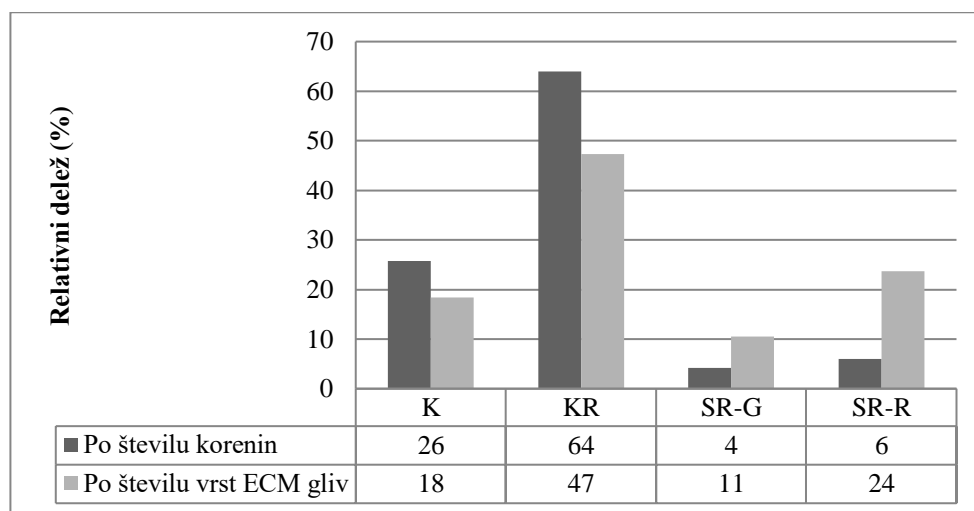
Na drobnih koreninah bukve na ploskvi Abitanti smo našli štiri različne eksploracijske tipe: kontaktni eksploracijski tip (K), eksploracijski tip na kratke razdalje (KR), gladki eksploracijski tip na srednje razdalje (SR-G) in resasti eksploracijski tip na srednje razdalje (SR-R). Na ploskvi nismo našli preostalih obstoječih eksploracijskih tipov: pregrinjalnega eksploracijskega tipa na srednje razdalje, eksploracijskega tipa na dolge razdalje in nesnega eksploracijskega tipa. Podatki o tem, kateremu eksploracijskemu tipu je pripadal posamezen tip ECM oz. vrsta ECM glive, so podani v kratkih opisih najdenih tipov ECM v podpoglavju 4.2.

Med najdenimi štirimi eksploracijskimi tipi je bil po številu korenin in po številu vrst ECM gliv v vseh vzetih vzorčnih enotah (VE) najbolj zastopan KR, razen v VE1, kjer je prevladoval K (Slika 7).



Slika 7: Zastopanost eksploracijskih tipov na drobnih koreninah bukve po številu korenin (zgoraj) in po številu vrst ECM gliv (spodaj) v posameznih vzorčnih enot (VE), odvzetih na ploskvi Abitanti. K = kontaktni eksploracijski tip; KR = eksploracijski tip na kratke razdalje; SR-G = gladki eksploracijski tip na srednje razdalje; SR-R = resasti eksploracijski tip na srednje razdalje.

Analiza homogenosti zastopanosti eksploracijskih tipov po številu korenin in vrst ECM gliv na celotni ploskvi (Slika 8) je pokazala, da je bila zastopanost po številu korenin značilno nehomogena (hi-kvadrat test; $\chi^2 = 10,36$; $df = 3$; $p < 0,001$), prav tako zastopanost po številu vrst ECM gliv (hi-kvadrat test; $\chi^2 = 11,47$; $df = 3$; $p = 0,009$). Tako po številu korenin kot po številu vrst ECM gliv je bil najbolj zastopan KR, najmanj pa SR-G.



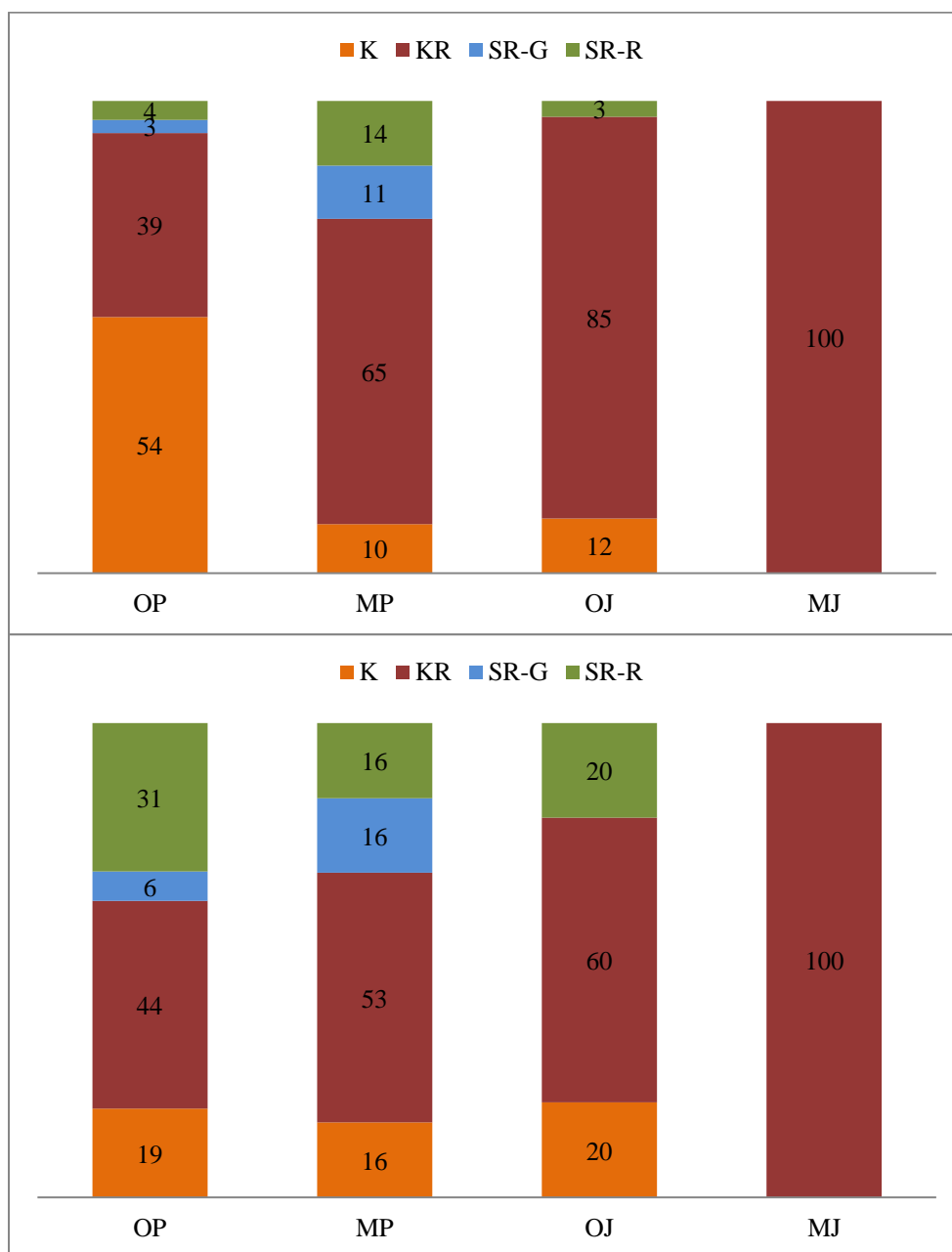
Slika 8: Zastopanost eksploracijskih tipov na drobnih koreninah bukve na ploskvi Abitanti. Zastopanost je prikazana kot relativni delež (%) eksploracijskih tipov po številu korenin in po številu vrst ECM gliv. Relativni delež (%) predstavlja število korenin oz. število vrst ECM gliv, ki ga je določen eksploracijski tip zavzemal, glede na število vseh pregledanih korenin oz. najdenih vrst ECM gliv. K = kontaktni eksploracijski tip; KR = eksploracijski tip na kratke razdalje; SR-G = gladki eksploracijski tip na srednje razdalje; SR-R = resasti eksploracijski tip na srednje razdalje.

Analiza pojavljanja eksploracijskih tipov v kategorijah OP, MP, OJ in MJ (Slika 9) je pokazala, da so bili spomladi v obeh sestojih prisotni vsi štirje eksploracijski tipi, medtem ko jeseni nismo našli SR-G. Med kategorijami je najbolj izstopala MJ, kjer smo našli samo KR.

V zastopanosti po številu vrst ECM gliv in po številu korenin smo pri eksploracijskih tipih opazili razlike. SR-G in SR-R sta po številu vrst ECM gliv zavzemala večji delež kot po številu korenin. Najbolj je izstopal eksploracijski tip SR-R, ki je v odraslem sestoju po številu korenin zavzemal majhen delež (OP = 4 %, OJ = 3 %), medtem ko je po številu vrst ECM bil precej bolje zastopan (OP = 31 %, OJ = 20 %).

Vpliv obeh dejavnikov (razvojne faze in letnega časa) na zastopanost eksploracijskih tipov po številu korenin in po številu vrst ECM gliv smo ugotavljali z uporabo log-linearne analize. V analizo nismo vključili SR-G, ker njegova zastopanost v kategorijah ni bila zadostna. Log-linearne analiza je pokazala, da je bila zastopanost eksploracijskih tipov K, KR in SR-R po številu korenin povezana z obema dejavnikoma (razvojno fazo in letnim časom) in da je med njimi prihajalo do interakcije (trismerna log-linearne analiza; $G^2 = 2520,9$; $df = 7$; $p < 0,001$; Slika 9, zgoraj). K je bil po številu korenin

pozitivno povezan s pomladjo in odraslim sestojem, KR z jesenjo in mladjem, SR-R pa s pomladjo in mladjem. Značilnega vpliva razvojne faze in letnega časa na zastopanost eksploracijskih tipov po številu vrst ECM gliv nismo ugotovili (Slika 9, spodaj).



Slika 9: Zastopanost eksploracijskih tipov na drobnih koreninah bukve po številu korenin (zgoraj) in po številu vrst ECM gliv (spodaj) v kategorijah OP, MP, OJ in MJ. Zastopanost je prikazana kot relativni delež (%), ki predstavlja število korenin oz. število vrst ECM gliv, ki ga je določen eksploracijski tip zavzemal, glede na število vseh pregledanih korenin oz. najdenih vrst ECM gliv. Eksploracijski tipi: K = kontaktni eksploracijski tip; KR = eksploracijski tip na kratke razdalje; SR-G = gladki eksploracijski tip na srednje razdalje; SR-R = resasti eksploracijski tip na srednje razdalje. Kategorije: OP = odrasel sestoj-pomlad; MP = mladje-pomlad; OJ = odrasel sestoj-jesen; MJ = mladje-jesen.

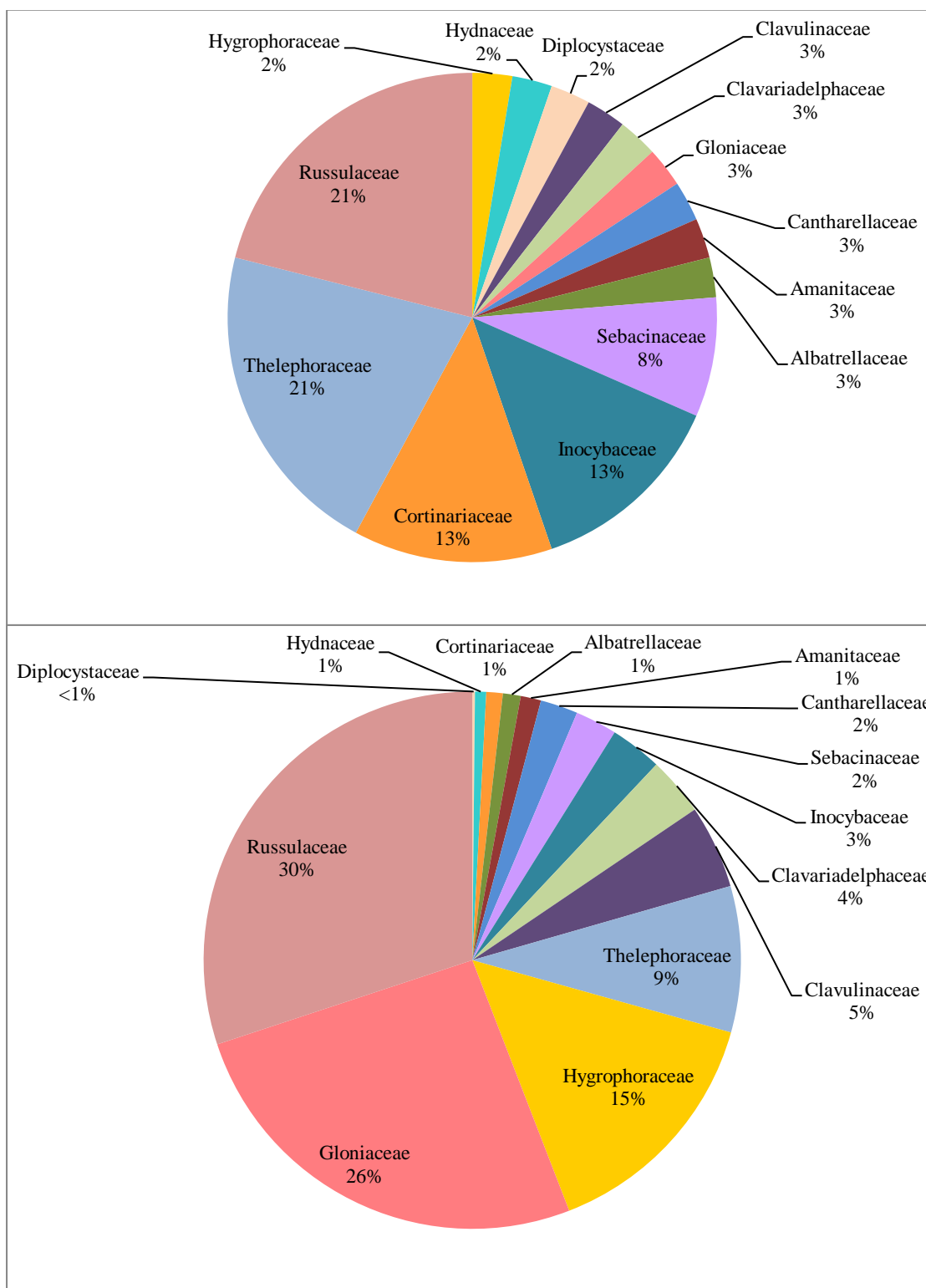
4.5 SESTAVA IN STRUKTURA ZDRUŽBE EKTOMIKORIZNIH GLIV

Med 38 tipi ECM oz. vrstami ECM gliv, ki smo jih našli na drobnih koreninah bukve na ploskvi Abitanti, so prevladovale bazidiomicete, saj so askomicete bile zastopane samo z vrsto *Cenococcum geophilum*. Vrste ECM gliv so pripadale 14 družinam in 15 rodovom. Taksonomski podatki o najdenih vrstah so zbrani v Preglednici 2, surovi podatki o njihovem pojavljanju in številčnosti pa v Prilogi B.

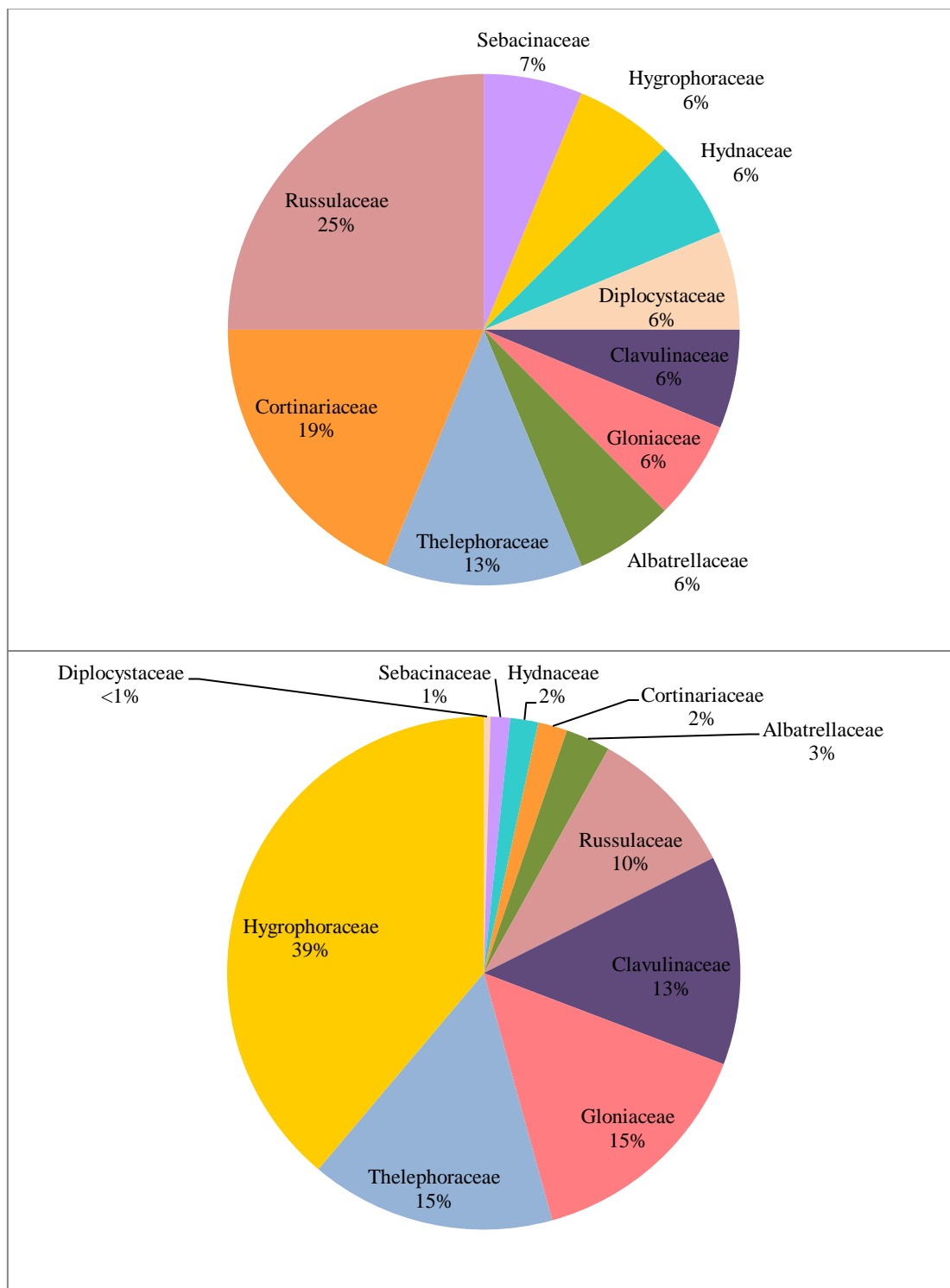
Na ploskvi Abitanti sta bili po številu vrst ECM gliv najštevilčnejši družini Russulaceae in Thelephoraceae, ki sta skupaj zavzemali 42 % vseh VEK korenin (Slika 10, zgoraj). Ostale po številu vrst bogate družine so bile Cortinariaceae, Inocybaceae in Sebacinaceae. Najštevilčnejša družina po številu korenin je bila Russulaceae, sledile so ji Gloniaceae, Hygrophoraceae in Thelephoraceae (Slika 10, spodaj). Od vseh najdenih družin jih je 24 % (9 družin) bilo zastopanih samo z eno vrsto.

Analiza pojavljanja vrst glede na razvojno fazo sestoja in letnega časa je pokazala, da smo večje število družin zabeležili v obeh letnih časih v odraslem sestoju kot v mladju. Poleg tega smo več družin našli v obeh sestojih spomladi kot pa jeseni. V OP smo našli 10 družin, od katerih je bila po številu vrst najbolj številčna družina Russulaceae (25 %), po številu korenin pa Hygrophoraceae (39 %) (Slika 11). V MP smo zabeležili 8 družin, med katerimi sta po številu vrst prevladovali Russulaceae in Thelephoraceae, ki sta skupaj zavzemali 53 %, po številu korenin pa je bila najbolj številčna Russulaceae s 43 % (Slika 12). V OJ smo našli 5 družin, ki so bile po številu vrst enako zastopane, po številu korenin pa je prevladovala družina Russulaceae (53 %) (Slika 13). V MJ smo našli tri družine, kjer je po številu vrst prevladovala Russulaceae (50 %), po številu korenin pa Gloniaceae (69 %) (Slika 14).

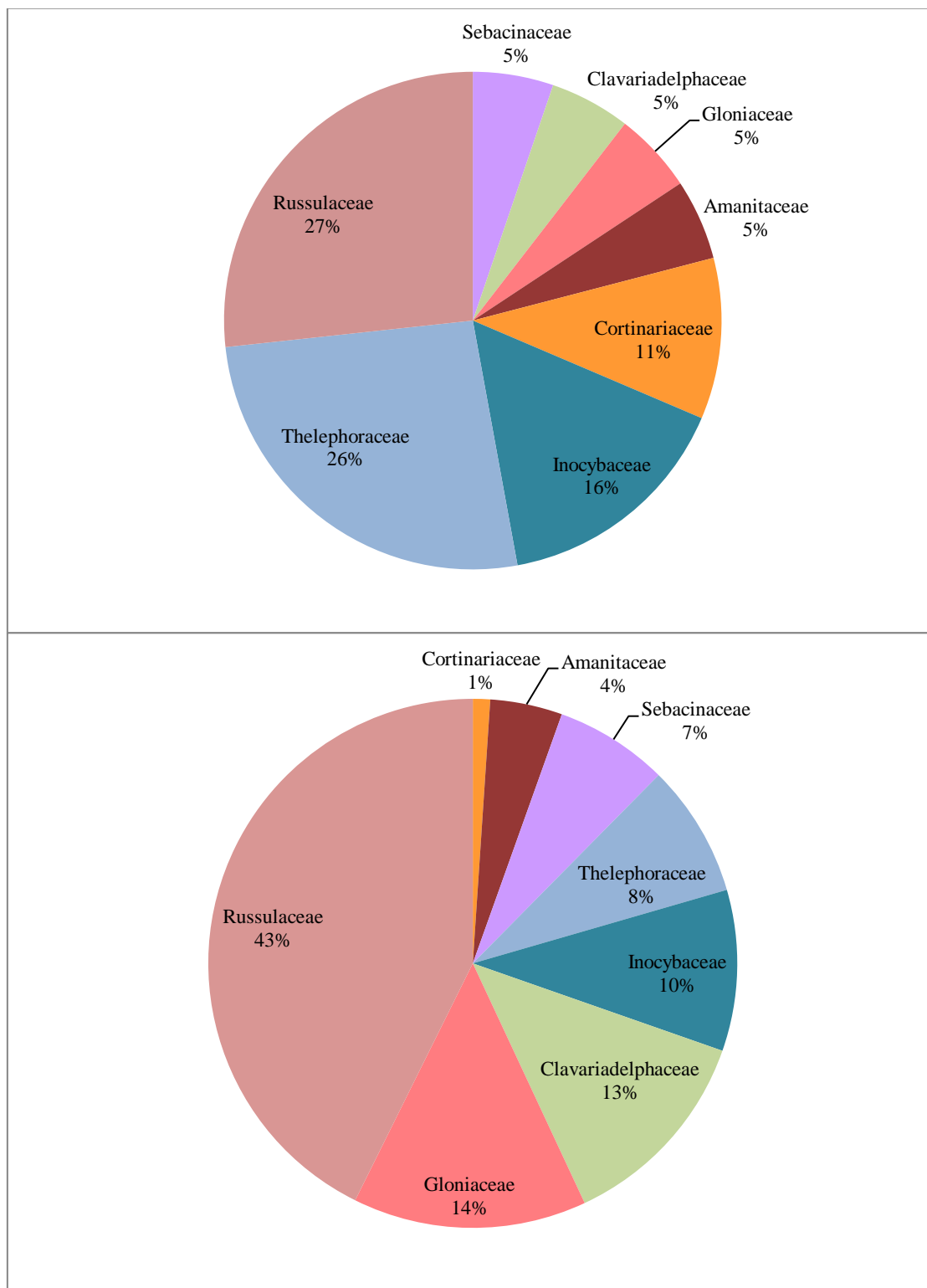
Predstavnike družin Gloniaceae in Russulaceae smo našli v obeh sestojih ne glede na letni čas. Inocybaceae so se pojavile samo v mladju, tako spomladi kot jeseni. Cortinariaceae smo našli v obeh sestojih, a samo spomladi. Hygrophoraceae, Clavulinaceae, Albatrellaceae, Hydnaceae in Diplocystaceae so se pojavile samo v OP, Amanitaceae in Clavariadelphaceae samo v MP, Cantharellaceae pa so bile prisotne samo v OJ. V MJ nismo našli družin Thelephoraceae in Sebacinaceae.



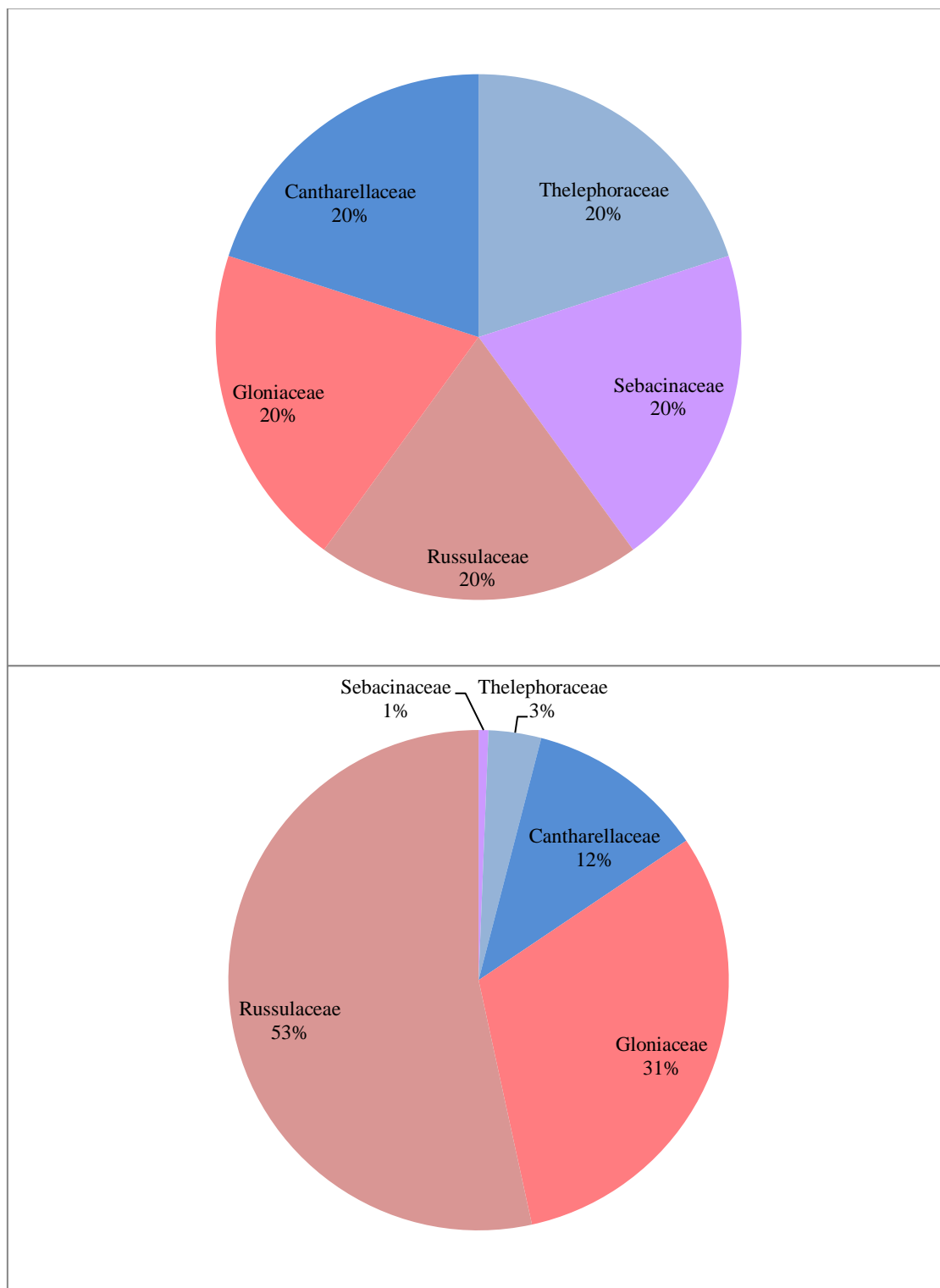
Slika 10: Zastopanost družin ECM gliv na drobnih koreninah bukve na ploskvi Abitanti. Zastopanost je podana kot relativni delež (%), izračunan na podlagi: števila vrst ECM gliv, ki so pripadale posamezni družini, glede na število vseh najdenih vrst ECM gliv na ploskvi (zgoraj); ter na podlagi števila vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK), ki jih je zasedala posamezna družina ECM gliv, glede na število vseh povzročenih VEK na ploskvi (spodaj).



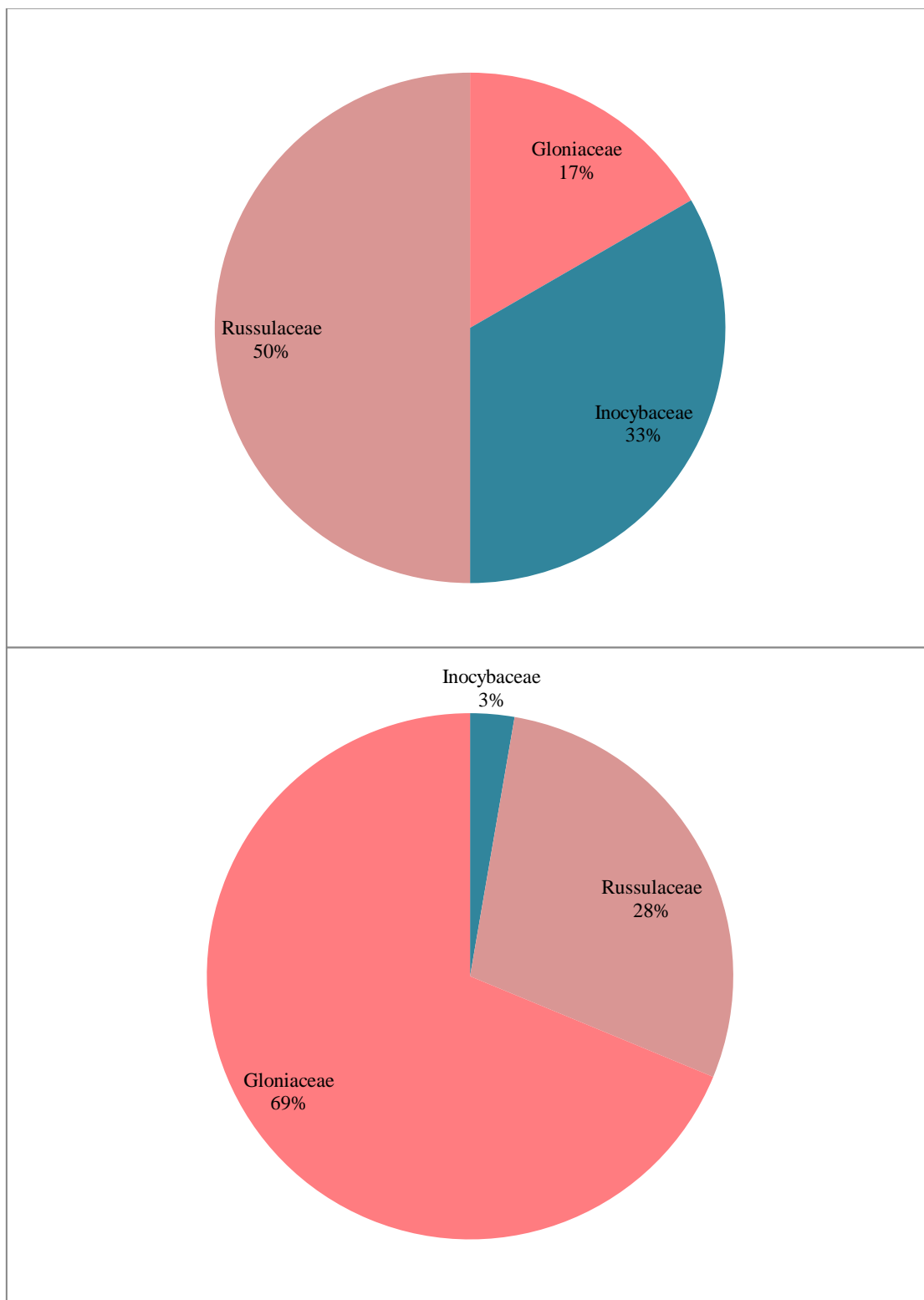
Slika 11: Zastopanost družin ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategoriji OP (= odrasel sestoj-pomlad). Zastopanost je podana kot relativni delež (%), izračunan na podlagi: števila vrst ECM gliv, ki so pripadale posamezni družini, glede na število vseh najdenih vrst ECM gliv v kategoriji (zgoraj); ter na podlagi števila vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK), ki jih je zasedala posamezna družina ECM gliv, glede na število vseh povzorčenih VEK v kategoriji (spodaj).



Slika 12: Zastopanost družin ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategoriji MP (= mladje-pomlad). Zastopanost je podana kot relativni delež (%), izračunan na podlagi: števila vrst ECM gliv, ki so pripadale posamezni družini, glede na število vseh najdenih vrst ECM gliv v kategoriji (zgoraj); ter na podlagi števila vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK), ki jih je zasedala posamezna družina ECM gliv, glede na število vseh povzorčenih VEK v kategoriji (spodaj).



Slika 13: Zastopanost družin ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategoriji OJ (= odrasel sestoj- jesen). Zastopanost je podana kot relativni delež (%), izračunan na podlagi: števila vrst ECM gliv, ki so pripadale posamezni družini, glede na število vseh najdenih vrst ECM gliv v kategoriji (zgoraj); ter na podlagi števila vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK), ki jih je zasedala posamezna družina ECM gliv, glede na število vseh povzorčenih VEK v kategoriji (spodaj).

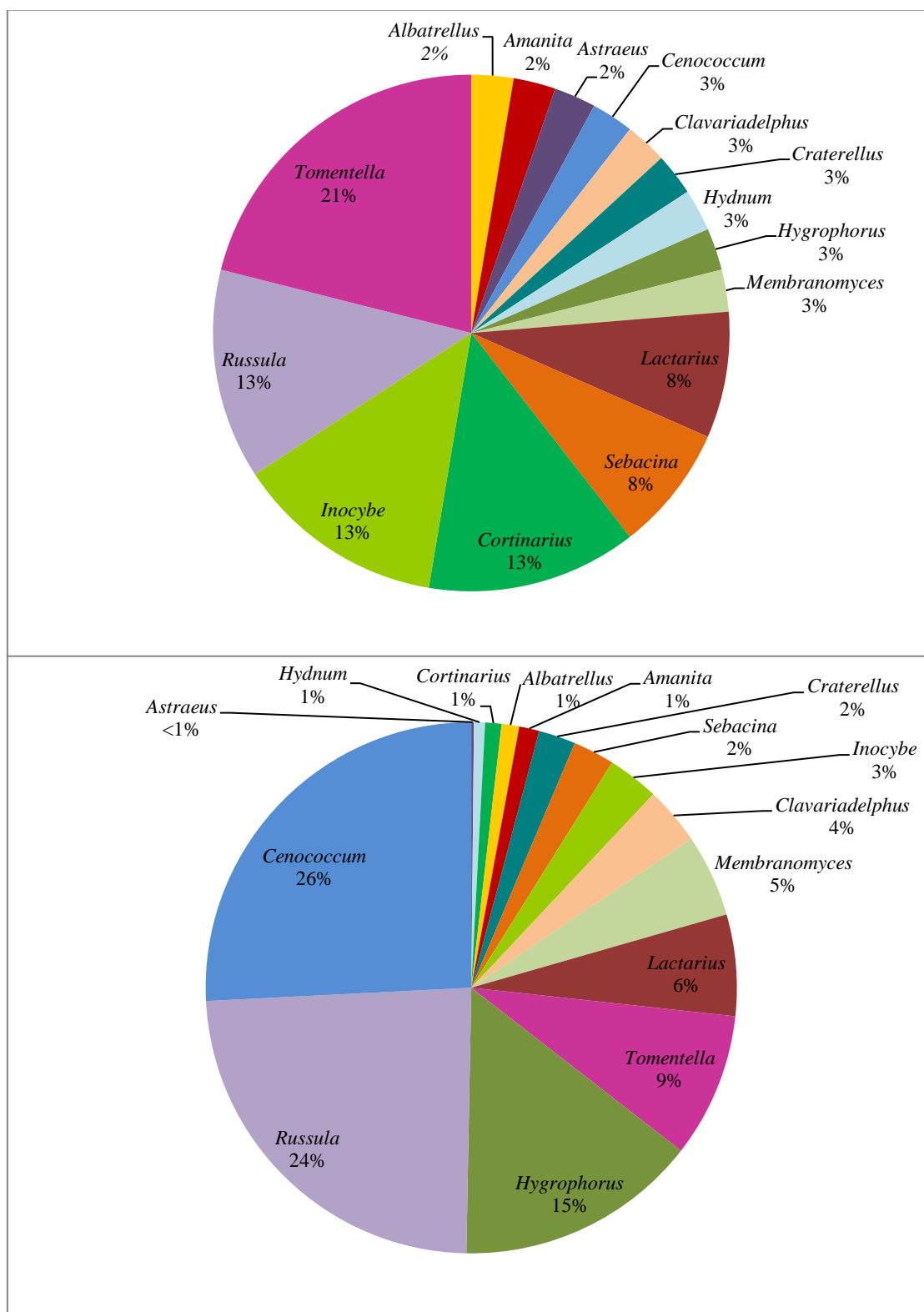


Slika 14: Zastopanost družin ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategoriji MJ (= mladje-jesen). Zastopanost je podana kot relativni delež (%), izračunan na podlagi: števila vrst ECM gliv, ki so pripadale posamezni družini, glede na število vseh najdenih vrst ECM gliv v kategoriji (zgoraj); ter na podlagi števila vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK), ki jih je zasedala posamezna družina ECM gliv, glede na število vseh povzorčenih VEK v kategoriji (spodaj).

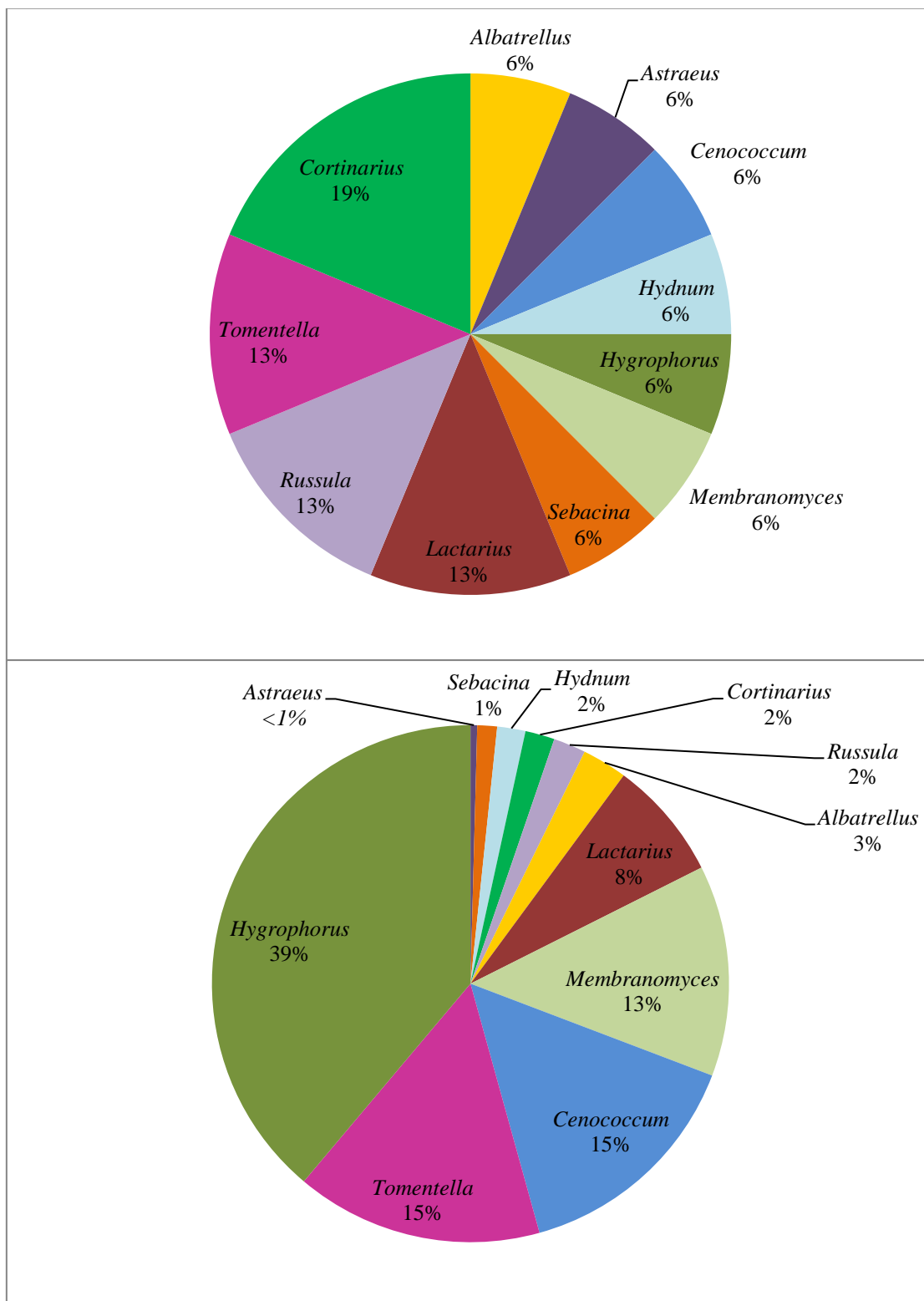
Najštevilčnejši rod po številu vrst ECM gliv na ECM koreninah bukve na ploskvi Abitanti, je bil rod *Tomentella*, ki je zavzemal 21 % vseh najdenih vrst, sledili so mu rodovi *Russula* (13 %), *Inocybe* (13 %), *Cortinarius* (13 %), *Sebacina* (8 %) in *Lactarius* (8 %) (Slika 15, zgoraj). Najštevilčnejša rodova po številu korenin pa sta bila *Cenococcum* in *Russula*, ki sta skupaj kolonizirala 50 % vseh VEK (Slika 15, spodaj).

Število različnih rodov je bilo v obeh sestojih večje spomladi kot jeseni, v obeh letnih časih pa je bilo večje v odraslem sestoju kot v mladju. V OP smo zabeležili 11 rodov, od katerih je po številu vrst dominiral rod *Cortinarius* (19 %), po številu korenin pa rod *Hygrophorus* (39 %) (Slika 16). V MP smo našli 9 rodov, od katerih je največ vrst zavzemal rod *Tomentella* (26 %), na koreninah pa je bil najštevilčnejši rod *Russula* (31 %) (Slika 17). V OJ smo našli 5 rodov, ki so bili po številu vrst enako zastopani, po številu korenin pa je prevladoval rod *Russula* (53 %) (Slika 18). V MJ smo našli 3 rodove, od katerih je 50 % vseh vrst zavzemal rod *Russula*, po številu korenin pa je dominiral rod *Cenococcum* (69 %) (Slika 19).

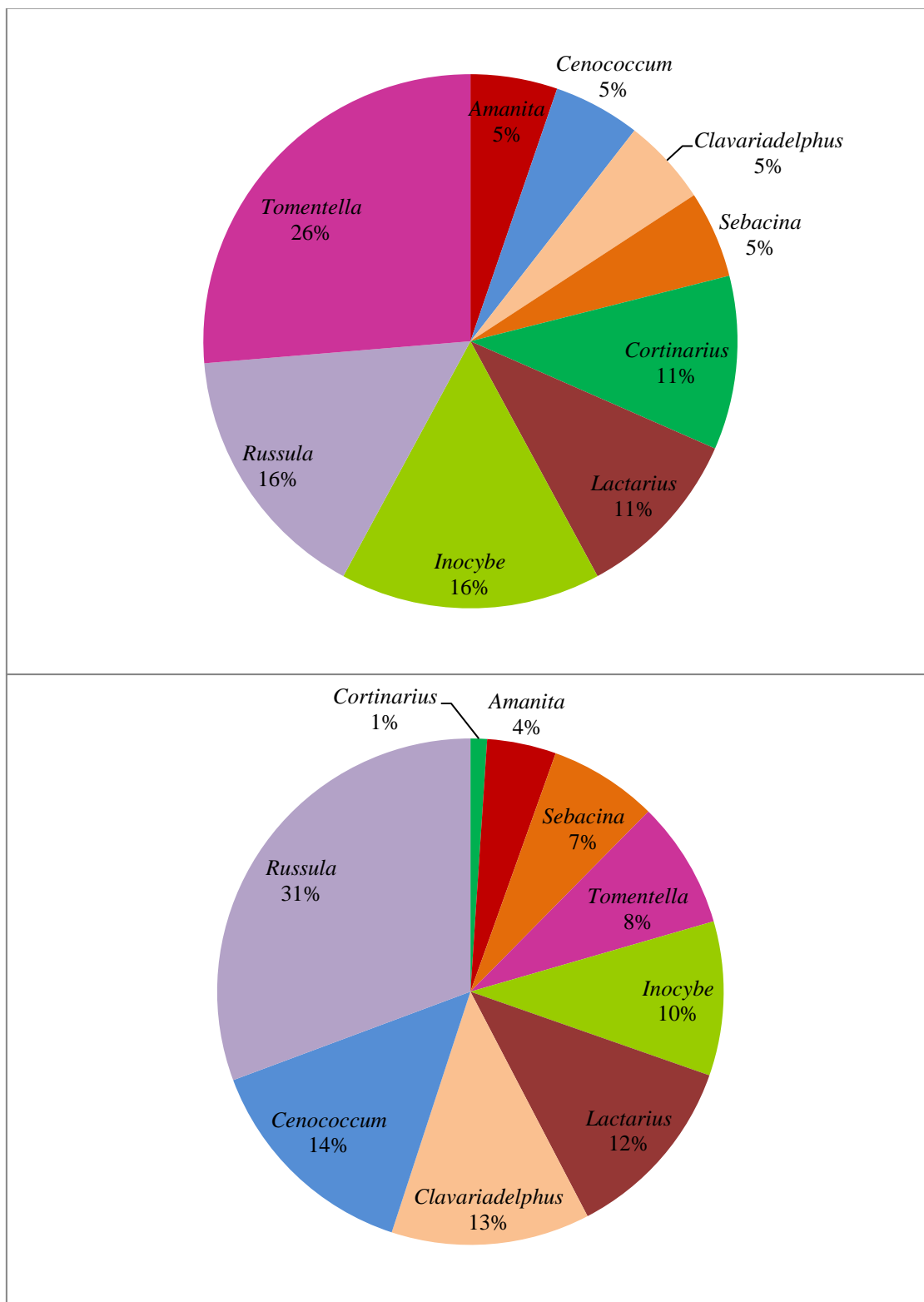
Rodova *Cenococcum* in *Russula* smo našli v obeh sestojih in obeh letnih časih. Rod *Inocybe* smo našli samo v mladju, in sicer v obeh letnih časih. Rodova *Cortinarius* in *Lactarius* smo našli samo spomladi, v obeh sestojih. Rodovi *Membranomyces*, *Hygrophorus*, *Hydnum*, *Astraeus* in *Albatrellus* so se pojavili samo v OP, rodova *Amanita* in *Clavariadelphus* samo v MP, rod *Craterellus* pa samo v OJ. Rodov *Sebacina* in *Tomentella* ni bilo v MJ.



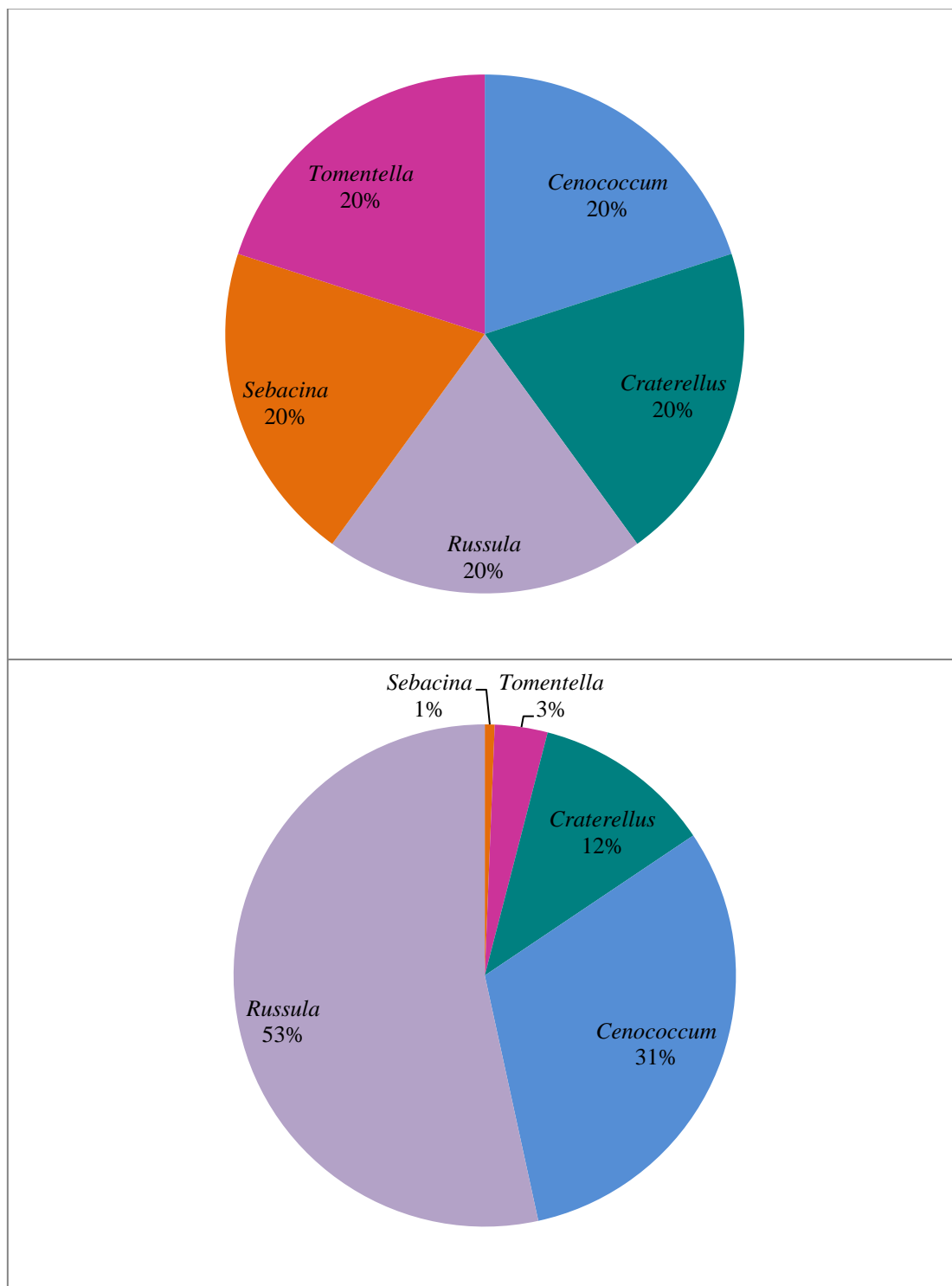
Slika 15: Zastopanost rodov ECM gliv na drobnih koreninah bukve na ploskvi Abitanti. Zastopanost je podana kot relativni delež (%), izračunan na podlagi: števila vrst ECM gliv, ki so pripadale posameznemu rodu, glede na število vseh najdenih vrst ECM gliv na ploskvi (zgoraj); ter na podlagi števila vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK), ki jih je zasedal posamezni rod ECM gliv, glede na število vseh povzorčenih VEK na ploskvi (spodaj).



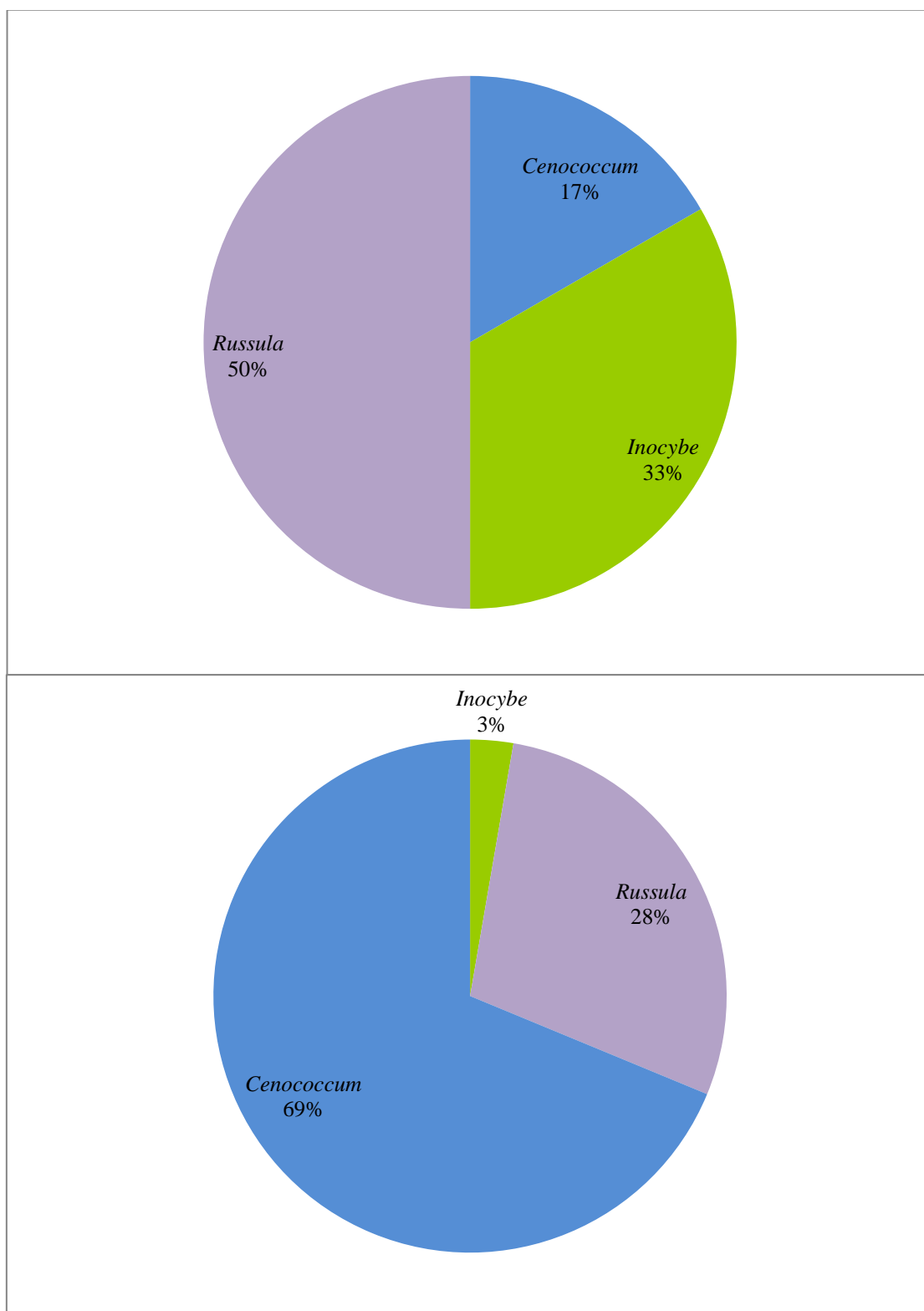
Slika 16: Zastopanost rodov ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategoriji OP (= odrasel sestoj-pomlad). Zastopanost je podana kot relativni delež (%), izračunan na podlagi: števila vrst ECM gliv, ki so pripadale posameznemu rodu, glede na število vseh najdenih vrst ECM gliv na ploskvi (zgoraj); ter na podlagi števila vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK), ki jih je zasedal posamezni rod ECM gliv, glede na število vseh povzorčenih VEK na ploskvi (spodaj).



Slika 17: Zastopanost rodov ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategoriji MP (= mladje-pomlad). Zastopanost je podana kot relativni delež (%), izračunan na podlagi: števila vrst ECM gliv, ki so pripadale posameznemu rodu, glede na število vseh najdenih vrst ECM gliv na ploskvi (zgoraj); ter na podlagi števila vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK), ki jih je zasedal posamezni rod ECM gliv, glede na število vseh povzorčenih VEK na ploskvi (spodaj).



Slika 18: Zastopanost rodov ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategoriji OJ (= odrasel sestoj-jesen). Zastopanost je podana kot relativni delež (%), izračunan na podlagi: števila vrst ECM gliv, ki so pripadale posameznemu rodu, glede na število vseh najdenih vrst ECM gliv na ploskvi (zgoraj); ter na podlagi števila vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK), ki jih je zasedal posamezni rod ECM gliv, glede na število vseh povzorčenih VEK na ploskvi (spodaj).

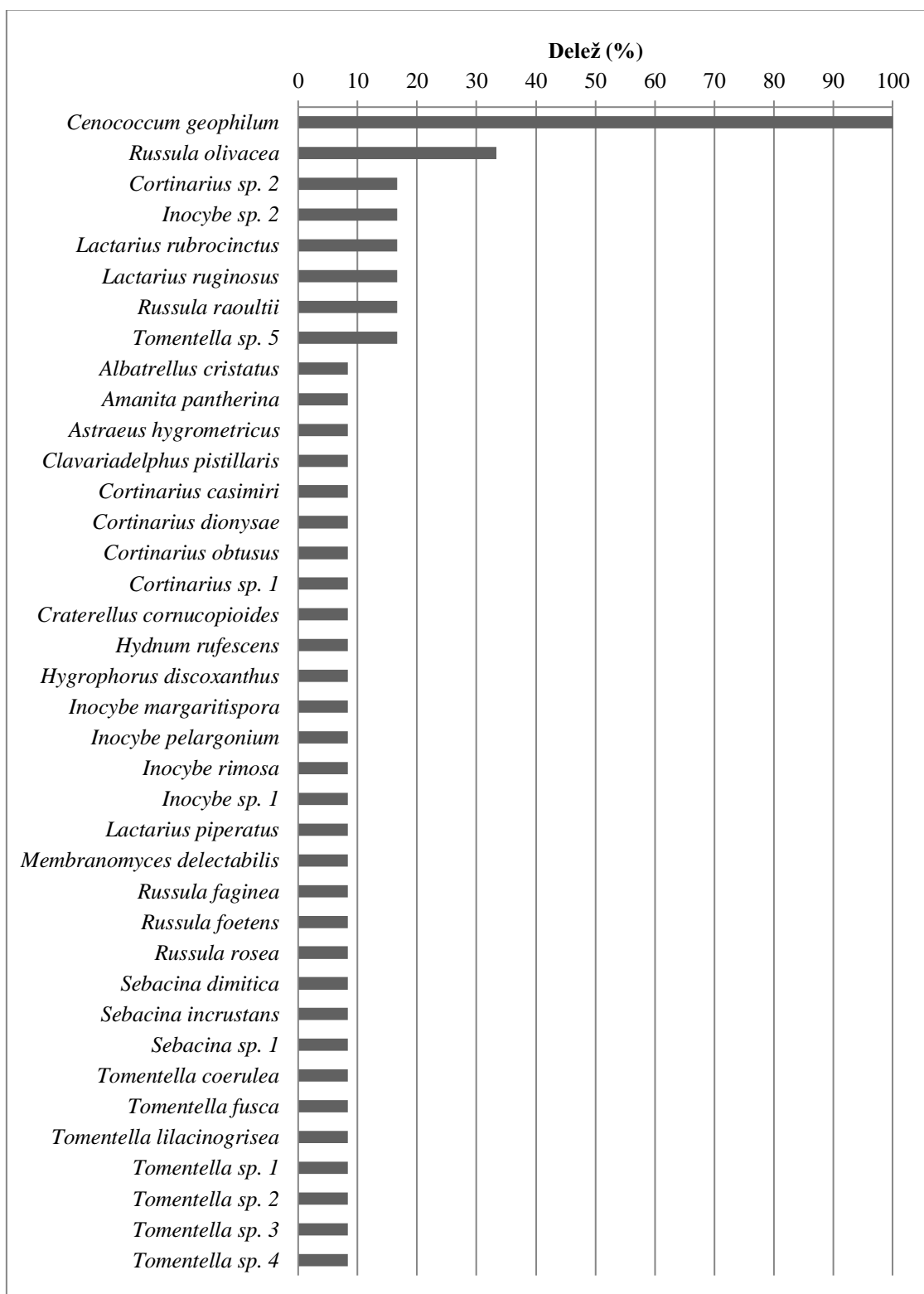


Slika 19: Zastopanost rodov ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategoriji MJ (= mladje-jesen). Zastopanost je podana kot relativni delež (%), izračunan na podlagi: števila vrst ECM gliv, ki so pripadale posameznemu rodu, glede na število vseh najdenih vrst ECM gliv na ploskvi (zgoraj); ter na podlagi števila vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK), ki jih je zasedal posamezni rod ECM gliv, glede na število vseh povzorčenih VEK na ploskvi (spodaj).

Analiza pojavljanja vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve na ploskvi Abitanti je pokazala, da so 79 % vseh najdenih vrst zavzemale enkratne vrste (= vrste, ki so se pojavile samo v enem vzorcu tal oz. vzorčni enoti) (Slika 20). Najpogostejša vrsta je bila *Cenococcum geophilum*, ki je bila najdena v vseh 12 vzetih vzorcih tal. Ostale pogoste vrste so bile *Russula olivacea*, ki je bila najdena v 33 % vzorčnih enot, ter vrste *Cortinarius* sp. 2, *Inocybe* sp. 2, *Lactarius rubrocinctus*, *Lactarius ruginosus*, *Russula raoultii* in *Tomentella* sp. 5. Po številčnosti so dominirale vrste *Cenococcum geophilum*, *Russula olivacea* in *Hygrophorus discoxanthus*, ki so skupaj kolonizirale 62 % vseh korenin (Slika 21).

Analiza kategorij OP, MP, OJ in MJ je pokazala, da je bila *C. geophilum* najpogostejša vrsta v vseh kategorijah (Slike 22–25, zgoraj). Ostale pogoste vrste so bile: *Cortinarius* sp. 2, *Lactarius rubrocinctus* in *Tomentella* sp. 5 v kategoriji MP (Slika 23, zgoraj) ter *Inocybe* sp. 2 v kategoriji MJ (Slika 25, zgoraj). Največ enkratnih vrst smo našli v OP, kjer so predstavljale 94 % vseh vrst.

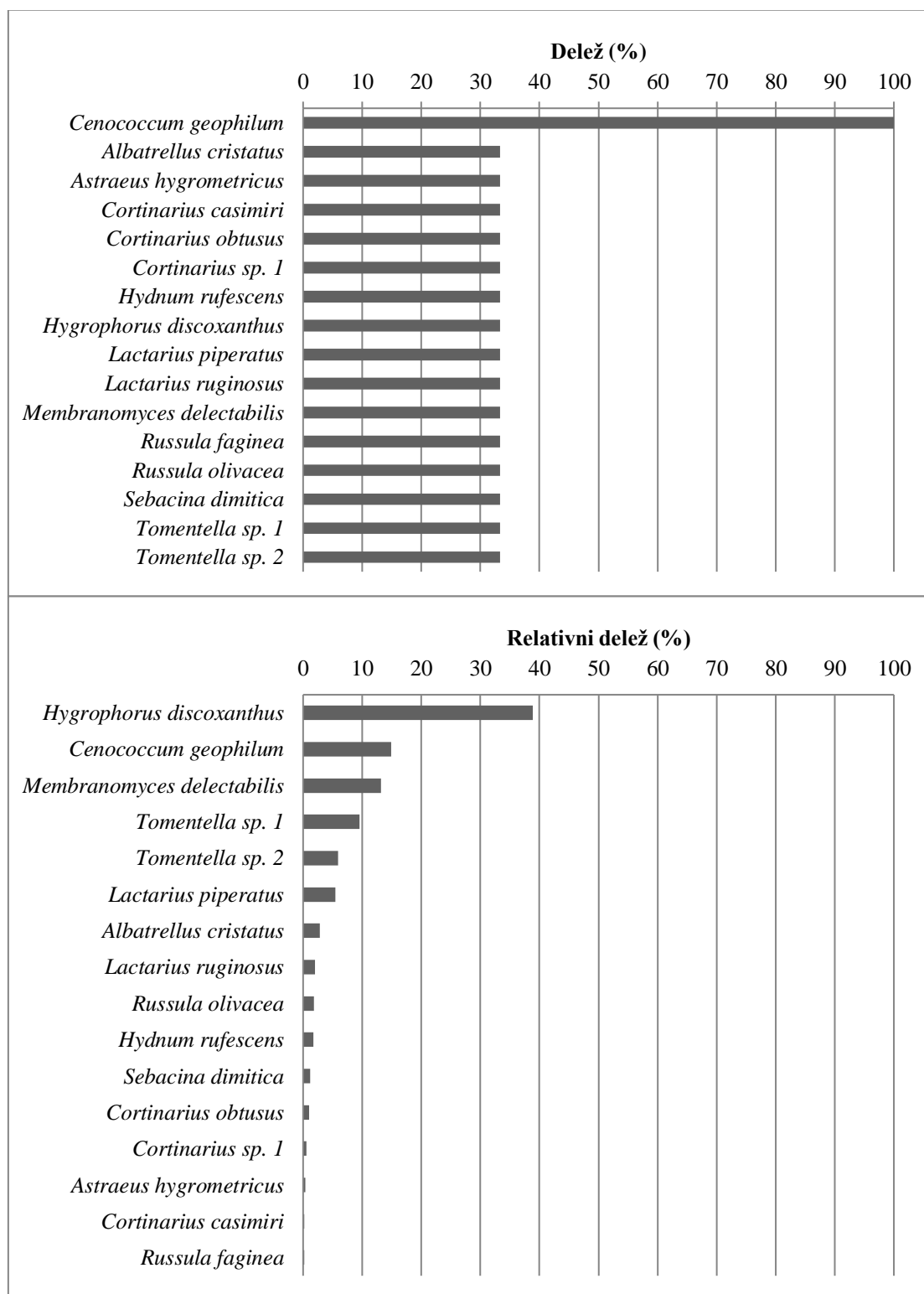
V OP je bila po številu VEK najštevilčnejša vrsta *Hygrophorus discoxanthus* (39 % vseh VEK korenin), ki je v drugih kategorijah nismo našli (Slika 22, spodaj). V MP je bila najštevilčnejša vrsta *Russula olivacea*, ki smo jo našli na 25 % korenin (Slika 23, spodaj). *R. olivacea* je bila najštevilčnejša tudi v OJ, kjer je zavzemala 53 % korenin (Slika 24, spodaj). V MJ je po številčnosti dominirala vrsta *Cenococcum geophilum*, ki je bila najdena na 69 % korenin (Slika 25, spodaj).



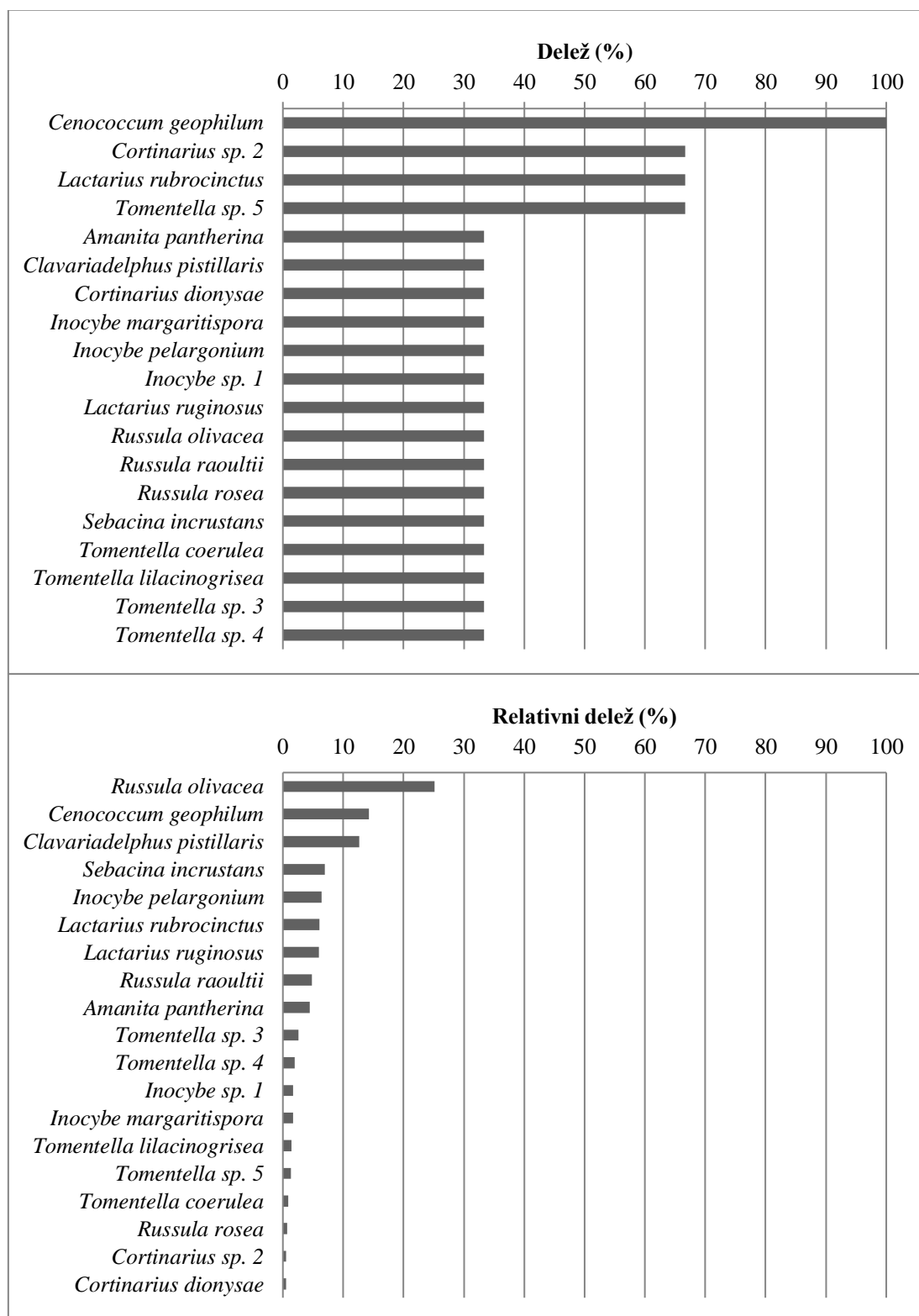
Slika 20: Pogostost vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve na ploskvi Abitanti. Pogostost vrste je podana kot delež (%) števila vzorčnih enot, v katerih se je vrsta pojavila, glede na število vseh vzorčnih enot.



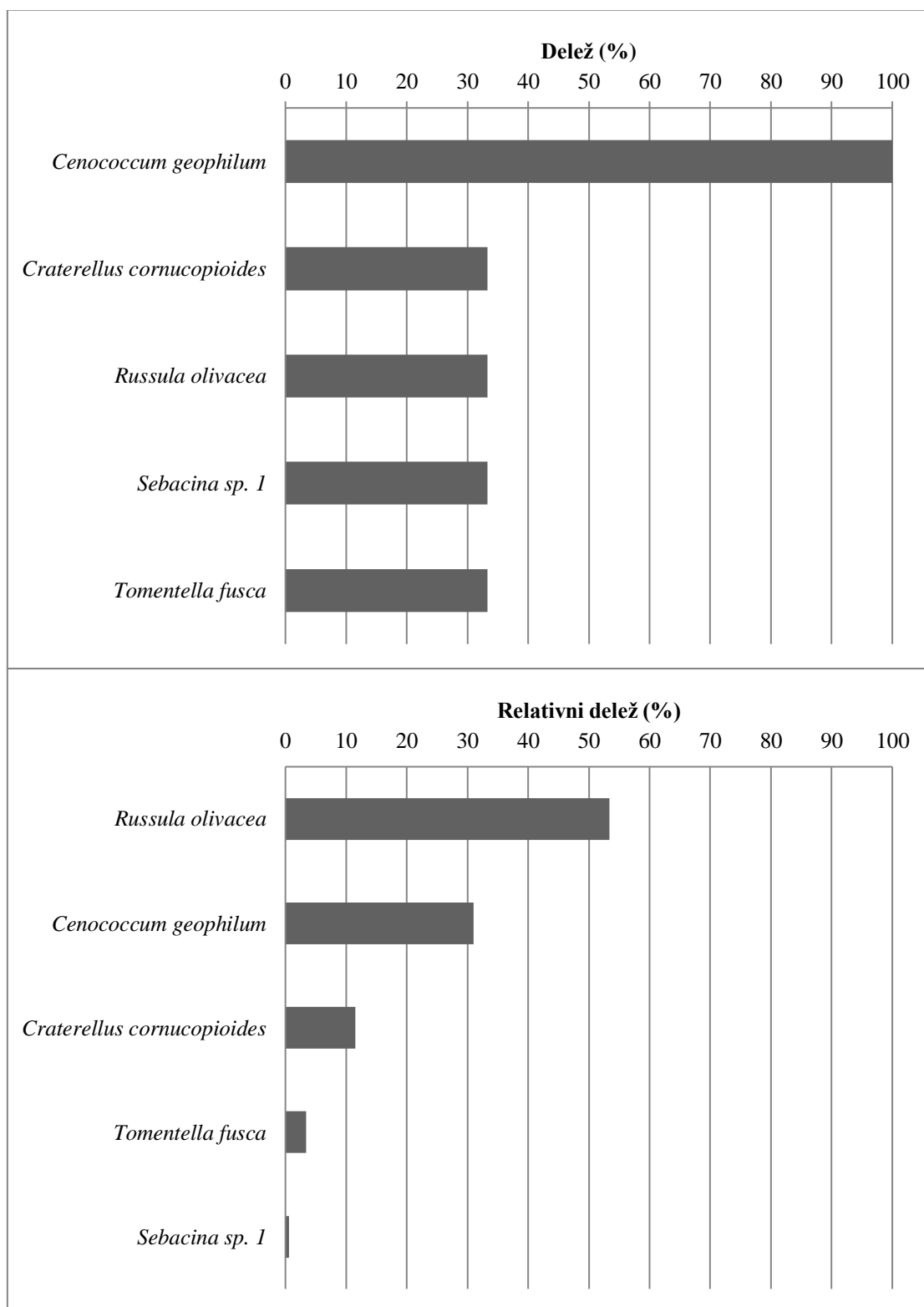
Slika 21: Številčnost vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve na ploskvi Abitanti. Številčnost vrste je podana kot relativni delež (%) števila vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK) z dano vrsto ECM glive glede na število vseh povzorčenih VEK na ploskvi.



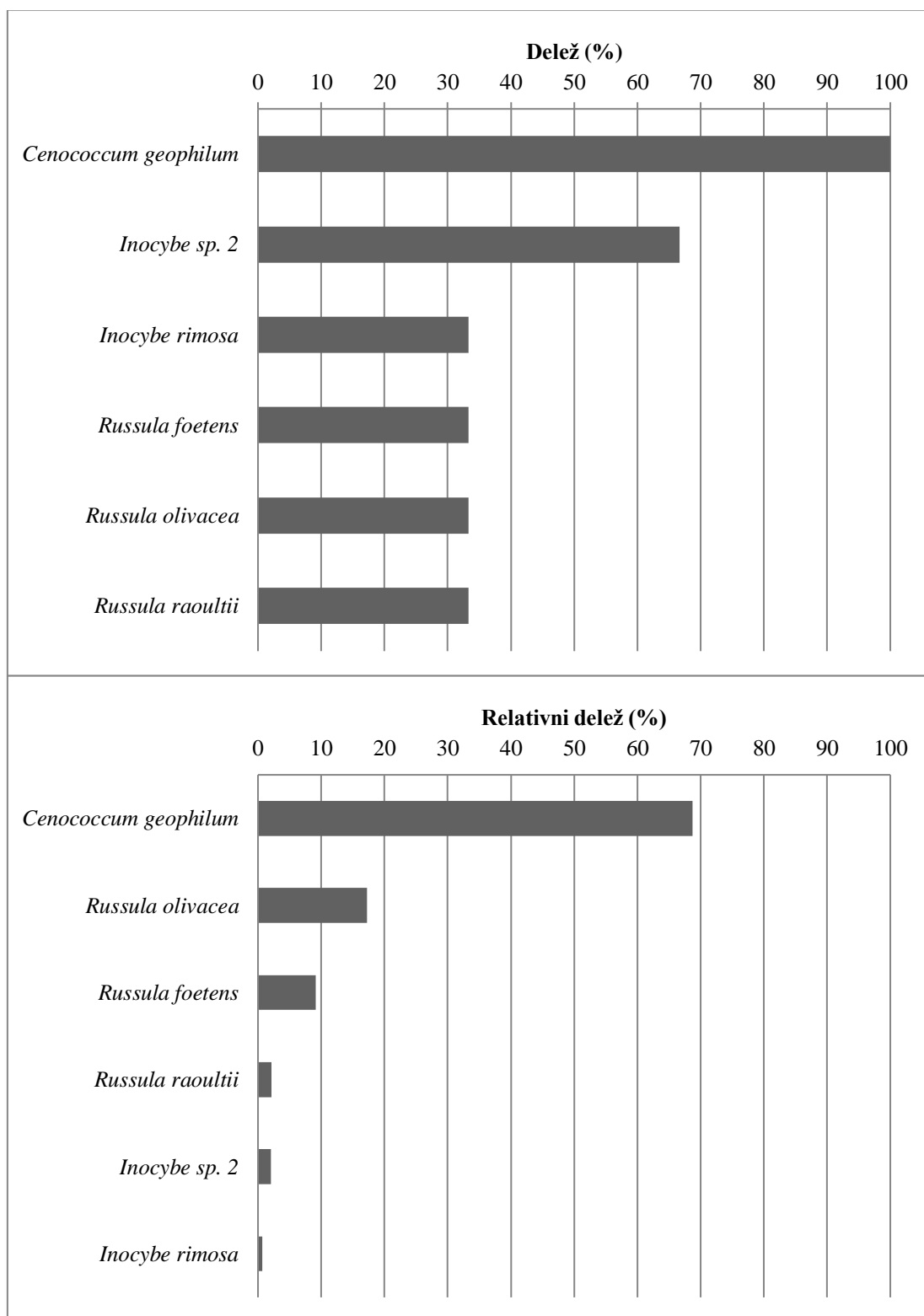
Slika 22: Pogostost (zgoraj) in številčnost (spodaj) vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategoriji OP (= odrasel sestoj-pomlad). Pogostost vrste je podana kot delež (%) števila vzorčnih enot, v katerih se je posamezna vrsta pojavila, glede na število vseh vzorčnih enot v kategoriji. Številčnost vrste je podana kot relativni delež (%) števila vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK) z dano vrsto ECM glive glede na število vseh povzorčenih VEK v kategoriji.



Slika 23: Pogostost (zgoraj) in številčnost (spodaj) vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategoriji MP (= mladje-pomlad). Pogostost vrste je podana kot delež (%) števila vzorčnih enot, v katerih se je posamezna vrsta pojavila, glede na število vseh vzorčnih enot v kategoriji. Številčnost vrste je podana kot relativni delež (%) števila vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK) z dano vrsto ECM glive glede na število vseh povzorčenih VEK v kategoriji.

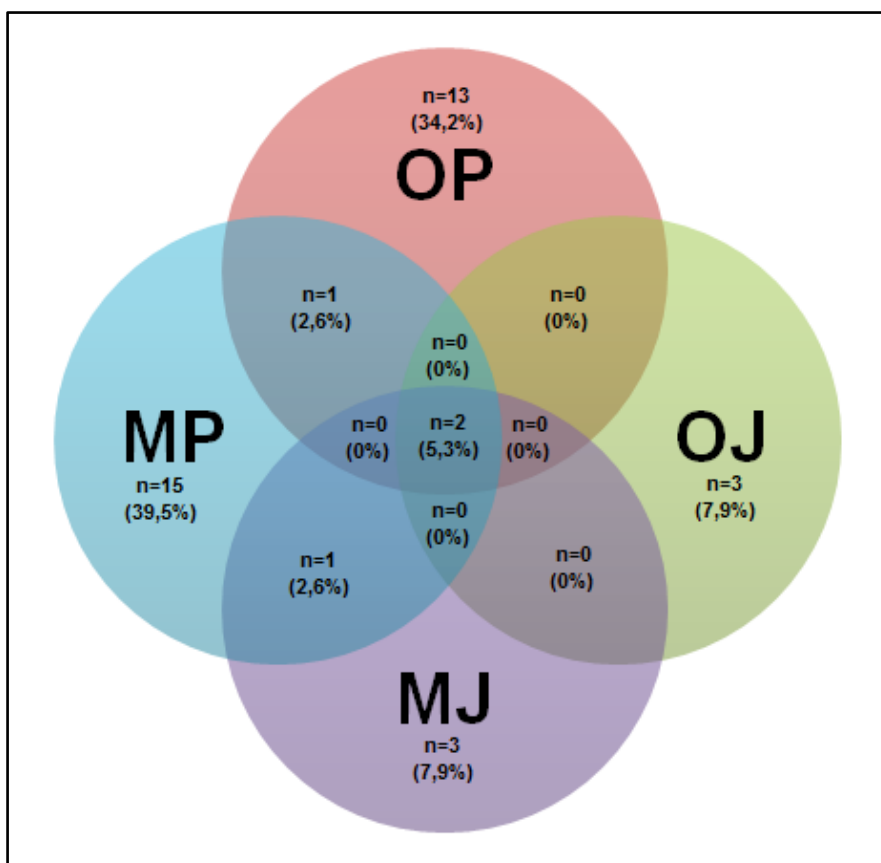


Slika 24: Pogostost (zgoraj) in številčnost (spodaj) vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategoriji OJ (= odrasel sestoj-jesen). Pogostost vrste je podana kot delež (%) števila vzorčnih enot, v katerih se je posamezna vrsta pojavila, glede na število vseh vzorčnih enot v kategoriji. Številčnost vrste je podana kot relativni delež (%) števila vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK) z dano vrsto ECM glive glede na število vseh povzorčenih VEK v kategoriji.



Slika 25: Pogostost (zgoraj) in številčnost (spodaj) vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategoriji MJ (= mladje-jesen). Pogostost vrste je podana kot delež (%) števila vzorčnih enot, v katerih se je posamezna vrsta pojavila, glede na število vseh vzorčnih enot v kategoriji. Številčnost vrste je podana kot relativni delež (%) števila vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK) z dano vrsto ECM glive glede na število vseh povzorčenih VEK v kategoriji.

Za boljši pregled, kako so se vrste razporejale po kategorijah, smo pojavljanje vrst prikazali z uporabo Vennovega diagrama (Slika 26) in seriacije (Preglednica 3). Od vseh 38 najdenih vrst ECM gliv na ploskvi Abitanti smo samo dve vrsti (5,3 % vseh vrst) našli v vseh štirih kategorijah, to je ne glede na letni čas in starost sestoja, in sicer vrsti *Cenococcum geophilum* in *Russula olivacea*. Poleg teh dveh vrst sta si oba sestoja spomladi delila vrsto *Lactarius ruginosus*, jeseni pa nobene dodatne vrste. V mladju je bila tako spomladi kot jeseni prisotna vrsta *Russula raoultii*.

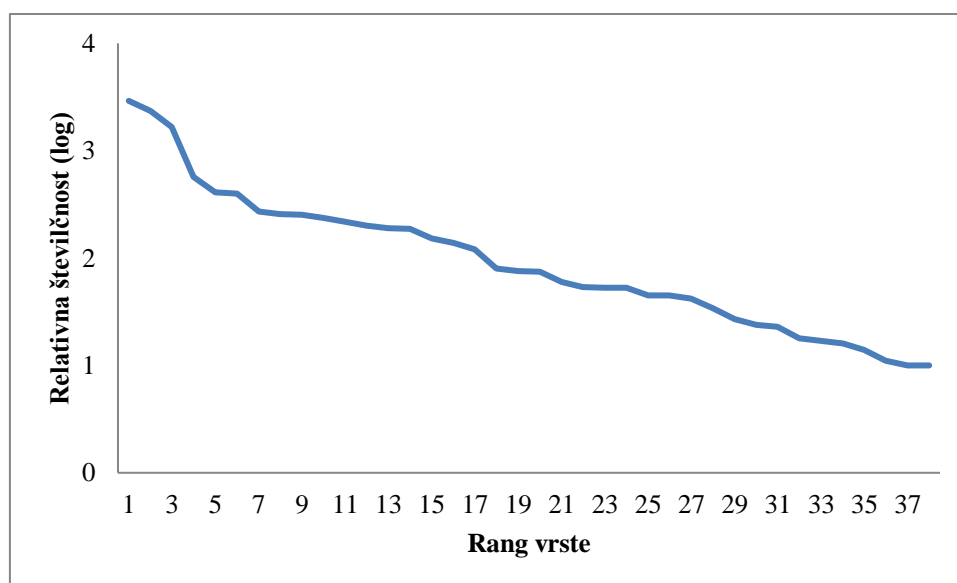


Slika 26: Vennov diagram pojavljanja vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategorijah OP, MP, OJ in MJ. Podano je število najdenih vrst (n) in njihov relativni delež (%) glede na število vrst v vseh kategorijah skupaj (= 38 vrst). V poljih, ki se prekrivajo, je podano število in relativni delež vrst, ki so si jih določene kategorije delile. OP = odrasel sesto-pomlad; MP = mladje-pomlad; OJ = odrasel sesto-jesen; MJ = mladje-jesen.

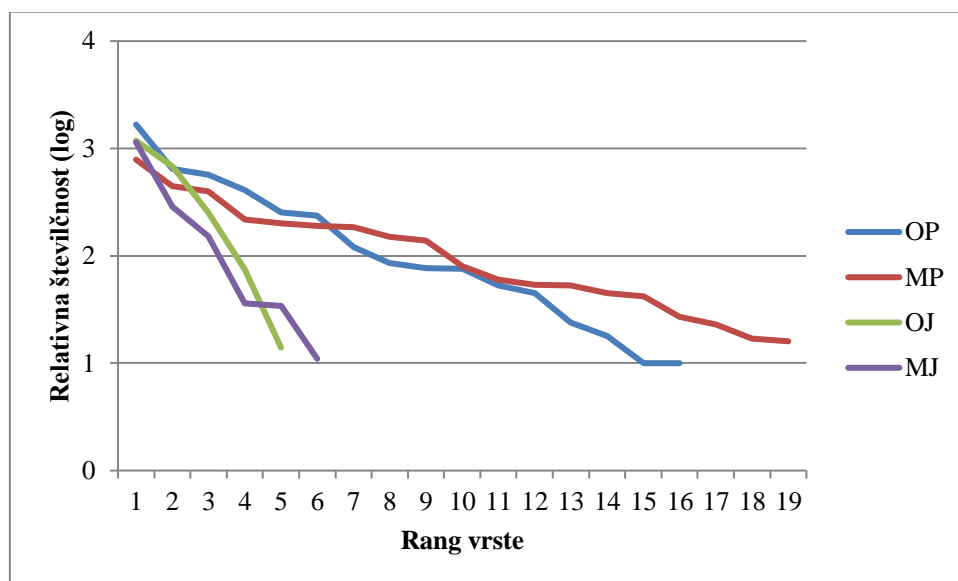
Preglednica 3: Pojavljanje vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategorijah OP, MP, OJ in MJ. Potemnjeno polje označuje prisotnost vrste v dani kategoriji. OP = odrasel sestoj-pomlad; MP = mladje-pomlad; OJ = odrasel sestoj-jesen; MJ = mladje-jesen.

Tip ECM oz. vrsta glive	OP	MP	OJ	MJ
<i>Albatrellus cristatus</i>				
<i>Astraeus hygrometricus</i>				
<i>Cortinarius casimiri</i>				
<i>Cortinarius obtusus</i>				
<i>Cortinarius</i> sp. 1				
<i>Hydnum rufescens</i>				
<i>Hygrophorus discoxanthus</i>				
<i>Lactarius piperatus</i>				
<i>Membranomyces delectabilis</i>				
<i>Russula faginea</i>				
<i>Sebacina dimitica</i>				
<i>Tomentella</i> sp. 1				
<i>Tomentella</i> sp. 2				
<i>Lactarius ruginosus</i>				
<i>Amanita pantherina</i>				
<i>Clavariadelphus pistillaris</i>				
<i>Cortinarius dionysae</i>				
<i>Cortinarius</i> sp. 2				
<i>Inocybe margaritispora</i>				
<i>Inocybe pelargonium</i>				
<i>Inocybe</i> sp. 1				
<i>Lactarius rubrocinctus</i>				
<i>Russula rosea</i>				
<i>Sebacina incrustans</i>				
<i>Tomentella coerulea</i>				
<i>Tomentella lilacinogrisea</i>				
<i>Tomentella</i> sp. 3				
<i>Tomentella</i> sp. 4				
<i>Tomentella</i> sp. 5				
<i>Cenococcum geophilum</i>				
<i>Russula olivacea</i>				
<i>Craterellus cornucopioides</i>				
<i>Sebacina</i> sp. 1				
<i>Russula raoultii</i>				
<i>Tomentella fusca</i>				
<i>Inocybe rimosa</i>				
<i>Inocybe</i> sp. 2				
<i>Russula foetens</i>				

Da bi proučili strukturo združbe, ECM gliv, smo podatke o relativni številčnosti vrst najdenih ECM gliv z uporabo testa skladnosti primerjali s teoretičnimi modeli porazdelitve relativne številčnosti vrst. Ničelna hipoteza testa skladnosti je predvidevala, da naši podatki ne odstopajo od teoretičnega modela porazdelitve oziroma se z njim ujemajo. Test skladnosti je pokazal, da so se podatki o relativni številčnosti vrst za celotno ploskev najbolj ujemali z logaritemsko normalno porazdelitvijo (hi-kvadrat test; $\chi^2 = 5,54$; $p = 0,35$; Slika 27). Logaritemski normalni porazdelitvi so se prilegali tudi podatki o relativni številčnosti vrst za OP (hi-kvadrat test; $\chi^2 = 1,24$; $p = 0,54$) in MP (hi-kvadrat test; $\chi^2 = 5,94$; $p = 0,11$). Podatkov o relativni številčnosti vrst za kategorije OJ in MJ nismo mogli primerjati z logaritemsko normalno porazdelitvijo, saj je bilo število podatkov premajhno, primerjava z nekaterimi drugimi teoretičnimi modeli porazdelitve pa je pokazala, da so naši podatki še najbližje geometrični porazdelitvi, vendar so se značilno razlikovali od vseh teoretičnih modelov porazdelitve. Na vzorce porazdelitve relativne številčnosti vrst je vplival predvsem letni čas, saj sta si bili bolj podobni porazdelitvi v obeh razvojnih fazah v istem letnem času, kot pa porazdelitvi v obeh letnih časih v isti razvojni fazi sestoja (Slika 28).

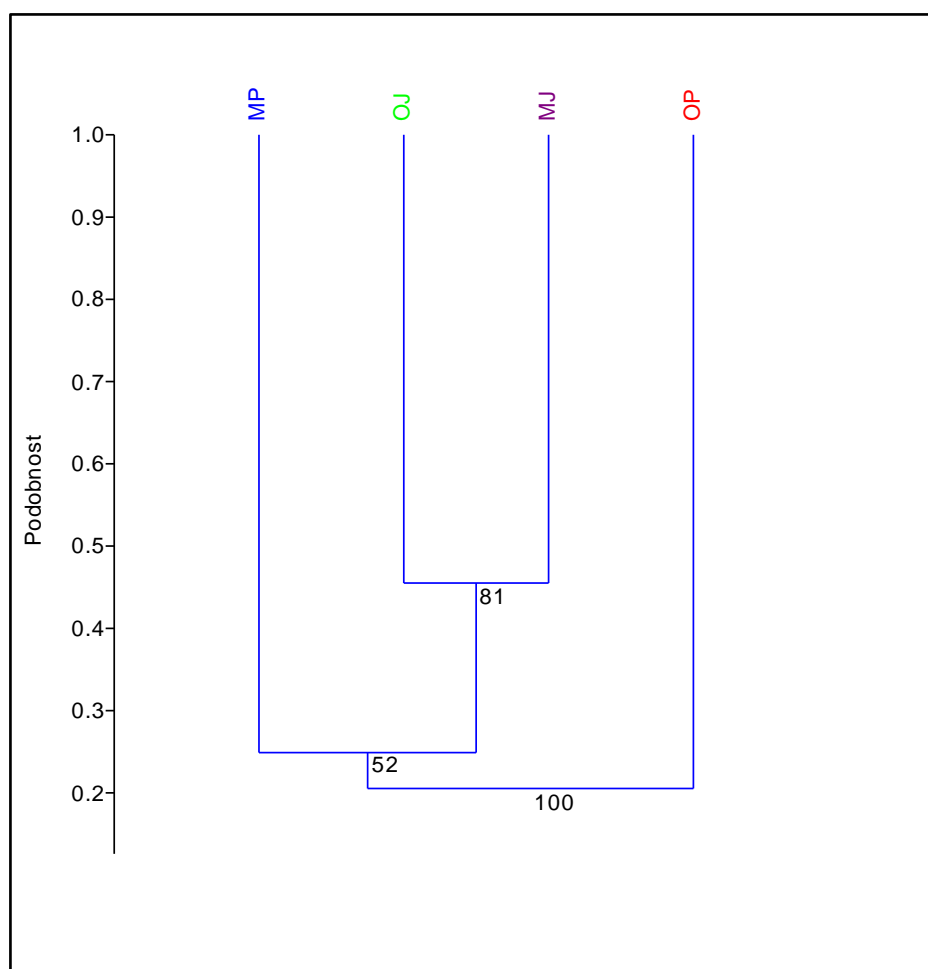


Slika 27: Krivulja relativne številčnosti vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve na ploskvi Abitanti. Podane so logaritmirane vrednosti relativne številčnosti. Vrste so rangirane od najbolj do najmanj številčne.



Slika 28: Krivulja relativne številčnosti vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategorijah OP, MP, OJ in MJ. Podane so logaritmirane vrednosti relativne številčnosti. Vrste so rangirane od najbolj do najmanj številčne. OP = odrasel sestoj-pomlad; MP = mladje-pomlad; OJ = odrasel sestoj-jesen; MJ = mladje-jesen.

Da sta si bili bolj podobni obe razvojni fazi sestoja v istem letnem času kot pa oba letna časa v isti razvojni fazi sestoja, je pokazala tudi klastrska analiza podobnosti med kategorijami OP, MP, OJ in MJ (Slika 29). Rezultate klastrske analize je podprla analiza NPMANOVA, ki je pokazala, da je letni čas značilno vplival na sestavo in strukturo združbe ECM gliv (dvosmerna NPMANOVA; $F(1,8) = 16,32$; $p = 0,05$). Naknadne parne primerjave med kategorijami niso pokazale značilnih razlik. Vpliva razvojne faze na sestavo in strukturo združbe ECM gliv nismo ugotovili.

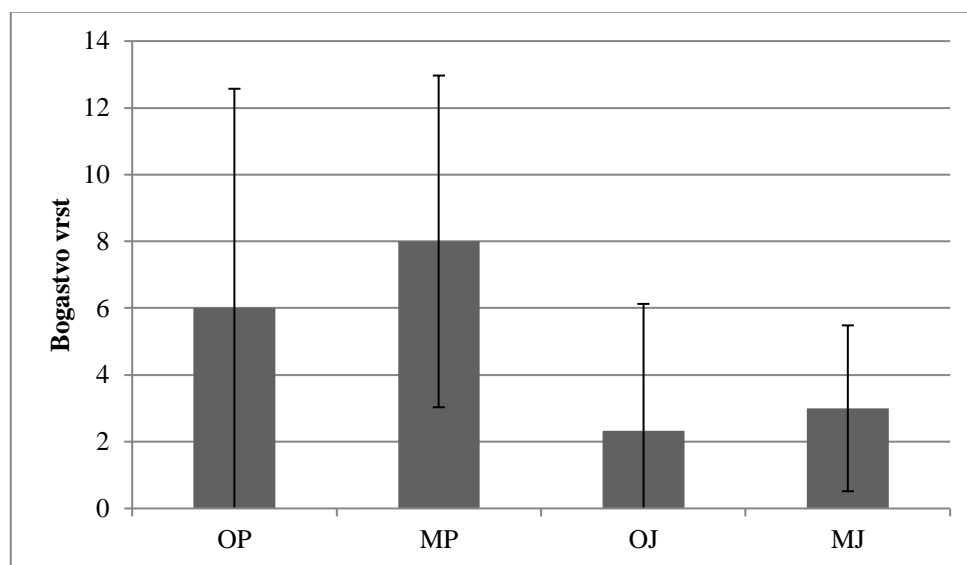


Slika 29: Dendrogram podobnosti v sestavi in strukturi združbe ECM gliv na drobnih koreninah bukve med kategorijami OP, MP, OJ in MJ. Podan je delež podobnosti, izračunan na podlagi Bray-Curtisove mere podobnosti. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 9999 ponovitev. OP = odrasel sestoj-pomlad; MP = mladje-pomlad; OJ = odrasel sestoj-jesen; MJ = mladje-jesen.

4.6 VREDNOTENJE PESTROSTI ZDRUŽBE EKTOMIKORIZNIH GLIV

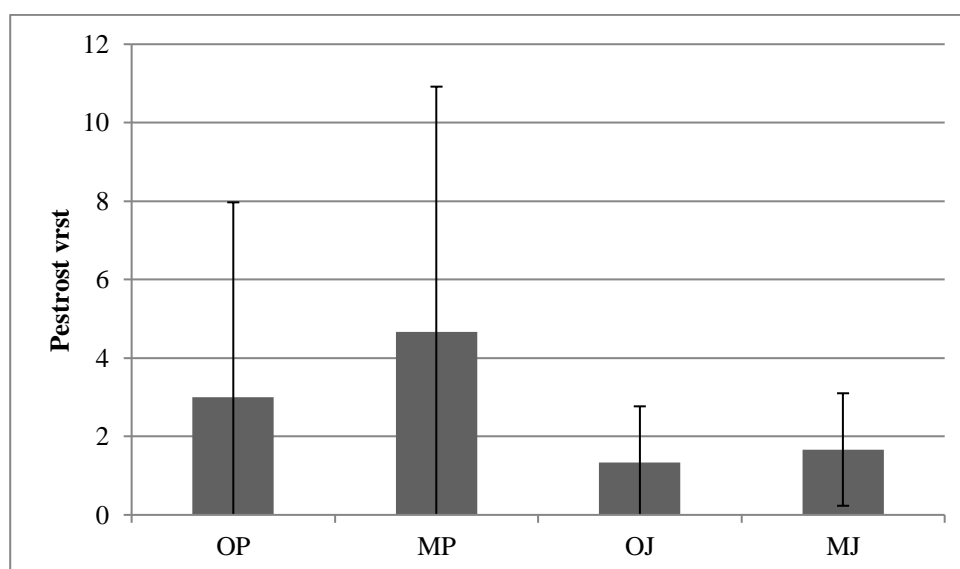
Za ugotavljanje vpliva obeh dejavnikov (razvojne faze sestoja in letnega časa) na bogastvo, pestrost in izenačenost vrst ECM gliv smo uporabili dvosmerno analizo variance (ANOVA).

Ugotovili smo, da je letni čas značilno vplival na bogastvo vrst (dvosmerna ANOVA; $F(1,8) = 15,72$; $p = 0,004$; Slika 30). Povprečno bogastvo vrst je bilo večje v MP ($8,0 \pm 4,9$) kot v MJ ($3,0 \pm 2,5$; $t = 3,87$, $p = 0,018$, dvostranski t-test). Večje je bilo tudi v OP kot v OJ, vendar razlika ni bila značilna. Značilnega vpliva razvojne faze na bogastvo vrst nismo ugotovili, kljub temu da smo opazili večje bogastvo v obeh letnih časih v mladju. Interakcije med dejavnikoma (razvojno fazo in letnim časom) nismo zaznali.



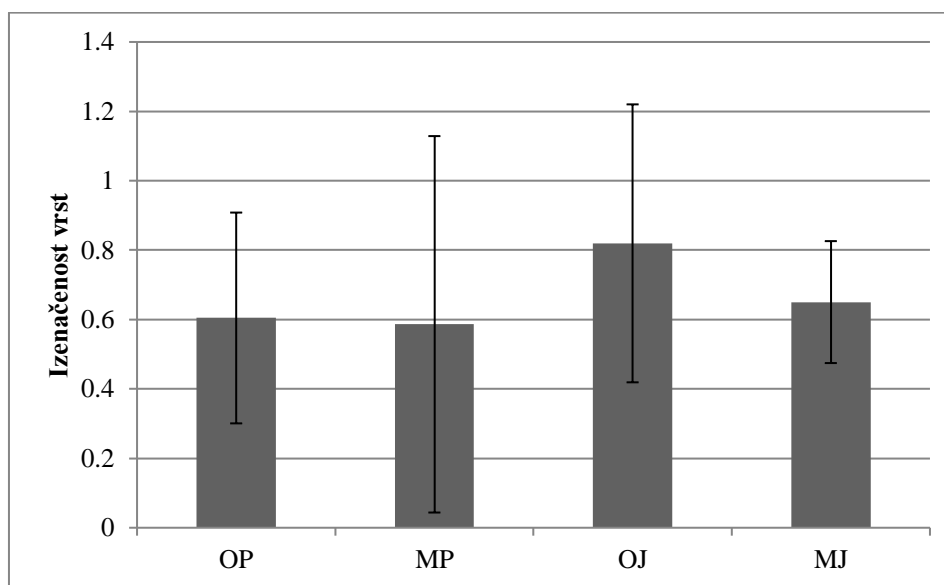
Slika 30: Bogastvo vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategorijah OP, MP, OJ in MJ. Prikazane so povprečne vrednosti. Odklon od povprečja je podan kot 95% interval zaupanja. OP = odrasel sestoj-pomlad; MP = mladje-pomlad; OJ = odrasel sestoj-jesen; MJ = mladje-jesen.

Letni čas je prav tako značilno vplival na pestrost vrst (dvosmerna ANOVA; $F(1,8) = 16,33$; $p = 0,041$; Slika 31). Večjo pestrost vrst oz. efektivno število vrst smo zaznali v obeh razvojnih fazah sestoja spomladi kot jeseni, vendar naknadni t-test ni pokazal značilnih razlik. Značilnega vpliva razvojne faze na pestrost vrst nismo ugotovili, kljub temu da smo opazili večjo pestrost v obeh letnih časih v mladju. Interakcije med razvojno fazo sestoja in letnim časom nismo zaznali.



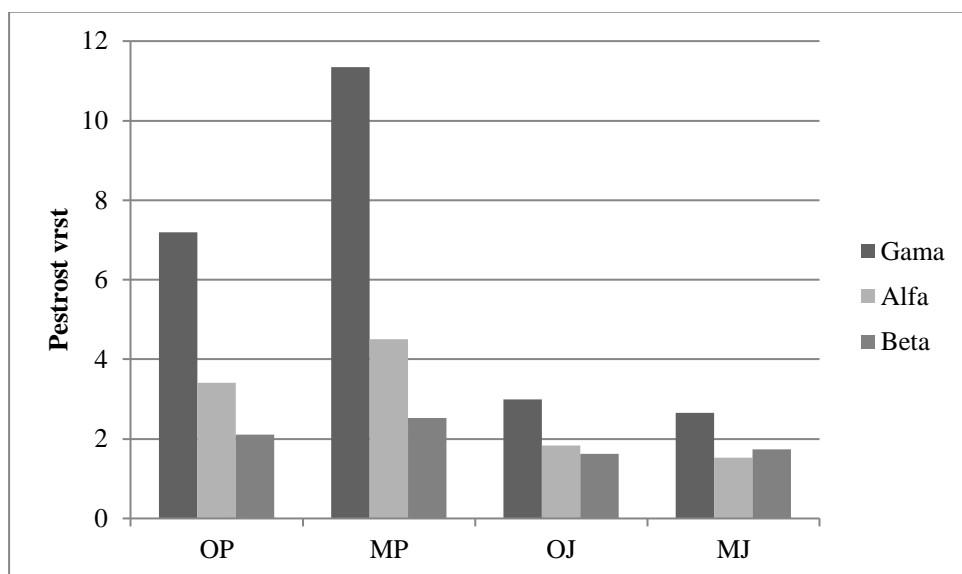
Slika 31: Pestrost vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategorijah OP, MP, OJ in MJ. Pestrost vrst je podana kot efektivno število vrst. Prikazane so povprečne vrednosti. Odklon od povprečja je podan kot 95% interval zaupanja. OP = odrasel sestoj-pomlad; MP = mladje-pomlad; OJ = odrasel sestoj-jesen; MJ = mladje-jesen.

Analiza izenačenosti vrst je pokazala, da je bila izenačenost tako spomladi kot jeseni večja v odraslem sestoju in da je bila v obeh sestojih večja jeseni kot spomladi, vendar razlike niso bile statistično značilne (Slika 32).



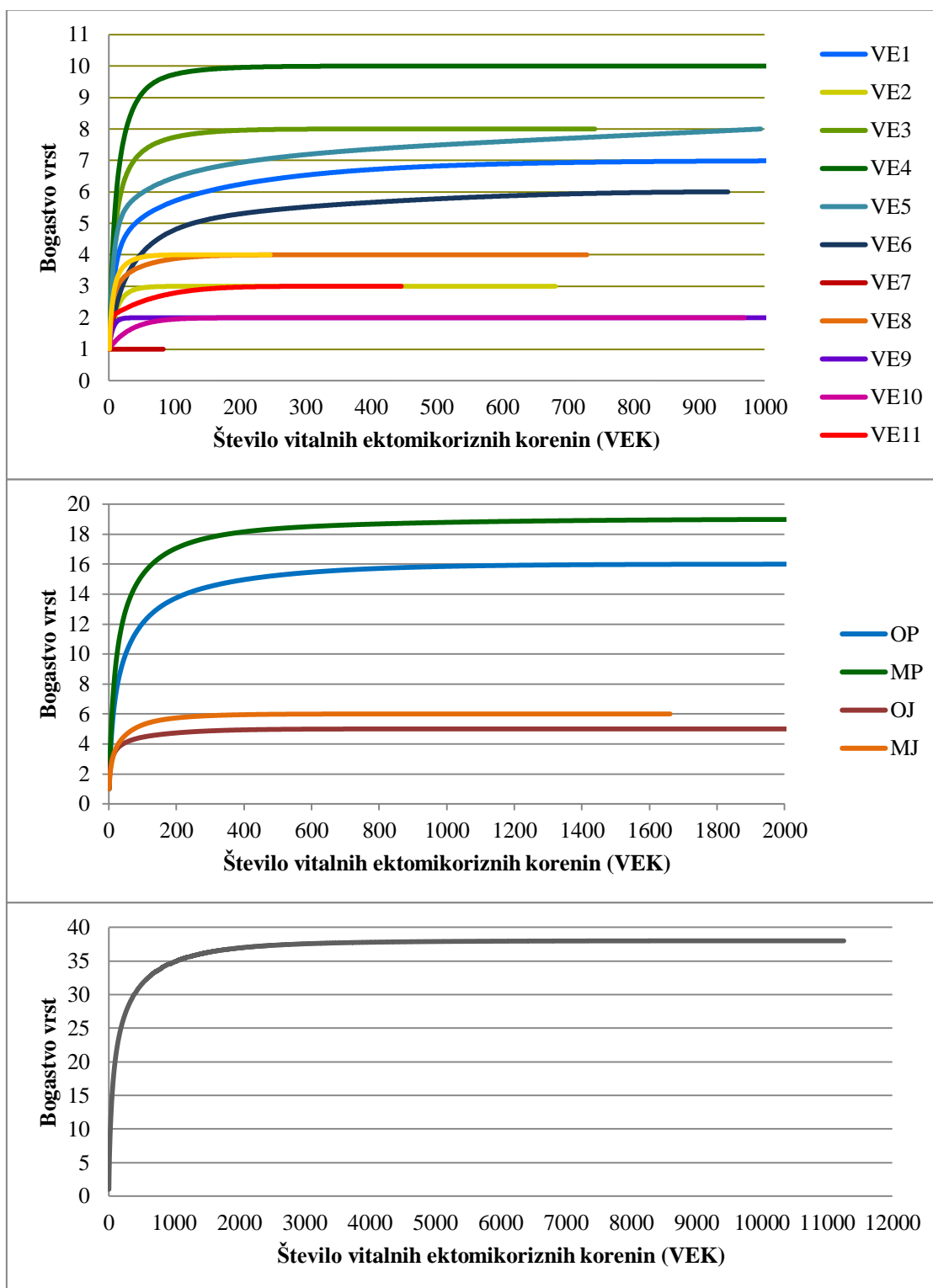
Slika 32: Izenačenost vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategorijah OP, MP, OJ in MJ. Prikazane so povprečne vrednosti. Odklon od povprečja je podan kot 95% interval zaupanja. OP = odrasel sestoj-pomlad; MP = mladje-pomlad; OJ = odrasel sestoj-jesen; MJ = mladje-jesen.

Analiza drobljenja pestrosti za celotno ploskev je pokazala, da je bila beta pestrost na ploskvi 2,09, kar kaže, da so podatki zajeli dva enako utežena različna vzorca ECM gliv. Analiza drobljenja pestrosti za kategorije OP, MP, OJ in MJ je pokazala, da so bile vse komponente pestrosti višje spomladi, in sicer so bile najvišje v MP (Slika 33). Najnižje vrednosti smo zabeležili v MJ, z izjemo beta pestrosti, ki je bila najnižja v OJ.



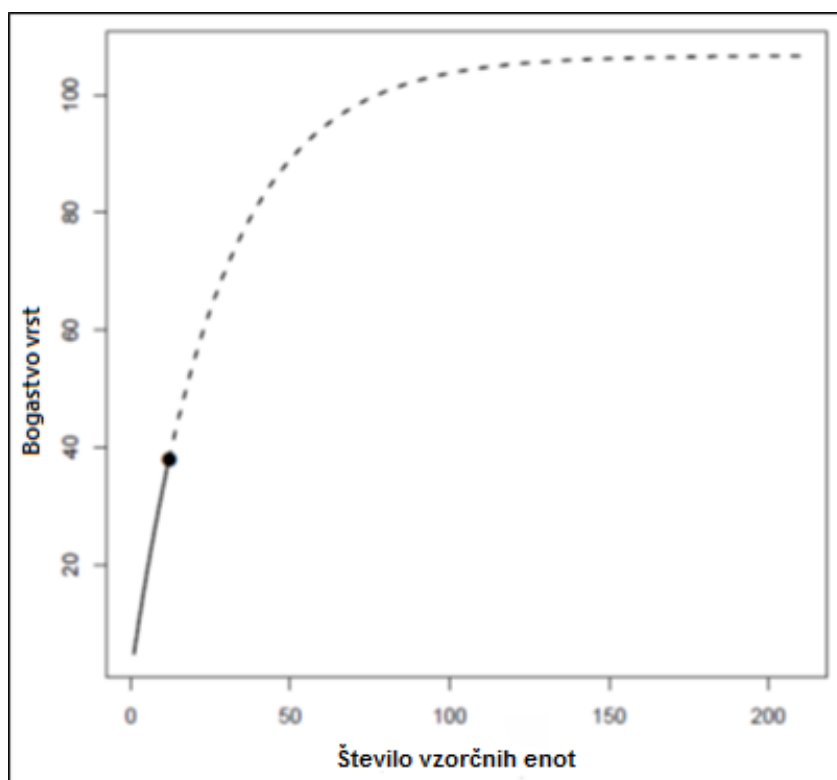
Slika 33: Gama, alfa in beta pestrost ECM gliv na drobnih koreninah bukve v kategorijah OP, MP, OJ in MJ. Pestrost vrst je podana kot efektivno število vrst. OP = odrasel sestoj-pomlad; MP = mladje-pomlad; OJ = odrasel sestoj-jesen; MJ = mladje-jesen.

Za vzorce vseh skal (vzorčne enote, kategorije in celotno ploskev) smo izračunali rarefakcijske krivulje bogastva vrst na podlagi števila osebkov (= vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK)) (Slika 34). Rezultati so pokazali, da bi za opaženo bogastvo vrst ECM gliv lahko pregledali manj VEK korenin. Da bi zajeli opaženo bogastvo vrst, bi v spomladanskih vzorčnih enotah zadostovalo pregledati okoli 800 vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK), v jesenskih pa okoli 200 VEK (Slika 34, zgoraj). Večji vzorčni napor je bil potreben v obeh sestojih spomladi kot jeseni (Slika 34, sredina). Na celotni ploskvi Abitanti bi zadostovala okoli tretjina oz. 3000–4000 pregledanih VEK, da bi zajeli opaženo bogastvo vrst (Slika 34, spodaj).

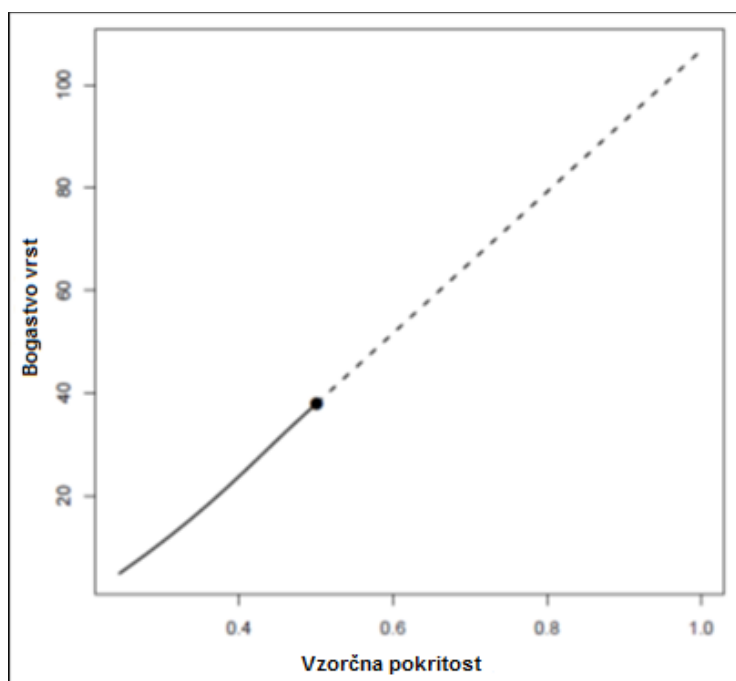


Slika 34: Ocene bogastva vrst ECM gliv na osnovi pregledanega števila vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK) v posameznih vzorčnih enotah VE (zgoraj); kategorijah OP, MP, OJ in MJ (sredina); in na celotni ploskvi Abitanti (spodaj). Prikazane so ocene bogastva vrst glede na rareficirano število pregledanih VEK. Krivulje so bile generirane z vzorčenjem brez nadomeščanja, vsaka točka pa predstavlja povprečno bogastvo vrst pri določenem številu VEK na podlagi 100 ponovitev. OP = odrasel sestoj-pomlad; MP = mladje-pomlad; OJ = odrasel sestoj-jesen; MJ = mladje-jesen.

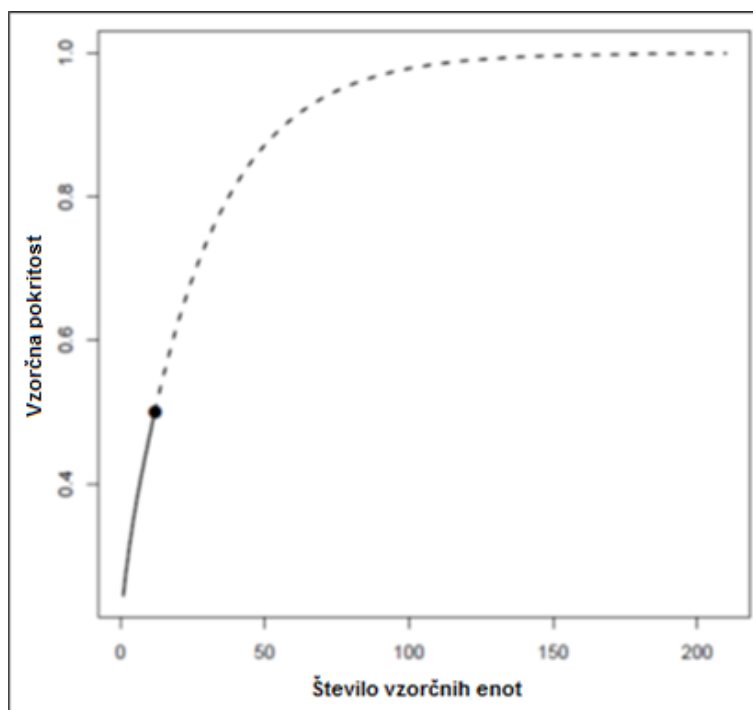
Ocene bogastva vrst, dobljene na podlagi ekstrapolacije, so pokazale, da smo dejansko bogastvo vrst ECM gliv na ploskvi Abitanti podcenili, saj krivulja opaženega bogastva vrst pri 12 odvzetih vzorčnih enotah ni dosegla asimptote (Slika 35). Učinkovitost vzorčenja je bila 36%, saj je cenilka Chao 2 pokazala, da naj bi bilo na celotni ploskvi Abitanti dejansko bogastvo 106 vrst ECM gliv. Vzorčna popolnost je bila okoli 50%, kar pomeni, da naj bi 50 % osebkov v združbi ECM gliv na ploskvi pripadalo nepovzorčenim vrstam ECM gliv (Slika 36). Da bi dosegli 99% vzorčno popolnost, bi morali na ploskvi Abitanti odvzeti okoli 120 vzorčnih enot (Slika 37).



Slika 35: Ocene bogastva vrst ECM gliv na drobni koreninah bukve na osnovi števila vzorčnih enot za celotno ploskev Abitanti. Prikazane so ocene bogastva vrst glede na rareficirano in ekstrapolirano število vzorčnih enot. Oznake: sklenjena črta = rareficirane vrednosti; krog = opaženo število vrst; prekinjena črta = ekstrapolirane vrednosti.

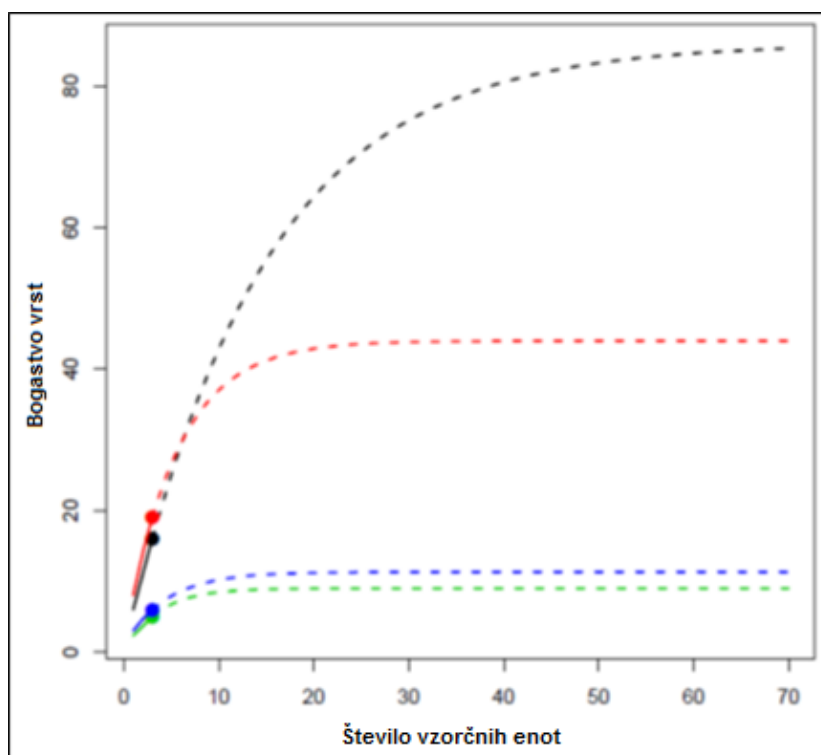


Slika 36: Ocene bogastva vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve na osnovi vzorčne pokritosti za celotno ploskev Abitanti. Prikazane so ocene bogastva vrst glede na rareficirane in ekstrapolirane vrednosti vzorčne pokritosti. Oznake: sklenjena črta = rareficirane vrednosti; krog = opaženo število vrst; prekinjena črta = ekstrapolirane vrednosti.

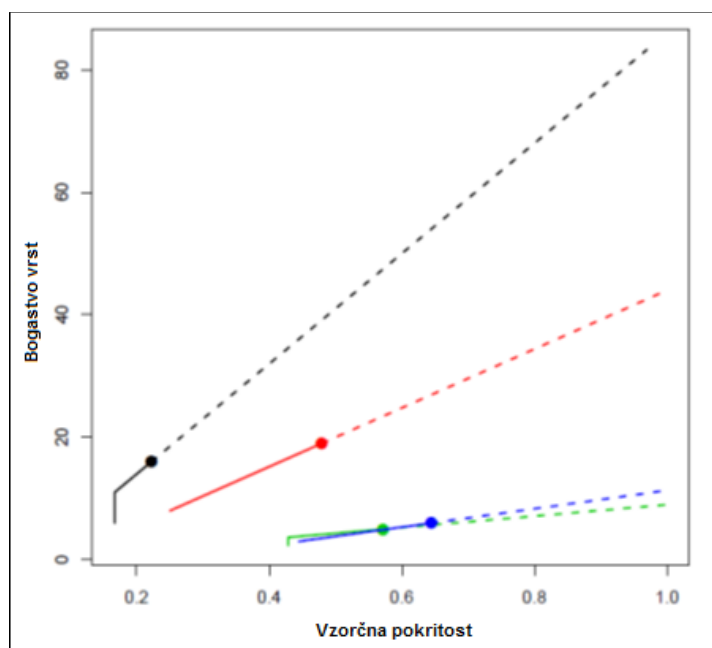


Slika 37: Vzorčna popolnost, merjena z vzorčno pokritostjo, za celotno ploskev Abitanti. Krivulja povezuje rarefakcijo in ekstrapolacijo ter prikazuje, koliko vzorčnih enot je potrebnih za doseg določene vzorčne pokritosti. Oznake: sklenjena črta = rareficirane vrednosti; krog = opaženo število vrst; prekinjena črta = ekstrapolirane vrednosti.

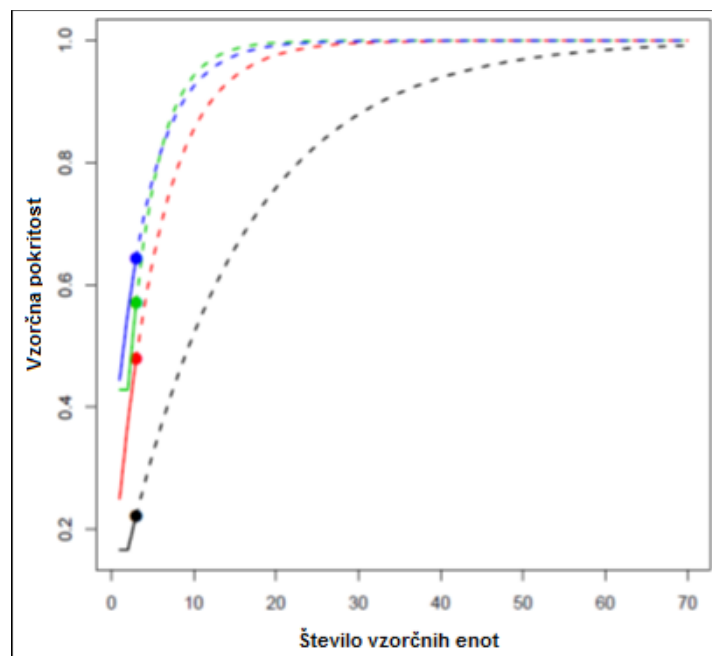
Ocene bogastva vrst v kategorijah OP, MP, OJ in MJ so pokazale, da smo bogastvo vrst ECM gliv v vseh kategorijah podcenili (Slika 38). Cenilka Chao 2 je pokazala, da naj bi bilo dejansko bogastvo vrst največje v OP (86 vrst), najmanjše pa v OJ (9 vrst). Učinkovitost vzorčenja je bila najmanjša v OP (19%), največja pa v OJ (56%). Najmanjšo vzorčno popolnost smo dosegli v OP, kjer je bila 22%, največjo pa v MJ, kjer je bila 64% (Slika 39). Da bi dosegli 99% vzorčno popolnost, bi morali v OJ vzeti okoli 16 vzorčnih enot, v MJ okoli 19 vzorčnih enot, v MP okoli 25, v OP pa okoli 65 vzorčnih enot (Slika 40).



Slika 38: Ocene bogastva vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve na osnovi števila vzorčnih enot za kategorije OP, MP, OJ in MJ. Prikazane so ocene bogastva vrst glede na rareficirano in ekstrapolirano število vzorčnih enot. Oznake: sklenjena črta = rareficirane vrednosti; krog = opaženo število vrst; prekinjena črta = ekstrapolirane vrednosti.; črna = OP (= odrasel sestoj-pomlad); rdeča = MP (= mladje-pomlad); zelena = OJ (= odrasel sestoj-jesen); modra = MJ (= mladje-jesen).



Slika 39: Ocene bogastva vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve na osnovi vzorčne pokritosti za kategorije OP, MP, OJ in MJ. Prikazane so ocene bogastva vrst glede na rareficirane in ekstrapolirane vrednosti vzorčne pokritosti. Oznake: sklenjena črta = rareficirane vrednosti; krog = opaženo število vrst; prekinjena črta = ekstrapolirane vrednosti.; črna = OP (= odrasel sestoj-pomlad); rdeča = MP (= mladje-pomlad); zelena = OJ (= odrasel sestoj-jesen); modra = MJ (= mladje-jesen).



Slika 40: Vzorčna popolnost, merjena z vzorčno pokritostjo, za kategorije OP, MP, OJ in MJ. Krivulje povezujejo rarefakcijo in ekstrapolacijo ter prikazujejo, koliko vzorčnih enot je potrebnih za doseg določene vzorčne pokritosti. Oznake: sklenjena črta = rareficirane vrednosti; krog = opaženo število vrst; prekinjena črta = ekstrapolirane vrednosti.; črna = OP (= odrasel sestoj-pomlad); rdeča = MP (= mladje-pomlad); zelena = OJ (= odrasel sestoj-jesen); modra = MJ (= mladje-jesen).

5 RAZPRAVA

V diplomskem delu smo proučevali pestrost tipov ECM v monokulturnem sestoju bukve v Slovenski Istri. Glede na razpoložljive vire v literaturi je naša raziskava prvi primer obravnave pestrosti tipov ECM na bukvi v submediteranskem področju. Cilj raziskave je bilo ugotoviti, ali se na proučevanem območju na bukvi pojavljajo novi oziroma še neopisani tipi ECM na bukvi, ter zajeti prostorsko in časovno dinamiko njihovega pojavljanja. S tem namenom smo ugotavljali vpliv letnega časa in razvojne faze sestoja na različne parametre združbe ECM gliv: na pojavljanje tipov ECM; delež vitalnih ektomikoriznih korenin; zastopanost eksploracijskih tipov; ter sestavo, strukturo in pestrost združbe ECM gliv.

5.1 IDENTIFIKACIJA IN OPISI TIPOV EKTOMIKORIZE

Identifikacija tipov ECM še vedno predstavlja izziv, saj glivnega partnerja kljub možnosti kombiniranja različnih metod identifikacije redko uspemo identificirati do osnovne taksonomske enote, vrste.

V 12 vzorcih tal smo na drobnih koreninah bukve našli in opisali 38 različnih tipov ECM. Pri tem gre pri 30 tipih za prvi opis, saj na bukvi do sedaj še niso bili opisani. Okoli tretjino tipov ECM smo določili le do rodu. Med njimi prevladujejo predstavniki rodov *Cortinarius*, *Inocybe* in *Tomentella*, kar ne preseneča, saj sta rodova *Cortinarius* in *Inocybe* znana po velikem številu morfološko (Stangl, 1989) in molekularno (za ITS regijo: Peintner in sod., 2004) podobnih vrst, rod *Tomentella* pa tvori resupinatne trosnjake, ki zaradi načina rasti in zgradbe otežujejo tako vzorčenje kot tudi identifikacijo (Köljalg, 1996). Poleg tega je bila večina do rodu določenih tipov ECM najdena spomladi. Pomanjkanje identičnih nukleotidnih zaporedij v podatkovnih zbirkah za spomladi najdene tipe ECM bi lahko pripisali temu, da so v raziskavah združb ECM gliv pogosta enkratna vzorčenja ali vzorčenja na kratek rok, ki se večinoma izvajajo jeseni. V načinu popisovanja vrst ECM gliv se najverjetneje odraža splošno prepričanje, da glive uspevajo predvsem jeseni, ko je večje pojavljanje trosnjakov, čeprav je ECM v tleh aktivna skozi vse leto (Harvey in sod., 1978; Buée in sod., 2005; Courty in sod., 2008).

Od desetih tipov ECM, ki smo jih določili le do rodu, so se nukleotidna zaporedja osmih tipov ECM (*Cortinarius* sp. 2, *Inocybe* sp. 2, *Sebacina* sp. 1, *Tomentella* sp. 1, *Tomentella* sp. 2, *Tomentella* sp. 3, *Tomentella* sp. 4 in *Tomentella* sp. 5) v visokem odstotku (98–100 %) ujemala z določenim nukleotidnim zaporedjem v podatkovni zbirki GenBank ali UNITE. Sklepamo, da so ti tipi ECM že bili najdeni, vendar še niso bili opisani, referenčni trosnjaki pa še ne sekvencirani. Drugačnja situacija se je pokazala pri ostalih dveh tipih ECM, določenih le do rodu (*Cortinarius* sp. 1, *Inocybe* sp. 1), saj se je nukleotidno zaporedje pri obeh v nizkem in enakem odstotku (94–95 %) ujemalo z več nukleotidnimi zaporedji znotraj pripadajočega rodu ECM gliv. Možno je, da gre za nova, še ne opisana tipa ECM oz. vrsti ECM gliv. Ne moremo pa izključiti tudi

možnosti, da sta omenjena tipa ECM že bila najdena, vendar njuni nukleotidni zaporedji še nista bili vneseni v podatkovno zbirko GenBank ali UNITE.

Molekularna identifikacija je bila težavna pri tipu *Cenococcum geophilum*, saj je bila uspešna le pri enem od dvanajstih vzorcev omenjenega tipa ECM. Razlog za neuspešno pomnoževanje lahko iščemo v tem, da je ECM v večini teh vzorcev že kazala znake staranja. Nizek odstotek ujemanja z nukleotidnimi zaporedji v podatkovnih zbirkah pri vrsti *Cenococcum geophilum* pa bi lahko pripisali tudi temu, da gre za vrsto, ki je genetsko zelo variabilna, že v merilu nekaj centimetrov (Douhan in sod., 2007). Za to vrsto ECM ostaja taksonomsko vprašanje, ali gre za eno ali več vrst (Pickles in sod., 2010).

Delno nerazrešena je ostala tudi identifikacija tipa *Hydnum rufescens*. Nukleotidno zaporedje tipa se je v podatkovni zbirki GenBank ujemalo z zaporedjem, ki je bilo identificirano kot *Hydnum rufescens*, vendar se je značilno ločilo od nukleotidnega zaporedja vzorcev trosnjakov omenjene vrste, ki so deponirani v herbariju in mikoteki Gozdarskega inštituta Slovenije (Grebenc in sod., 2009b; Olariaga in sod., 2012). Tip smo zaenkrat poimenovali *Hydnum rufescens* s.l., dokler se ne najde pripadajoči trosnjak in se opravijo dodatne molekularne analize, ki bi pokazale, za katero vrsto gre oz. ali gre za do sedaj še neopisano vrsto ECM glive.

Vprašljiva je bila tudi identifikacija tipa *Inocybe rimosa*. Nukleotidno zaporedje tipa se je v 99 % ujemalo z nukleotidnim zaporedjem v podatkovni zbirki GenBank, identificiranim le do rodu kot *Inocybe* sp.. Nasprotno je rekonstrukcija filogenetskega drevesa za rod *Inocybe* pokazala, da se nukleotidno zaporedje našega tipa ECM ne loči od več nukleotidnih zaporedij, identificiranih kot *Inocybe rimosa*, čeprav je bilo ujemanje 94%, kar je precej manj od pričakovane lokalne variacije nukleotidnih zaporedij pri ECM glivah. Tip ECM smo določili kot *Inocybe rimosa*, saj naj bi za to vrsto bilo značilno nizko ujemanje nukleotidnih zaporedij ter velika morfološka in ekološka variabilnost (Ryberg in sod., 2008). Vrsta velja za taksonomsko težavno vrsto, pri kateri meja znotrajvrstne morfološke pestrosti še ni jasno določena (Kuyper, 1986).

Primerjava naših podatkov o najdenih tipih ECM s podatki iz literature je pokazala, da se je nabor najdenih tipov ECM v veliki meri razlikoval od študij ECM, opravljenih tako v Sloveniji kot drugod. V okviru naše raziskave so bili na bukvi na območju Slovenije prvič identificirani in opisani tipi ECM iz rodov *Albatrellus*, *Astraeus*, *Clavariadelphus*, *Craterellus* in *Membranomyces*.

Od 38 tipov ECM, ki smo jih našli, je bilo na območju Slovenije do sedaj najdenih le pet tipov ECM, od tega trije na bukvi: *Cenococcum geophilum* (Grebenc, 2005; Westergren in sod., 2005; Železnik in sod., 2007; Grebenc in Kraigher, 2009; Štraus, 2010; Štraus in sod., 2011, Štraus, 2015), *Lactarius rubrocinctus* (Al Sayegh Petkovšek, 2005) in *Russula rosea* (Grebenc, 2005). Izven območja Slovenije pa je bilo izmed vseh 38 najdenih tipov ECM do sedaj že identificiranih 19 tipov ECM, od tega 10 na bukvi: *Albatrellus cristatus* (Di Marino, 2008), *Cenococcum geophilum* (Jany in sod., 2002; Buée in sod., 2004; Pena in sod., 2010), *Cortinarius casimiri* (Schirkonyer in sod., 2013), *Craterellus cornucopioides* (Lang in sod., 2011), *Hygrophorus discoxanthus*

(Pena in sod., 2010), *Lactarius rubrocinctus* (Di Marino, 2008), *Russula foetens* (Pena in sod., 2010), *Russula raoultii* (Lang in sod., 2011) *Sebacina incrustans* (Pena in sod., 2010) in *Tomentella lilacinogrisea* (Pena in sod., 2010). Pri tem ne gre zanemariti dejstva, da mnogi tipi ECM v raziskavah ostajajo nedoločeni, zato bi lahko bil delež do sedaj zabeleženih in opisanih tipov ECM dejansko večji.

Da pojavljanje tipov ECM ni odvisno le od vrste gostitelja, ampak v veliki meri tudi od drugih dejavnikov (npr. podnebja in vrste substrata), ki jih nismo proučevali, potrjuje ugotovitev, da se je naš popis tipov ECM v največji meri ujema s popisom tipov ECM v subcelinskem bukovem sestoju v Nemčiji (Pena in sod., 2010), in sicer le v 5 tipih ECM. Skupni tipi ECM so bili *Hygrophorus discoxanthus*, *Russula foetens* ter trije tipi ECM s širokim razponom gostiteljev – *Cenococcum geophilum*, *Sebacina incrustans* in *Tomentella lilacinogrisea*. Da bi ugotovili, kateri od možnih dejavnikov (podnebje ali vrsta substrata) je bolj pomemben pri pojavljanju določenih vrst ECM gliv, bi morali raziskavo zastaviti tako, da bi lahko izključili vpliv enega ali drugega. Ker nismo zasledili raziskav združb ECM gliv na bukvi z isto vrsto substrata kot v našem sestoju, to vprašanje ostaja predmet za prihodnje raziskave. Pri primerjavi s podatki iz literature (Priloga C) smo ugotovili, da so bili naši tipi ECM do sedaj najdeni v različnih vrstah substrata, za katere podatkov nismo dobili, in sicer v celinskem, mediteranskem, alpskem, oceanskem, v največji meri pa v suboceanskem/subcelinskem podnebju. Ploskev Abitanti vključuje tipe ECM, ki jih najdemo v mediteranskem in celinskem območju, ter tipe ECM, ki so značilni in omejeni na ekoton oziroma prehodne tipe ECM. To nakazuje, da se sestoj bukve na ploskvi Abitanti nahaja na ekotonu oziroma mejnem območju med dvema tipoma podnebja – mediteranskim in celinskim. Na podlagi rezultatov zaključujemo, da ima bukove sestoj na ploskvi Abitanti velik ekološki pomen in raziskovalni potencial za študije prehodnih področij med različnimi tipi podnebja.

5.2 DELEŽ VITALNIH EKTOMIKORIZNIH KORENIN

Drobne korenine so s svojimi tesnimi povezavami z ECM glivami in tlemi pomemben indikator stanja ter sprememb v tleh oziroma na rastiščih nasploh (Kraigher, 1997; Cudlin in sod., 2007, Štraus in sod., 2015) in se pogosto uporabljajo v postopku mikobioindikacije (Kraigher in sod., 1996; Kraigher, 1997; Batič in sod., 1999; Kraigher in Al Sayegh Petkovšek, 2011). Poznavanje dinamike rasti in razvoja drobnih korenin nam lahko pomaga bolje razumeti dinamiko združb ECM gliv.

Analiza deleža vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK) je pokazala, da je letni čas vplival na delež vitalnih ektomikoriznih korenin (VEK). Večji delež VEK smo v mladju zabeležili spomladi kot jeseni, podoben, a neznačilen, trend pa smo opazili tudi v odraslem sestoju. Na podlagi rezultatov sklepamo, da je vitalna ECM jeseni na drobnih koreninah prisotna v manjšem deležu kot spomladi. Do podobnih zaključkov sta prišli tudi študiji sezonske dinamike ECM in drobnih korenin hrasta, ki sta najmanjši delež vitalnih ektomikoriznih korenin prav tako zabeležili jeseni (Azul in Freitas, 1999; De Román in de Miguel, 2005). Za manjši delež vitalne ECM na drobnih koreninah jeseni

predlagamo dva razloga. Prvi razlog bi lahko bila poletna suša, zaradi katere je do jeseni propadel večji del drobnih in ECM korenin. O negativni korelaciji poletne suše in kolonizacije ECM gliv so poročali že nekateri drugi avtorji (Worley in Hackskaylo, 1959; Runion in sod., 1997; Nilsen in sod., 1998; Bell in Adams, 2004; Swaty in sod., 2004; Izzo in sod., 2005; Železnik in sod., 2015). Drugi možni razlog je večje upadanje rasti in propadanje drobnih korenin v ostalih delih leta kot spomladi, kar posledično vodi v manj površin, ki bi bile ECM glivam na razpolago za kolonizacijo. Tudi na ta pojav so opozorili že nekateri drugi avtorji (Gregory, 2006; Kaiser in sod., 2010; Železnik, 2013).

5.3 ZASTOPANOST EKSPLOKACIJSKIH TIPOV

Eksploracijski tipi predstavljajo različne prilagoditve izkoriščanja in prenosa hranil pri ECM glivah (Agerer, 2001). O eksploracijskih tipih je bilo do sedaj opravljenih malo raziskav, čeprav je njihovo poznavanje ključnega pomena za razumevanje vloge ECM v gozdnih ekosistemih. Med tipi ECM, ki smo jih našli na drobnih koreninah bukve na ploskvi Abitanti, smo razločili štiri eksploracijske tipe: kontaktni eksploracijski tip (K), eksploracijski tip na kratke razdalje (KR), gladki eksploracijski tip na srednje razdalje (SR-G) in resasti eksploracijski tip na srednje razdalje (SR-R).

Na celotni ploskvi je po številu korenin in po številu vrst ECM gliv bil značilno najbolj zastopan eksploracijski tip na kratke razdalje (KR), najmanj pa gladki eksploracijski tip na srednje razdalje (SR-G). Drugačne relativne deleže eksploracijskih tipov so v bukovem sestoju zabeležili Lang in sod. (2013). V njihovi študiji so bili najbolj zastopani eksploracijski tipi na srednje razdalje, najmanj pa eksploracijski tip na kratke razdalje. Poleg tega so v sestoju našli tudi eksploracijski tip na dolge razdalje, ki pa ga na ploskvi Abitanti nismo našli. Razlike v sestavi in zastopanosti eksploracijskih tipov med našim sestojem in sestojem, ki so ga proučevali Lang in sod. (2013), bi lahko pripisali razlikam v starosti proučevanih sestojev ali drugim dejavnikom, ki jih nismo proučevali.

V posameznih vzorčnih enotah smo zajeli od enega pa do vseh štirih različnih eksploracijskih tipov, kar kaže na to, da se kompetitivno niso izključevali in da je verjetno prisotna prostorska delitev niš. To se ujema z nekaterimi predhodnimi raziskavami, kjer so ugotovili, da imajo eksploracijski tipi različne preference do posameznih talnih horizontov in njihovih značilnosti, kot sta količina vlage in razpoložljivost dušika (Baier in sod., 2006; Courty in sod., 2008; Scattolin in sod., 2008). Omenjeni avtorji so zedinjeni v tem, da naj bi bil kontaktni eksploracijski tip (K) in eksploracijski tipi na daljše razdalje vezani na mineralne plasti, eksploracijski tip na kratke razdalje (KR) pa na organske plasti, ki so bogate s humusom in dušikom.

Pri primerjavi zastopanosti eksploracijskih tipov med kategorijami smo opazili, da so bili spomladi v obeh sestojih prisotni vsi štirje eksploracijski tipi, medtem ko se je jeseni njihovo število zmanjšalo. Jeseni v nobenem od sestojev nismo opazili SR-G. Največja sprememba zastopanosti eksploracijskih tipov pa se je zgodila v mladju jeseni,

kjer je bil prisoten samo KR. Da bi ugotovili, ali je spremembam botrovala kakšna motnja ali gre za vzorec v dinamiki ECM združb, bodo potrebne nadaljnje raziskave.

Analiza vpliva obeh dejavnikov (razvojne faze in letnega časa) na zastopanost eksploracijskih tipov K, KR in SR-R po številu korenin je med vsemi tremi parametri pokazala značilno povezavo in interakcijo. K in SR-R sta bila po številu korenin pozitivno povezana s pomladjo, na zastopanost KR pa sta pozitivno vplivala mladje in jesen. Značilnega vpliva obeh dejavnikov na zastopanost eksploracijskih tipov po številu vrst ECM gliv nismo ugotovili, ravno tako nismo zasledili raziskav na bukvi, ki bi obravnavale pojavljanje eksploracijskih tipov z vidika sprememb v letnih časih ali razvojnih fazah sestoja.

Rezultati kažejo, da so bila razmerja zastopanosti eksploracijskih tipov po številu vrst ECM gliv drugačna od zastopanosti po številu korenin, saj sta eksploracijska tipa na srednje razdalje (SR-G in SR-R) po številu vrst ECM gliv zavzemala večji delež kot po številu korenin. Čeprav sta bila v primerjavi z ostalimi eksploracijskimi tipi po številu slabše zastopana, sta po številu vrst pomembno prispevala k pestrosti ECM gliv v proučevanem sestoju. Naši rezultati se ujemajo z ugotovitvami študije, ki so jo opravili Scattolin in sod. (2008). Ugotovili so, da eksploracijski tipi na krajše razdalje z večjo zastopanostjo po številu korenin zavzamejo večji volumen tal in s tem povečajo svojo absorpcijsko površino, da si zagotovijo potrebno količino dušika in vode, saj nimajo večjega števila izhajajočih hif oziroma so le-te kratke. Nasprotno je pri eksploracijskih tipih na srednje in dolge razdalje, pri katerih je ekstramatrični micelij v obliki hif in rizomorfov daljši ter obsežnejši, zaradi česar jim ni potrebno zavzemati tolikšnega volumna tal z veliko zastopanostjo po številu korenin.

5.4 SESTAVA IN STRUKTURA ZDRUŽBE EKTOMIKORIZNIH GLIV

Ker so ECM glive tesno povezane s svojimi drevesnimi partnerji, ima lahko vsaka sprememba v sestavi in strukturi ECM združbe velik vpliv na drevesno združbo. Zbiranje podatkov o sestavi in strukturi združb ECM gliv ponuja vpogled v njihove strategije preživetja in izkoriščanja tal ter tako vodi v celovitejše razumevanje gozdnih ekosistemov.

Analiza sestave in strukture združbe ECM gliv na ploskvi Abitanti je pokazala, da sta po številu vrst bili najbolj zastopani družini *Russulaceae* in *Thelephoraceae*, ki sta znani po tem, da dominirata v združbah ECM gliv (Gardes in Bruns, 1996; Horton in sod., 1999; Richard in sod., 2005). Po številu vrst so bile dobro zastopane tudi družine *Cortinariaceae*, *Inocybaceae* in *Sebacinaceae*. Za družino *Sebacinaceae* je dlje časa veljalo, da so njeni pripadniki saprofiti ali paraziti, vendar se je naposled izkazalo, da leti v zmernem pasu tvorijo ektomikorizo (Selosse in sod., 2002), tudi na bukvi (Goicoechea in sod., 2009). Družina *Sebacinaceae* je zanimiva tudi iz tega vidika, da njeni pripadniki poleg ECM tvorijo še druge tipe mikorize ter ustvarjajo povezave med različno mikoriziranimi rastlinami oziroma med drevesi in rastlinami v podrasti (Horton in sod., 1999; Kennedy in sod., 2003; Selosse in sod., 2006).

Po številu vrst ECM gliv je bil na celotni ploskvi najštevilčnejši rod *Tomentella*, ki so mu sledili rodovi *Russula*, *Inocybe*, *Cortinarius*, *Sebacina* in *Lactarius*. Za omenjene rodove je znano, da so v zmerno toplih in borealnih gozdovih vrstno najbolj pestri (Horton in Bruns, 2001; Lilleskov in sod., 2002; Kennedy in sod., 2003; Weiß in sod., 2004; Richard in sod., 2005; Toljander in sod., 2006; Ishida in sod., 2007; Smith in sod., 2007; Tedersoo, 2007).

Vrste iz rodov *Russula* (Deacon in Fleming, 1992; Keizer in Arnolds, 1994; Visser, 1995; Rao in sod., 1997; Gebhardt in sod., 2007), *Amanita* (Deacon in Fleming, 1992; Keizer in Arnolds, 1994) in *Tomentella* (Cline in sod., 2005) so bile v preteklosti kategorizirane kot ECM glive poznih razvojnih faz sestoja, česar naši rezultati ne podpirajo. V naši raziskavi se je več vrst iz rodu *Russula* v obeh letnih časih pojavilo v mladju, rod *Amanita* pa smo našli samo v mladju. Rod *Tomentella* je bil po številu vrst spomladi v mladju bolje zastopan, jeseni pa ga tam nismo našli. Nesoglasje med našimi zaključki in zaključki drugih avtorjev opozarja na to, da je potrebna previdnost pri povezovanju posameznih vrst ali rodov ECM gliv z različnimi razvojnimi fazami sestoja. Neujemanje bi lahko bilo posledica razlik v vrsti drevesnih partnerjev ali katerih drugih dejavnikov, zato bodo za natančnejši odgovor potrebne dodatne raziskave.

Večji del združbe ECM gliv na ploskvi Abitanti so zavzemale enkratne vrste, saj se je kar 79 % vrst pojavilo samo enkrat oz. v enem vzorcu tal. Velik delež enkratnih vrst v združbi je pogost rezultat analiz ECM v naravnih sestojih in odraža veliko pestrost, ki je značilna za združbe ECM gliv (Köljalg in sod., 2000; Avis in sod., 2008). Opazili smo, da se je le okoli 10 % vrst pojavilo v dveh ali več kategorijah. Edini vrsti, ki smo ju našli v obeh razvojnih fazah sestoja in v obeh letnih časih, sta bili *Cenococcum geophilum* in *Russula olivacea*, ki sta bili tudi najštevilčnejši po deležu korenin, ki sta jih kolonizirali. Spomladi sta si mladje in odrasel sestoj poleg vrst *C. geophilum* in *R. olivacea* delila še vrsto *Lactarius ruginosus*, jeseni pa nobene druge vrste. V mladju smo tako spomladi kot jeseni našli še vrsto *Russula raoultii*, medtem ko so v odraslem sestoju glede na letni čas bile razen vrste *C. geophilum* v družbi prisotne popolnoma druge vrste. Ti rezultati kažejo precejšnjo prostorsko in časovno ločenost vrst ECM gliv. Naša opažanja se ujemajo z ugotovitvami številnih predhodnih študij sestave in strukture ECM združb, in sicer da gre za dinamične združbe, ki se v prostoru in času hitro spreminjajo (Izzo in sod., 2005; Koide in sod., 2007; Courty in sod., 2008; Pickles in sod., 2010).

Vrsta *Cenococcum geophilum* se je pojavila v vseh odvzetih vzorcih tal, kar potrjuje njeno enakomerno razporeditev v različnih tipih tal in prilagodljivost na številne dejavnike okolja (Lilleskov in sod. 2004; Gebhardt in sod., 2009). Pojavljala se je ne glede na razvojno fazo sestoja in letni čas, kar se ujema z ugotovitvami predhodnih študij, da je prisotna v vseh razvojnih fazah sestoja (Visser, 1995; Gebhardt in sod., 2007; Twieg in sod., 2007) in v vseh letnih časih (Koide in sod., 2007). Uspešnost njenega naseljevanja naj bi bila povezana s sposobnostjo tvorbe vegetativne strukture (sklerocija), ki lahko v neugodnih razmerah v tleh preživi tudi več let in služi kot rezervoar glivnega vcepka, ko ponovno nastopijo ugodne razmere za rast (LoBuglio, 1999). ECM povezava s to vrsto glive predstavlja za bukev pomembno prednost, saj naj bi bila vrsta *C. geophilum* bolj odporna na pomanjkanje vode kot večina drugih vrst

ECM gliv (Mexal in Reid, 1973; Pigott, 1982; Coleman in sod., 1989; Jany in sod., 2003) oziroma kaže veliko odpornost na različne stresne dejavnike v okolju (Hrenko in sod., 2009). Nekateri avtorji poročajo, da se njena pogostost v ECM združbah v sušnih obdobjih dodatno poveča (Pigott, 1982; Jany in sod., 2003; Buée in sod., 2005). To potrjujejo tudi naši rezultati, saj je bil jeseni njen delež na koreninah večji kot spomladi, kljub temu da so bila tla po poletni suši bolj suha kot spomladi. Glede na naše rezultate sklepamo, da ima letni čas na njeno številčnost večji vpliv kot razvojna faza sestoja, ne izključujemo pa tudi vpliva drugih dejavnikov, ki jih v naši raziskavi nismo proučevali.

Kljub temu, da je vrsta *Cenococcum geophilum* bila pogosta in številčna, na ploskvi Abitanti ni bila edina dominantna vrsta, saj je po številu VEK spomladi v mladju in jeseni v odraslem sestoju prevladovala manj pogosta vrsta *Russula olivacea*. Izmenjevanje dominantnosti nakazuje, da bi lahko med njima obstajala negativna korelacija oz. kompeticija. Zelo številčna je bila v enem vzorcu tal tudi drugače redka vrsta *Hygrophorus discoxanthus*, kar potrjuje ugotovitve nekaterih predhodnih študij, da so lahko dominantne vrste ECM gliv v vzorcih manj pogoste, saj kažejo v prostoru izrazito gručasto razporeditev (Gardes in Bruns, 1996a; Karen in Nylund, 1997; Flynn in sod., 1998; Gehring in sod., 1998; Stendell in sod., 1999).

Za različna okolja so značilne različne strukture združb oziroma različni vzorci porazdelitve relativne številčnosti vrst (Fisher in sod., 1943). Struktura neke združbe postane vidna, ko relativne številčnosti vseh vrst v združbi grafično prikažemo v zaporedju od najbolj številčne do najmanj številčne. Za boljše razumevanje strukture bioloških združb in napovedovanje deleža nepovzorčenega dela združbe so bili razviti številni modeli porazdelitve relativne številčnosti vrst: geometrični (May, 1975), logaritemski (Fisher in sod., 1943), logaritemski normalni model (Preston, 1948) in model zlomljene palice (ang. *broken-stick model*) (MacArthur, 1957).

Primerjava naših podatkov z omenjenimi teoretičnimi modeli je pokazala, da se je porazdelitev relativne številčnosti vrst na ploskvi Abitanti ujemala z modelom logaritemske normalne porazdelitve. Do podobnega rezultata so prišli številni drugi avtorji, ki so proučevali strukturo združb ECM gliv (Horton in Bruns, 2001; Taylor, 2002; Richard in sod., 2005; Luoma in sod., 2006; Courty in sod., 2008; Lang in Polle, 2011; Lang in sod., 2011; Muthukrishnan in sod., 2012). Za združbe z logaritemsko normalno porazdelitvijo je značilno, da sestojijo iz nekaj dominantnih vrst in velikega števila manj številčnih vrst, poleg tega pa takšna porazdelitev nakazuje preplet več neodvisnih dejavnikov, ki vplivajo na združbo (Muthukrishnan in sod., 2012). Na ploskvi Abitanti so od vseh 38 najdenih vrst ECM gliv dominirale tri vrste in kolonizirale kar 62 % VEK, medtem ko je ostalih 35 maloštevilnih vrst koloniziralo le 38 % VEK. Logaritemsko normalno porazdelitev smo zabeležili tudi v obeh razvojnih fazah spomladi. Predhodne študije ECM združb kažejo, da je logaritemska normalna porazdelitev značilna za stabilne združbe v odraslih sestojih, medtem ko mlajši sestoji kažejo geometrično porazdelitev (Visser, 1995; Baxter in sod., 1999). Naši rezultati se s temi ugotovitvami ne ujemajo, saj je očitno tudi v mladju bila spomladi že vzpostavljena stabilna združba ECM gliv. Jeseni se je pokazala drugačna situacija, saj se je združba ECM gliv v obeh razvojnih fazah približala geometrični porazdelitvi, ki predvideva izredno neizenačene relativne številčnosti vrst v združbi. Za okolja s takšno

porazdelitvijo je značilno, da ga najprej zasedejo dominantne vrste in da za vsako naslednjo vrsto ostane vedno manj virov, poleg tega pa v takšnem okolju prevladuje eden ali nekaj dejavnikov (Motomura, 1932; May, 1975). V našem primeru bi lahko glavni dejavnik bila poletna suša, ki je povzročila propadanje drobnih korenin in posledično izginjanje številnih vrst ECM gliv, po koncu suše pa je prišlo do ponovnega osvajanja na novo zraslih drobnih korenin. Na podlagi rezultatov večji vpliv na strukturo združbe ECM gliv pripisujemo letnemu času in z njim povezanim spremembam kot pa razvojni fazi sestoja.

Analiza podobnosti sestave in strukture združbe ECM gliv med kategorijami je pokazala, da sta bili sestava in struktura združbe značilno bolj podobni v obeh razvojnih fazah sestoja v istem letnem času kot pa v isti razvojni fazi v obeh letnih časih. Ti rezultati kažejo, da je letni čas in z njim povezane spremembe pomembnejši dejavnik pri oblikovanju sestave in strukture združbe ECM gliv kot razvojna faza sestoja. Ugotovili smo tudi, da sta bili vrstna sestava in struktura združbe ECM gliv v obeh razvojnih fazah sestoja bolj podobni jeseni kot spomladi. Delno bi lahko vzrok za to pripisali majhnemu številu najdenih vrst v obeh sestojih jeseni.

Da bi bolje razumeli vpliv letnega časa na združbo ECM gliv, bi bila potrebna dodatna vzorčenja, saj enkratna oz. neredna vzorčenja ECM gliv ne podajo dovolj informacij o časovni dinamiki njihovih združb (Buée in sod., 2005). Vzorčenja bi morala biti zastavljena večkrat letno in zajeti dejavnike (kot je na primer suša), pod vplivom katerih je lahko rast nekaterih vrst ECM gliv omejena (Kennedy in Peay, 2007), druge pa sploh niso aktivne (Shi in sod., 2002). Bruns (1995) ocenjuje, da so se ECM glive zmožne hitro odzvati na sezonska nihanja v temperaturi, vlagi in svetlobi. Hiter obrat vrst je možen že na letni ravni (Izzo in sod., 2005a; Courty in sod., 2008), kar potrjujejo tudi naši rezultati. Zanimivo je, da raziskave, opravljene v naravnih sestojih z mediteranskim podnebjem, poročajo o manjši sezonski dinamiki ECM združb (Smith in sod., 2007; Pena in sod., 2010) kot raziskave, opravljene v zmernih ali alpskih podnebnih razmerah (Buée in sod., 2005; Courty in sod., 2008; Koide in sod., 2007). Dinamika združbe ECM gliv na ploskvi Abitanti bi najverjetneje, glede na klimatske pogoje (submediteransko podnebje), lahko bila nekje vmes. Goicoechea in sod. (2009) razloge v sezonski variabilnosti ne iščejo samo v abiotskih dejavnikih, ampak tudi v sezonskih nihanjih ogljikovih hidratov (sladkorjev), ki jih ECM glive dobijo od gostiteljskih dreves. Razpoložljivost ogljikovih hidratov za ECM glive je odvisna od številnih dejavnikov, kot so stopnja fotosinteze; translokacija sladkorjev od listov do korenin; mobilizacija sladkorjev, shranjenih v različnih organih; ali stopnja respiracije za vzdrževanje drevesnih struktur v hladni sezoni.

Presenetljivo je, da sta si mladje in odrasel sestoj delila samo tri vrste ECM gliv, to so *Cenococcum geophilum*, *Russula olivacea* in *Lactarius ruginosus*, čeprav se mladje razvija znotraj odraslega sestoja in imajo miceliji v odraslem sestoju prisotnih vrst ECM gliv možnost širjenja v območje mladja. Opažene razlike v sestavi in strukturi združbe ECM gliv med odraslim sestojem in mladjem bi lahko pripisali: i) razlikam v pogojih v tleh, ki so odvisni od razvojne faze sestoja (vlažnost, mikroklima, debelina organskega sloja,...) ii) neuspešnosti ECM gliv v odraslem sestoju pri kolonizaciji drobnih korenin mladja, ko je le-to bilo še na stopnji sadik zaradi motenj (npr. suša) iii) premalo

obsežnemu vzorčenju in dejstvu, da bi lahko večje število vzorčnih enot morda doprineslo k večjemu ujemanju med proučevanima razvojnima fazama. K temu, da se v mladju pojavlja drugačna sestava in struktura združbe ECM gliv kot v odraslem sestoju, pa bi lahko prispevala tudi kombinacija več dejavnikov, česar v našem raziskovalnem delu nismo proučevali.

5.5 PESTROST ZDRUŽBE EKTOMIKORIZNIH GLIV

Bogastvo vrst ECM gliv na ploskvi Abitanti je z 38 najdenimi vrstami bilo večje v primerjavi z bogastvom vrst v drugih proučevanih sestojih z bukvijo pri nas (Grebenc, 2005; Westergren in sod., 2005; Grebenc in Kraigher, 2009). Opaženo bogastvo vrst na ploskvi Abitanti se ujema z rezultati študije Goicoechea in sod. (2009), ki so v prav tako monokulturnem bukovem gozdu v Španiji našli 40 vrst ECM gliv. Hkrati pa naše ocene kažejo, da naj bi dejansko bogastvo na ploskvi Abitanti bilo večje, in sicer 106 vrst. Naši rezultati zato nekoliko nasprotujejo zaključkom predhodnih raziskav, da v majhnih monokulturnih gozdovih lahko pričakujemo približno 20–35 vrst ECM gliv (Bruns, 1995). V dosedanjih raziskavah pestrosti združb ECM gliv v zmernih in borealnih gozdovih je bilo najdenih od 20–30 ECM vrst (Bruns, 1995), pa do 60 ali več (Moser in sod., 2005; Walker in sod., 2005; Luoma in sod., 2006; Morris in sod., 2008; Lang in sod., 2011). Večje opaženo in dejansko bogastvo vrst v našem sestoju v primerjavi z drugimi proučevanimi sestoji z bukvijo v Sloveniji in drugod pripisujemo temu, da se ploskev Abitanti najverjetneje nahaja na ekotonu, za takšna mejna oz. prehodna področja pa je značilno večje bogastvo vrst kot v območjih izven ekotona.

Analiza vpliva letnega časa in razvojne faze sestoja na bogastvo, pestrost in izenačenost vrst združbe ECM gliv na ploskvi Abitanti je pokazala, da je letni čas značilno vplival na bogastvo in pestrost vrst, medtem ko vpliva razvojne faze sestoja nismo ugotovili. Da letni čas vpliva na bogastvo in pestrost vrst ECM gliv, je bilo ugotovljeno že v nekaterih predhodnih raziskavah letne dinamike ECM združb (Koide in sod., 2007; Pena in sod., 2010; Cowden in Peterson, 2013). Koide in sod. (2007) so vpliv sezonskih sprememb na pestrost vrst ECM gliv razlagali na osnovi meteoroloških spremenljivk in dostopnosti nekoloniziranih korenin, Cowden in Peterson (2013) pa na osnovi sprememb v količini ogljikovih hidratov, ki jih ECM glive dobijo od gostiteljev. V naši študiji smo v mladju spomladi opazili značilno večje bogastvo kot jeseni, neznatno večje pa je spomladi bilo tudi v odraslem sestoju. Pestrost je prav tako bila neznatno višja v obeh razvojnih fazah spomladi kot jeseni. Rezultati nasprotujejo študijam, ki so jih opravili Courty in sod. (2008), Pena in sod. (2010) ter Cowden in Peterson (2013), ki so večjo pestrost vrst ECM gliv zaznali jeseni kot spomladi. Naši rezultati pa se ujemajo z ugotovitvami študije Richard in sod. (2011), ki je bila za razliko od nasprotujočih študij opravljena v mediteranskem območju. Richard in sod. (2011) so pri proučevanju vpliva sezonskih sprememb in suše na združbo ECM gliv v mediteranskem hrastovem gozdu tako kot mi večjo pestrost vrst ECM gliv zaznali spomladi kot jeseni. To nakazuje, da bi se lahko sezonska dinamika pestrosti združb ECM gliv razlikovala glede na podnebje oziroma razporeditev padavin in sušne dobe preko leta. V primerjavi s celinskim podnebjem poletno sušno obdobje submediteranskega podnebja traja dlje, pa

tudi povprečne dnevne temperature so višje, kar bi lahko bili razlogi za manjšo pestrost jeseni. Hkrati bi lahko večjo pestrost spomladi (marca) pripisali tudi dejstvu, da ko je v celinskih gozdovih marca ponekod še prisotna snežna odeja ali so tla zmrznjena, so v submediteranskem območju tla kopna, kar nudi ugodnejše pogoje za rast drobnih korenin in kolonizacijo ECM gliv. Da bi preverili naša predvidevanja, bi bila potrebna dodatna vzorčenja ECM, ki bi bila zasnovana preko celega leta in več let zapored. Tako bi lahko odgovorili na vprašanje, kaj se dogaja z drobnimi koreninami in združbo ECM gliv v submediteranskih predelih v obdobju zime in ali so morda združbe ECM gliv na teh območjih takrat bolj aktivne kot na območjih s celinskim podnebjem.

Analiza drobljenja pestrosti za ploskev Abitanti je pokazala, da je bila vrednost beta pestrosti 2,09. Naši podatki naj bi tako zajeli dva enako utežena popolnoma različna vzorca oziroma dve kategoriji namesto štirih, kar dodatno potrjuje značilen vpliv letnega časa na pestrost združbe ECM gliv. Rezultat drobljenja pestrosti je pokazal, da so vrednosti vseh treh komponent pestrosti bile znatno višje spomladi. Baselga in sod. (2010) so ugotavljali, da je beta pestrost lahko posledica dveh različnih pojavov: 1.) vgnezenosti (ang. *nestedness*) in 2.) obrata vrst. Vgnezenost je pojav, pri katerem so združbe na območjih z manjšim številom vrst podmnožice združb na območjih z večjim številom vrst, kar odraža nenaključno izgubo vrst. Nasprotno pa prostorski obrat kaže na zamenjavo nekaterih vrst z drugimi kot posledico okoljskega razporejanja ali prostorskih ovir. V naši raziskavi je bila beta pestrost najdenih vrst ECM gliv v obeh sestojih posledica obrata vrst, saj se je večina spomladi najdenih vrst ECM gliv jeseni zamenjala z drugimi vrstami.

Drobljenje pestrosti na nivoju kategorij je pokazalo, da so bile razlike med razvojnima fazama večje spomladi kot jeseni, kar bi lahko pripisali večji pestrosti spomladi. Spomladi smo večje razlike v pestrosti med vzorčnimi enotami kot tudi znotraj vzorčnih enot zabeležili v mladju, kar kaže na to, da bi lahko bila spomladi združba ECM gliv v mladju precej bolj dinamična, združba v odraslem sestoju pa bolj stabilna. Jeseni so bile razlike v komponentah pestrosti med razvojnima fazama manjše in v nasprotju s pomladjo višje v odraslem sestoju, razen beta pestrosti. Predvidevamo, da so bile po poletni suši razmere za združbo ECM gliv stabilnejše oziroma ugodnejše v odraslem sestoju, vendar bodo za natančnejšo razlago potrebne dodatne raziskave.

Ocene bogastva vrst za ploskev Abitanti so pokazale večje dejansko bogastvo vrst od opaženega in posledično nizko učinkovitost vzorčenja. Na podlagi razmerja med opaženim (38 vrst) in dejanskim bogastvom vrst (106 vrst) smo izračunali, da je bila učinkovitost vzorčenja 36%, kar pomeni, da smo bogastvo na ploskvi v veliki meri podcenili. Da bi dosegli dejansko bogastvo, bi morali na ploskvi Abitanti po ocenah vzeti okoli 120 vzorčnih enot. Bogastvo vrst smo podcenili tudi na nivoju kategorij, pri katerih je bila učinkovitost vzorčenja 19–56%. Najbolje smo povzorčili oba sestoja jeseni, medtem ko smo najbolj podcenili bogastvo v odraslem sestoju spomladi. Glede na to, da je bilo število vrst ECM gliv podcenjeno, se poraja vprašanje, v kolikšni meri je bilo naše vzorčenje reprezentativno, vrednotenje pestrosti pa pravilno. S podobnimi težavami so se soočali tudi Saari in sod. (2005), ki po 40 vzorcih drobnih korenin rdečega bora (*Pinus sylvestris* L.) prav tako niso dosegli asimptote bogastva vrst ECM gliv, čeprav so našli polovico manj vrst kot jih je bilo najdenih v tej študiji. Šibka

korelacija med opaženim in dejanskim bogastvom vrst je pogost pojav pri karakterizaciji združb ECM gliv (Cline in sod., 2005; Kjølner, 2006; Korkama in sod., 2006). Težavna izvedba izčrpnega popisa vrst ECM gliv na drobnih koreninah delno izvira iz njihove gručaste razporeditve v prostoru, kar zmanjšuje verjetnost, da bomo povzorčili vse prisotne vrste (Taylor, 2002). Nizko učinkovitost vzorčenja pa lahko pripišemo tudi dinamičnosti in nepredvidljivosti združb ECM gliv, saj lahko po številnih letih vzorčenja še vedno najdemo nove vrste. To so dokazali Straatsma in sod. (2001), ki po 21-letnem vzorčenju v raziskavi pestrosti in fenologije trosnjakov niso uspeli doseči dejanskega bogastva vrst, ki so ga podale ocene. Glede na to, da so ECM združbe vrstno pestre, dinamične in težko povzorčimo dejansko bogastvo vrst, je poleg pravilnega vrednotenja pestrosti posamezne ECM združbe vprašljiva tudi primerjava pestrosti različnih ECM združb. Pri tem bi lahko upoštevali predloge, ki sta jih podala Chao in Jost (2012), da za primerjavo pestrosti različnih združb vsako združbo povzorčimo do enake vzorčne popolnosti oz. pokritosti, po kateri nadaljnje vzorčenje ni več potrebno. Poleg tega bi glede na številne dejavnike, ki vplivajo na pestrost združb ECM gliv, vzorčenje, ki bi zajelo večji del njihove prostorske in časovne heterogenosti, verjetno prineslo tudi večji odstotek vzorčne popolnosti.

Na podlagi ocen rarefakcijske analize ugotavljamo, da bi za doseg opaženega bogastva vrst lahko v posameznih vzorčnih enotah pregledali precej manj drobnih korenin in VEK. Število VEK, ki jih je bilo potrebno pregledati, da smo zabeležili vse opažene vrste, je bilo v obeh razvojnih fazah višje spomladi kot jeseni. To nakazuje, da bi lahko v prihodnosti izboljšali uporabljeno metodologijo vzorčenja ECM, upoštevajoč dejavnike, ki oblikujejo vzorce pestrosti združb ECM gliv, kot je na primer letni čas. Za povečanje učinkovitosti vzorčenja in ločevanja drobnih korenin ter posledično izboljšanje vrednotenja pestrosti združb ECM gliv na koreninah predlagamo, da se v vzorcih drobnih korenin ne pregleduje vseh drobnih korenin, ampak le del, hkrati pa se poveča število vzorcev tal. Količino vložene napora in časa ter stroške analize bi lahko dodatno zmanjšali tudi tako, da bi strukturo in sestavo združb ECM gliv na drobnih koreninah določali na podlagi njihove pogostosti in ne številčnosti. Pri tem bi relativno številčnost vrst ECM gliv namesto na podlagi števila vitalnih ektomikoriznih korenin, ki so jih vrste zasedale, določili na podlagi števila vzorcev tal oz. vzorčnih enot, v katerih so se pojavile. To pomeni, da osebek ne bi bila vitalna ektomikorizna korenina z določeno vrsto ECM glive, ampak vzorčna enota, v kateri bi vrsta bila prisotna. Podoben pristop pri vrednotenju pestrosti združb ECM gliv so uporabili že Cline in sod. (2005), Koide in sod. (2005) ter Smith in sod. (2007), ki so indekse pestrosti računali na podlagi pogostosti pojavljanja in ne številčnosti vrst ECM gliv. Pri tem ne gre zanemariti ugotovitev Lilleskova in sod. (2004), da imajo vrste ECM gliv z bolj izrazito gručasto razporeditvijo manjšo možnost, da jih povzorčimo, kot pa vrste z relativno enakomerno razporeditvijo, kar bi lahko vplivalo na kvantifikacijo vrst in vrednotenje pestrosti. Te razlike med vrstami ECM gliv z različno prostorsko razporeditvijo bi najverjetneje lahko do določene mere zmanjšali s povečanjem števila vzorcev tal.

5.6 TEŽAVE PRI ANALIZI IN PRIMERJAVI REZULTATOV

Pri analizi vpliva razvojne faze sestoja in letnega časa na proučevane parametre združbe ECM gliv na ploskvi Abitanti smo v nekaterih primerih opazili vidne razlike, ki pa se niso izkazale za statistično značilne. Temu bi lahko pripisali več vzrokov: ker značilnih razlik morda dejansko ni bilo ali pa je bilo vzorčenje nezadostno, da bi zaznali statistično značilnost. Glede na to, da je bilo število odvzetih vzorcev tal majhno, ponovitev na različnih nivojih vzorčenja (na nivoju razvojne faze sestoja, letnega časa, leta in ploskve) pa ni bilo, je potrebna previdnost pri posploševanju naših rezultatov preko širših prostorsko-časovnih skal.

Težave so se pojavljale tudi pri primerjavi rezultatov z do sedaj opravljenimi študijami, saj so pri vrednotenju pestrosti ECM združb različne študije uporabljale različne pristope: različno metodologijo vzorčenja (število odvzetih vzorcev tal, velikosti sond in število pregledanih drobnih korenin), različne pristope k identifikaciji tipov ECM (definicija osebka in koncept vrste) ter različne pristope k vrednotenju pestrosti (orodja, definicije in mere). Ker so primerjave med študijami pogosto nemogoče, se poraja potreba po standardizaciji protokola vzorčenja združb ECM gliv, predvsem natančnejše opredelitve načina in intenzitete vzorčenja, ki je temelj za nadaljnje vrednotenje sestave in strukture združb ECM gliv ter njihove pestrosti.

5.7 PREDLOGI ZA NADALJNJE RAZISKAVE

Menimo, da naša raziskava prispeva k boljšemu razumevanju, kako se združbe ECM gliv spreminjajo v času in prostoru, čeprav je zajela le majhen del prostorske in časovne komponente. Vzorčenje skozi vse leto in v še več različnih razvojnih fazah sestoja bi pokazalo, kako hitro se te spremembe dogajajo, kar naj bi bilo tudi v prihodnje ključno področje raziskav ECM gliv (Taylor, 2002; Courty in sod., 2010). Hkrati bi metodologijo vzorčenja lahko podkrepili s ponovitvami na vseh nivojih vzorčenja (razvojne faze, letnega časa in ploskve). Rezultati naše raziskave nakazujejo, da bi lahko pri oblikovanju vzorcev v sestavi in pestrosti ECM združb ter njihovi dinamiki na regionalni ravni ključno vlogo igralo podnebje. Naša spoznanja o vplivu letnega časa in razvojne faze sestoja se lahko aplicirajo na področje metodologije vzorčenja združb ECM gliv. Prav tako lahko naše ugotovitve o potrebnem številu in velikosti vzorcev tal in drobnih korenin prispevajo k izboljšanju obstoječih metod vzorčenja in vrednotenja združb ECM gliv, tako na območju Slovenije kot tudi širše. S posodobitvijo obstoječe metodologije lahko zmanjšamo porabo časa in stroške raziskav ECM na drobnih koreninah, ki bodo po našem mnenju v iskanju spoznanj o delovanju gozdnih ekosistemov samo še pridobile na pomenu.

6 SKLEPI

Na drobnih koreninah bukve na ploskvi Abitanti smo našli 38 različnih tipov ECM, od katerih je bilo do sedaj na bukvi na območju Slovenije in drugod zabeleženih in objavljenih 11 tipov ECM. Za 30 tipov ECM smo na bukvi naredili prvi kratek opis in za 3 izmed njih smo z molekularno analizo potrdili, da gre najverjetneje za nov tip ECM oz. novo vrsto ECM glive. Rezultati potrjujejo našo prvo hipotezo, da bomo v raziskavi zabeležili nove ali na bukvi še neopisane tipe ECM.

Druga in tretja hipoteza sta predvidevali vpliv letnega časa in razvojne faze na parametre združbe ECM gliv, ki smo jih proučevali: na delež vitalnih ektomikoriznih korenin, zastopanost eksploracijskih tipov ter sestavo, strukturo in pestrost združbe ECM gliv.

Z drugo hipotezo smo predvidevali spreminjanje parametrov ECM združbe glede na letni čas, saj se z menjavo letnih časov spreminjajo razmere v tleh, kot sta temperatura in razpoložljivost hranil. Hipotezo smo potrdili, saj smo ugotovili, da je letni čas značilno vplival na vse proučevane parametre združbe ECM gliv. Spomladi smo na drobnih koreninah zabeležili tako večji delež vitalnih ektomikoriznih korenin kot tudi večje bogastvo in pestrost vrst ECM gliv. Z letnim časom se je spreminjala tudi sestava in struktura združbe, saj smo spomladi zabeležili večje število različnih družin in rodov ECM gliv ter eksploracijskih tipov.

Tretja hipoteza je predvidevala vpliv razvojne faze sestoja na proučevane parametre združbe ECM gliv, saj se s spreminjanjem razvojne faze sestoja za ECM spreminjajo razmere rastišča, kot so na primer količina razpoložljivih hranil, zadrževanje vode, stopnja osenčenosti in stabilnost razmer v tleh. Kljub temu, da smo v obeh letnih časih zabeležili večji delež vitalnih ektomikoriznih korenin ter število različnih družin in rodov ECM gliv v odraslem sestoju, večjo pestrost vrst ECM gliv v mladju, hkrati pa med razvojnima fazama opazili tudi razlike v zastopanosti eksploracijskih tipov in sestavi vrst, nobena od opaženih razlik med razvojnima fazama ni bila statistično značilna, zato hipoteze nismo potrdili. Povsem neodvisna od razvojne faze je bila le struktura združbe ECM gliv, ki se med sestojema ni razlikovala.

Edini parameter, pri katerem smo opazili značilno interakcijo med letnim časom in razvojno fazo sestoja, je bila zastopanost eksploracijskih tipov.

Tekom izvajanja zastavljene raziskave smo naleteli na več težav, ki jih je možno odpraviti ter izboljšati uporabljeno metodologijo vzorčenja ECM. Predlagamo, da se za študije ECM na primerljivih področjih:

- poveča število vzorcev tal oziroma vzorčnih enot, s čimer zmanjšamo vpliv gručaste razporeditve drobnih korenin in ECM ter izboljšamo vzorčenje in kvantifikacijo vrst ECM gliv z enakomerno in vrst ECM gliv z bolj gručasto prostorsko razporeditvijo
- v vzorcih ne pregleduje vseh korenin, ampak le v naprej določeno število drobnih korenin, s čimer zmanjšamo količino vloženega napora in stroške analiz

- relativno številčnost vrst ECM gliv namesto na podlagi števila vitalnih ektomikoriznih korenin, ki so jih zasedale, določi na podlagi števila vzorčnih enot, v katerih so se pojavile, s čimer zmanjšamo količino vloženega napora in stroške analiz
- intenziteta vzorčenja (število vzetih vzorcev tal oz. vzorčnih enot in pregledanih drobnih korenin) za doseganje večje vzorčne popolnosti in natančnejših ocen bogastva vrst prilagodi letnemu času, v letnih časih z večjo pestrostjo ECM gliv pa tudi razvojni fazi sestoja

7 POVZETEK

Različne vrste ECM gliv imajo različne vzorce privzema in prenosa hranil v tleh, zato večja vrstna pestrost združb ECM gliv nudi njihovim drevesnim partnerjem prednost pri izkoriščanju razpoložljivih virov v okolju ter omogoča učinkovitejše kroženje ogljika in hranil v gozdnih ekosistemih. Kljub njihovi pomembni vlogi v gozdnih tleh vemo o prostorsko-časovni dinamiki in vzorcih pestrosti združb ECM gliv relativno malo. Ker združbo ECM gliv oblikujejo številni biotski in abiotski dejavniki, smo z namenom, da bi čim bolj zajeli njeno prostorsko in časovno heterogenost, zasnovali raziskavo, v kateri smo želeli proučiti vpliv letnega časa in razvojne faze na nekatere njene parametre: delež vitalnih ektomikoriznih korenin, zastopanost eksploracijskih tipov ter sestavo, strukturo in pestrost.

Na območju Slovenije je bilo do sedaj opravljenih že več študij pestrosti ECM gliv, med drugim tudi na bukvi (*Fagus sylvatica* L.), ki je najpogostejša in gospodarsko pomembna drevesna vrsta v Sloveniji ter znana ECM vrsta. Ker je bila večina raziskav pestrosti ECM gliv opravljenih na rastiščih v dinarskem in predalpskem svetu s celinskim podnebjem, smo za raziskovalno območje izbrali enega izmed maloštevilnih bukovih rastišč s submediteranskim podnebjem: raziskovalno ploskev Abitanti smo postavili v monokulturnem bukovem sestoju v Slovenski Istri. ECM smo vzorčili dvakrat v letu 2010 (spomladi in jeseni) v dveh razvojnih fazah sestoja (odraslem sestoju in mladju). Tipe ECM na drobnih koreninah smo identificirali z uporabo morfološko-anatomske in molekularne identifikacije. Za analizo podatkov o proučevanih parametrih združbe ECM gliv smo uporabili več različnih statističnih metod.

Na ploskvi Abitanti smo v 12 vzorcih tal na drobnih koreninah bukve določili 38 različnih tipov ECM. Največ tipov ECM je pripadalo rodu *Tomentella*, najbolj pogosta in številčna pa sta bila tipa *Cenococcum geophilum* in *Russula olivacea*. Na podlagi molekularne identifikacije smo ugotovili, da gre pri treh najdenih tipih najverjetneje za nov tip ECM oz. vrsto ECM glive.

Vitalne ektomikorizne korenine so na celotni ploskvi zavzemale 15% vseh drobnih korenin, v vzorcih tal od približno 3 do 50 %, njihov delež pa se je spreminjal glede na letni čas. V mladju je bil spomladi delež vitalnih ektomikoriznih korenin dvakrat višji kot jeseni, podoben neznačilen trend pa smo opazili tudi v odraslem sestoju.

Tipi ECM, ki smo jih našli na ploskvi Abitanti, so pripadali štirim različnim eksploracijskim tipom: kontaktnemu eksploracijskemu tipu, eksploracijskemu tipu na kratke razdalje ter gladkemu in resastemu eksploracijskemu tipu na srednje razdalje. Po številu korenin in vrst ECM gliv je bil na ploskvi najbolj zastopan eksploracijski tip na kratke razdalje. Spomladi smo v obeh razvojnih fazah zabeležili vse štiri eksploracijske tipe, jeseni pa v vzorcih nismo našli gladkega tipa na srednje razdalje. Največjo spremembo smo opazili v mladju jeseni, kjer je bil prisoten samo eksploracijski tip na kratke razdalje. Med zastopanostjo eksploracijskih tipov po številu korenin, letnim časom in razvojno fazo sestoja je prihajalo do interakcije, medtem ko dejavnika na zastopanost eksploracijskih tipov po številu vrst ECM gliv nista vplivala.

Podrobna analiza združbe ECM gliv na ploskvi Abitanti je pokazala, da je na sestavo in strukturo združbe vplival predvsem letni čas, saj sta sestava in struktura bili bolj podobni v obeh razvojnih fazah v istem letnem času, kot pa v obeh letnih časih v isti razvojni fazi sestoja. Struktura združbe ECM gliv na ploskvi Abitanti se je na podlagi relativne številčnosti vrst z nekaj dominantnimi vrstami in večino maloštevilnih vrst najbolj prilegala logaritemski normalni porazdelitvi. Takšno strukturo združbe, značilno za stabilne razmere, smo opazili tudi v obeh razvojnih fazah spomladi, medtem ko je jeseni bila relativna številčnost vrst bolj neizenačena in bližje geometrični porazdelitvi. V veliki meri se je med obema razvojnima fazama v obeh letnih časih razlikovala tudi sestava združbe ECM gliv. Edina tipa ECM, ki smo ju našli v obeh letnih časih in v obeh razvojnih fazah, sta bila *Cenococcum geophilum* in *Russula olivacea*, razvojni fazi pa sta si spomladi delili tudi vrsto *Lactarius ruginosus*. V mladju smo tako spomladi kot jeseni našli še vrsto *Russula raoultii*, medtem ko so v odraslem sestoju glede na letni čas bile v združbi prisotne popolnoma druge vrste. Ti rezultati nakazujejo precejšnjo prostorsko in časovno ločenost vrst v združbi ECM gliv.

V primerjavi z drugimi proučevanimi sestoji z bukvijo pri nas je bilo bogastvo vrst ECM gliv na drobnih koreninah bukve na ploskvi Abitanti večje. Ugotovili smo, da je letni čas značilno vplival na bogastvo in pestrost vrst ECM gliv, ki sta bila večja spomladi, medtem ko razvojna faza ni imela značilnega vpliva. Vrednost beta pestrosti je pokazala, da smo v okviru raziskave zajeli dva popolnoma različna vzorca oziroma združbi ECM gliv, kar še dodatno potrjuje vpliv letnega časa.

Po naših ocenah smo povzročili 36 % tipov ECM, saj naj bi bilo dejansko število tipov ECM na ploskvi Abitanti 106. Da bi dosegli popolno vzorčno pokritost bi morali odvzeti okoli 120 vzorcev tal. Z uporabljenimi metodologijami vzorčenja smo oba sestoja najbolje povzročili jeseni, bogastvo vrst pa najbolj podcenili v odraslem sestoju spomladi. Po drugi strani bi opaženo bogastvo vrst na celotni ploskvi dosegli že, če bi pregledali le okoli tretjino vseh pregledanih drobnih korenin.

Z raziskovalnim delom smo prispevali prvo analizo pestrosti tipov ECM v monokulturnem bukovem sestoju s submediteranskim podnebjem. Poleg tega, da smo osvetlili posebnosti submediteranskih bukovih rastišč in biogeografijo nekaterih vrst ECM gliv na bukvi, smo prispevali tudi k boljšemu poznavanju: katere vrste ECM gliv se v Sloveniji povezujejo z bukvijo; katere vrste ECM gliv se pojavljajo v različnih razvojnih fazah bukovega sestoja in s tem potencialno povezujejo drevesa mlajših in odraslih razvojnih faz; katere vrste ECM gliv si bukev deli z drugimi drevesnimi vrstami; ter kakšen je vpliv letnega časa in razvojne faze sestoja na sestavo, strukturo in pestrost združb ECM gliv. Ugotavljamo, da bukov sestoj na ploskvi Abitanti v primerjavi z drugimi območji primerljivih študij ECM poseduje vrstno zelo pestro združbo ECM gliv s specifično vrstno sestavo, ki združuje značilnosti združb ECM gliv na bukvi na območjih s celinskim in sredozemskim podnebjem. Iz velike vrstne pestrosti in specifične sestave združbe ECM gliv sklepamo, da se proučevani bukov sestoj nahaja na ekotonu, kjer prihaja do stika teh dveh podnebij. To daje rastišču velik ekološki pomen in raziskovalni potencial za študije prehodnega področja med celinskim in submediteranskim podnebjem.

Ugotavljamo, da je letni čas dejavnik, ki vpliva na pojavljanje tipov ECM, delež vitalnih ektomikoriznih korenin, zastopanost eksploracijskih tipov ter sestavo, strukturo in pestrost združbe ECM gliv, medtem razvojni fazi sestoja vpliva na omenjene parametre kljub opaženim razlikam ne moremo pripisati. Na nekatere naše rezultate je najverjetneje vplivalo nezadostno vzorčenje in pomanjkljivosti v metodoloških pristopih k analizi združbe ECM gliv, zato predlagamo izboljšave v smislu bolj učinkovitega in pogostega vzorčenja (skozi vse leto), s ponovitvami na več nivojih vzorčenja (razvojne faze, letnega časa in ploskve) ter hkratnim proučevanjem vpliva večjega števila dejavnikov, ki ustvarjajo prostorsko in časovno heterogenost življenjskega okolja ECM gliv.

8 VIRI

- Agerer R. 1991. Characterization of ectomycorrhiza. V: Techniques for the study of mycorrhiza. Methods in microbiology, 23. Norris J.R., Read D.J., Varma A.K. (ur.). London, Academic Press: 25–73
- Agerer R. 2001. Exploration types of ectomycorrhizal mycelial systems. A proposal to classify mycorrhizal mycelial systems with respect to their ecologically important contact area with the substrate. Mycorrhiza, 11: 107–114
- Agerer R. 2006. Fungal relationships and structural identity of their ectomycorrhizae. Mycological Progress, 5, 2: 67–107
- Agerer R. 1987. Studies on ectomycorrhizae. X. Mycorrhizae formed by *Cortinarius obtusus* and *C. venetus* on spruce. Mycologia, 79, 4: 524–539
- Agerer R. 1999. Never change a functionally successful principle: the evolution of Boletales s.l. (Hymenomycetes, Basidiomycota) as seen from below-ground features. Sendtnera, 6: 5–91
- Agerer R. 1995. Anatomical characteristics of identified ectomycorrhizas. An attempt towards a natural classification. V: Mycorrhiza. Varma A., Hock B. (ur.). Berlin, Springer: 685–734
- Agerer R., Grote R., Raidl S. 2002. The new method “micromapping”, a means to study species-specific associations and exclusions of ectomycorrhizae. Mycological Progress, 1: 155–156
- Agerer R., Rambold G. 2004–2016. DEEMY – An information system for characterization and determination of ectomycorrhizae. München, Germany
- Agerer R., Kraigher H., Javornik B. 1996. Identification of ectomycorrhizae of *Hydnum rufescens* on Norway spruce and the variability of the ITS region of *H. rufescens* and *H. repandum* (Basidiomycetes). Nova Hedwigia, 63, 1: 183–194
- Al Sayegh Petkovšek S., Kraigher H. 1999. Black types of ectomycorrhizae on six-month old Norway spruce seedlings. Phytion, 39, 3: 213–217
- Al Sayegh Petkovšek S., Kraigher H. 2000. Types of ectomycorrhizae from Kočevska Reka. Phytion, 40, 4: 37–42
- Al Sayegh Petkovšek S., Kraigher H. 2003. Mycorrhizal potential of two forest research plots with respect to reduction of the emissions from the Thermal Power Plant Šoštanj. Acta Biologica Slovenica, 46, 1: 9–16
- Al Sayegh Petkovšek S. 2005. Belowground ectomycorrhizal fungal communities at *Fagus* stands in differently polluted forest research plots. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 76: 5–38
- Alroy J. 2010a. Geographical, environmental and intrinsic biotic controls on Phanerozoic marine diversification. Palaeontology, 53: 1211–1235
- Alroy J. 2010b. The shifting balance of diversity among major marine animal groups. Science, 329: 1191–1194
- Altschul S. F., Madden T. L., Schäffer A. A., Zhang J., Zhang Z., Miller W., Lipman D. J. 1997. Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. Nucleic Acids Research, 25, 17: 3389–3402
- Ammirati J., Ammirati S., Norvell L., O’Dell T., Puccio M., Seidl M., Walker G., The Puget Sound Mycological Society, Redhead S., Ginns J., Burdsall H., Volk T., Nakasone K. 1994. A preliminary report on the fungi of Barlow Pass. McIlvainea, 2: 10–33

- Anderson I. C. 2006. Molecular ecology of ectomycorrhizal fungal communities: new frontiers. V: Molecular approaches to soil, rhizosphere and plant microorganism analysis. Cooper J. E., Rao J. R. (ur.). Wallingford, CAB International: 183–197
- Andrews J. H. 1991. Comparative ecology of microorganisms and macroorganisms. New York, Springer: 302 str.
- Atlas R., Bartha R. 1981. Introduction to mycology. Reading, Addison-Wesley Publishing Company: 242–244
- Avis P. G., Mueller G. M., Lussenhop J. 2008. Ectomycorrhizal fungal communities in two North American oak forests respond to nitrogen addition. *New Phytologist*, 179, 2: 472–483
- Azul A. M., Freitas H. 1999. Mycorrhizal fungi and their application to forestation programmes with cork oak (*Quercus suber* L.). V: Micorrización en áreas mediterráneas de la Península Ibérica. Badajoz, Junta de Extremadura: 75–82
- Bahram M., Pölme S., Kõljalg U., Tedersoo L. 2011. A single European aspen (*Populus tremula*) tree individual may potentially harbour dozens of *Cenococcum geophilum* ITS genotypes and hundreds of species of ectomycorrhizal fungi. *FEMS Microbiology Ecology*, 75, 2: 313–320
- Baier R., Ingenhaag J., Blaschke H., Göttlein A., Agerer R. 2006. Vertical distribution of an ectomycorrhizal community in upper soil horizons of a young Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) stand of the Bavarian Limestone Alps. *Mycorrhiza*, 16, 3: 197–206
- Baselga A. 2010. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 19, 1: 134–143
- Batič F., Kalan P., Kraigher H., Šircelj H., Simončič P., Vidregar-Gorjup N., Turk B. 1999. Bioindication of different stresses in forest decline studies in Slovenia. *Water, Air and Soil Pollution*, 116: 377–382
- Baxter J. W., Pickett S. T., Carreiro M. M., Dighton J. 1999. Ectomycorrhizal diversity and community structure in oak forest stands exposed to contrasting anthropogenic impacts. *Canadian Journal of Botany*, 77, 6: 771–782
- Baxter J. W., Dighton J. 2001. Ectomycorrhizal diversity alters growth and nutrient acquisition of grey birch (*Betula populifolia*) seedlings in host-symbiont culture conditions. *New Phytologist*, 152: 139–149
- Beenken L. 2001. *Russula foetens* (Pers.: Fr.) Fr.+ *Fagus sylvatica* L. Descriptions of Ectomycorrhizae, 5: 163–168
- Beenken L. 2004. Die Gattung *Russula*. Untersuchungen zu ihrer Systematik anhand von Ektomykorrhizen. PhD Thesis. München, Ludwig-Maximilians Universität: 414 str.
- Bell T. L., Adams M. A. 2004. Ecophysiology of ectomycorrhizal fungi associated with *Pinus* spp. in low rainfall areas of Western Australia. *Plant Ecology*, 171, 1–2: 35–52
- Benson D. A., Karsch-Mizrachi I., Lipman D. J., Ostell J., Sayers, E. W. 2010. GenBank. *Nucleic Acids Research*, 38, 1: 46–51
- Blaudez D., Jacob C., Turnau K., Colpaert J. V., Ahonen-Jonnarth U., Finlay R., Botton B., Chalot M. 2000. Differential responses of ectomycorrhizal fungi to heavy metals in vitro. *Mycological Research*, 104, 11: 1366–1371
- Bonello P., Bruns T. D., Gardes M. 1998. Genetic structure of a natural population of the ectomycorrhizal fungus *Suillus pungens*. *New Phytologist*, 138, 3: 533–542

- Boyd R., Furbank R. T., Read D. J. 1986. Ectomycorrhiza and the water relations of trees. V: Mycorrhizae: physiology and genetics. Gianinazzi-Pearson V., Gianinazzi S. (ur.). Paris, INRA: 689–693
- Bradbury S. M., Danielson R. M., Visser S. 1998. Ectomycorrhizas of regenerating stands of lodgepole pine (*Pinus contorta*). Canadian Journal of Botany, 76, 2: 218–227
- Brand F. 1991. Ektomykorrhizen an *Fagus sylvatica*. Charakterisierung und Identifizierung, ökologische Kennzeichnung und unsterile Kultivierung. Libri Botanici, 2: 1–229
- Bray J. R., Curtis J. T. 1957. An ordination of upland forest communities of southern Wisconsin. Ecological Monographs, 27: 325–349
- Breitenbach J., Kränzlin F. 1984–2000. Fungi of Switzerland. Volumes 1–5. Luzerne, Mykologia
- Bridge P. D. 1998. Applications of PCR in mycology. New York, CAB International: 357 str.
- Brower J. C., Kile K. M. 1988. Sedation of an original data matrix as applied to paleoecology. Lethaia, 21, 1: 79–93
- Bruns T. D., Vigalys R., Barns S. M., González D., Hibbett D. S., Lane D. J., Simon L., Stickel S., Szaro T. M., Weisburg W. G., Sogin M. L. 1992. Evolutionary relationships within the fungi: analyses of nuclear small subunit rRNA sequences. Molecular Phylogenetics and Evolution, 1: 231–241
- Bruns T. D. 1995. Thoughts on the processes that maintain local species diversity of ectomycorrhizal fungi. Plant Soil, 170: 63–73
- Buée M., Vairelles D., Garbaye J. 2005. Year-round monitoring of diversity and potential metabolic activity of the ectomycorrhizal community in a beech (*Fagus sylvatica*) forest subjected to two thinning regimes. Mycorrhiza, 15: 235–243
- Bunge J., Fitzpatrick M. 1993. Estimating the number of species: a review. Journal of the American Statistical Association, 88: 364–373
- Carlile M. J., Watkinson S. C., Gooday G. W. 2001. The fungi. 2nd edition. London, Academic Press: 608 str.
- Chao A. 1984. Non-parametric estimation of the number of classes in a population. Scandinavian Journal of Statistics, 11: 265–270
- Chao A. 1987. Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability. Biometrics, 43: 783–791
- Chao A. 2005. Species estimation and applications. V: Encyclopedia of statistical sciences. 2nd Edition, Vol. 12. Balakrishnan N., Read C. B., Vidakovic B. (ur.). New York, Wiley: 7907–7916
- Chao A., Jost L. 2012. Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. Ecology, 93: 2533–2547
- Cline E. T., Ammirati J. F., Edmonds R. L. 2005. Does proximity to mature trees influence ectomycorrhizal fungus communities of Douglas-fir seedlings?. New Phytologist, 166: 993–1009
- Coleman M. D., Bledsoe C. S., Lopushinsky W. 1989. Pure culture response of ectomycorrhizal fungi to imposed water stress. Canadian Journal of Botany, 67: 29–39

- Colwell R. K., Coddington J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society, Series B*, 345: 101–118
- Colwell R. K., Mao C. X., Chang J. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*, 85: 2717–2727
- Colwell R. K. 2005. Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7. User's guide and application <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates> (maj, 2013)
- Colwell R. K., Chao A., Gotelli N. J., Lin S. Y., Mao C. X., Chazdon R. L., Longino J. T. 2012. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology*, 5, 1: 3–21
- Colwell R. K. 1997–2013. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.0
- Conn C., Dighton J. 2000. Litter quality influences on decomposition, ectomycorrhizal community structure and mycorrhizal root surface acid phosphatase activity. *Soil Biology and Biochemistry*, 32, 4: 489–496
- Cooke R. C., Rayner A. D. 1984. *Ecology of saprotrophic fungi*. London, Longman: 415 str.
- Courty P. E., Franc A., Pierrat J. C., Garbaye J. 2008. Temporal changes in the ectomycorrhizal community in two soil horizons of a temperate oak forest. *Applied and Environmental Microbiology*, 74, 18: 5792–5801
- Courty P. E., Buée M., Diedhiou A. G., Frey-Klett P., Le Tacon F., Rineau F., Turpault M. P., Uroz S., Garbaye J. 2010. The role of ectomycorrhizal communities in forest ecosystem processes: new perspectives and emerging concepts. *Soil Biology and Biochemistry*, 42, 5: 679–698
- Coutts M. P., Nicoll, B. C. 1990. Growth and survival of shoots, roots, and mycorrhizal mycelium in clonal Sitka spruce during the first growing season after planting. *Canadian Journal of Forest Research*, 20: 861–868
- Cowden C. C., Peterson C. J. 2013. Annual and seasonal dynamics of ectomycorrhizal fungi colonizing white pine (*Pinus strobus*) seedlings following catastrophic windthrow in northern Georgia, USA. *Canadian Journal of Forest Research*, 43: 215–223
- Cripps C. L., Miller Jr O. K. 1995. Ectomycorrhizae formed in vitro by quaking aspen: including *Inocybe lacera* and *Amanita pantherina*. *Mycorrhiza*, 5, 5: 357–370
- Crous P. W., Gams W., Stalpers J. A., Robert V., Stegehuis G. 2004. MycoBank: an online initiative to launch mycology into the 21st century. *Studies in Mycology*, 50, 1: 19–22
- Cudlín P., Kieliszewska-Rokicka B., Rudawska M., Grebenc T., Alberton O., Lehto T., Bakker M., Børja I., Konopka B., Leski T., Kraigher H., Kuyper T. W. 2007. Fine roots and ectomycorrhizas as indicators of environmental change. *Plant Biosystems*, 141, 3: 406–425
- Dahlberg A. 2001. Community ecology of ectomycorrhizal fungi: an advancing interdisciplinary field. *New Phytologist*, 150, 3: 555–562
- Dakskobler I. 2008. Pregled bukovih rastišč v Sloveniji. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 87: 3–14

- Danielson R. M. 1984. Ectomycorrhizal associations in jack pine stands in northeastern Alberta. *Canadian Journal of Botany*, 62, 5: 932–939
- De Román M., de Miguel A. M. 2005. Post-fire, seasonal and annual dynamics of the ectomycorrhizal community in a *Quercus ilex* L. forest over a 3-year period. *Mycorrhiza*, 15, 6: 471–482
- De Román M., Claveria V., de Miguel A. M. 2005. A revision of the descriptions of ectomycorrhizas published since 1961. *Mycological Research*, 109: 1063–1104
- Deacon J. W., Fleming L. V. 1992. Interactions of ectomycorrhizal fungi. V: *Mycorrhizal Functioning: an Integrative Plant-Fungal Process*. Allen M. F. (ur.). London, Chapman & Hall: 249–300
- Deckmyn G., Mayer A., Smits M. M., Ekblad A., Grebenc T., Komarov A., Kraigher H. 2014. Simulating ectomycorrhizal fungi and their role in carbon and nitrogen cycling in forest ecosystems. *Canadian Journal of Forest Research*, 44, 6: 535–553
- Deslippe J. R., Hartmann M., Mohn W. W., Simard S. W. 2011. Long-term experimental manipulation of climate alters the ectomycorrhizal community of *Betula nana* in Arctic tundra. *Global Change Biology*, 17, 4: 1625–1636
- Di Marino E. 2008. The ectomycorrhizal community structure in beech coppices of different age. PhD Thesis. Padova, Universities of Padova and München: 230 str.
- Di Tommaso P., Moretti S., Xenarios I., Orobitz M., Montanyola A., Chang J. M., Tally J. F., Notredame C. 2011. T-Coffee: a web server for the multiple sequence alignment of protein and RNA sequences using structural information and homology extension. *Nucleic Acids Research*, 39: 13–17
- Dickie I. A., Xu W., Koide R. T. 2002. Vertical niche differentiation of ectomycorrhizal hyphae in soils as shown by T-RFLP analysis. *New Phytologist*, 156: 527–535
- Dickie I. A., Guza R. C., Krazewski S. E., Reich P. B. 2004. Shared ectomycorrhizal fungi between a herbaceous perennial (*Helianthemum bicknellii*) and oak (*Quercus*) seedlings. *New Phytologist*, 164, 2: 375–382
- Dickie I. A., Reich P. B. 2005. Ectomycorrhizal fungal communities at forest edges. *Journal of Ecology*, 93: 244–255
- Dickie I. A. 2007. Host preference, niches and fungal diversity. *New Phytologist*, 174, 2: 230–233
- Dighton J., Skeffington R. A. 1987. Effects of artificial acid precipitation on the mycorrhizas of Scots pine seedlings. *New Phytologist*, 107, 1: 191–202
- Dominik T. 1957. Badania mikotrofizmu zespolow buka nad Baltykiem. (Investigations on the mycotrophy of beech association on the Baltic Coast.) *Ekologia Polska, Seria A*, 5: 213–256
- Dominik T., Boullard B. 1961. Les associations mycorrhiziennes dans les hêtraises Françaises. I. Recherches preliminaires. Warszawa, Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, 207: 3–30
- Domisch T., Finér L., Lehto T., Smolander A. 2002. Effect of soil temperature on nutrient allocation and mycorrhizas in Scots pine seedlings. *Plant and Soil*, 239, 2: 173–185.
- Donnini D., Bencivenga M. 1995. Micorrize inquinanti frequenti nelle piante tartufigene. Nota 2 – Inquinanti in campo. *Micologia Italiana*, 2: 185–207
- Douhan G. W., Huryk K. L., Douhan L. I. 2007. Significant diversity and potential problems associated with inferring population structure within the *Cenococcum geophilum* species complex. *Mycologia*, 99, 6: 812–819

- Edgar R. C. 2004. MUSCLE: multiple sequence alignment with high accuracy and high throughput. *Nucleic Acids Research*, 32, 5: 1792–1797
- Efron B., Halloran E., Holmes S. 1996. Bootstrap confidence levels for phylogenetic trees. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93, 23: 13429–13434
- Egli S., Peter M., Falcato S. 2002. Dynamics of ectomycorrhizal fungi after windthrow. *Forest Snow and Landscape Research*, 77, 1–2: 81–88
- Erland S., Finlay R. 1992. Effects of temperature and incubation time on the ability of three ectomycorrhizal fungi to colonize *Pinus sylvestris* roots. *Mycological Research*, 96, 4: 270–272
- Erland S., Taylor A. F. S. 2002. Diversity of ecto-mycorrhizal fungal communities in relation to the abiotic environment. V: *Mycorrhizal Ecology*. Van der Heijden M. G. A., Sanders I. R. (ur.). Berlin, Springer: 163–200
- Felsenstein J. 1985. Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. *Evolution*, 39: 783–791
- Fisher R. A., Corbet A. S., Williams C. B. 1943. The relation between the number of species and number of individuals in a random sample of animal population. *Journal of Animal Ecology*, 12: 42–58
- Fleming L. V. 1985. Experimental study of sequences of ectomycorrhizal fungi on birch (*Betula* sp.) seedling root systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 17: 591–600
- Frank B. 1885. Über die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Bäume durch unterirdische Pilze. *Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft*, 3: 128–145
- Gardes M., Bruns T. D. 1993. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes-application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular Ecology*, 2, 2: 113–118
- Gardes M., Bruns T. D. 1996. Community structure of ectomycorrhizal fungi in a *Pinus muricata* forest: above- and below-ground views. *Canadian Journal of Botany*, 74, 10: 1572–1583
- Gebhardt S., Neubert K., Wöllecke J., Münzenberger B., Hüttl R. F. 2007. Ectomycorrhiza communities of red oak (*Quercus rubra* L.) of different age in the Lusatian lignite mining district, East Germany. *Mycorrhiza*, 17, 4: 279–290
- Gebhardt S., Wöllecke J., Münzenberger B., Hüttl R. F. 2009. Microscale spatial distribution patterns of red oak (*Quercus rubra* L.) ectomycorrhizae. *Mycological Progress*, 8, 3: 245–257
- Gehring C. A., Whitham T. G. 1994. Comparisons of ectomycorrhizae on pinyon pines (*Pinus edulis*; Pinaceae) across extremes of soil type and herbivory. *American Journal of Botany*, 81: 1509–1516
- Gehring C. A., Theimer T. C., Whitham T. G., Keim P. 1998. Ectomycorrhizal fungal community structure of pinyon pines growing in two environmental extremes. *Ecology*, 79, 5: 1562–1572
- Genney D. R., Anderson I. C., Alexander I. J. 2006. Fine-scale distribution of pine ectomycorrhizas and their extramatrical mycelium. *New Phytologist*, 170: 381–390
- Gianinazzi-Pearson V. 1984. Host-fungus specificity, recognition and compatibility in mycorrhizae. V: *Genes involved in microbe-plant interactions*. Verma D. P. S., Hohn T. H. (ur.). Vienna, Springer: 225–253

- Godbold D. L., Berntson G. M. 1997. Elevated atmospheric CO₂ concentration changes ectomycorrhizal morphotype assemblages in *Betula papyrifera*. *Tree Physiology*, 17, 5: 347–350
- Goicoechea N., Closa I., de Miguel A. M. 2009. Ectomycorrhizal communities within beech (*Fagus sylvatica* L.) forests that naturally regenerate from clear-cutting in northern Spain. *New Forests*, 38, 2: 157–175
- Good I. J. 1953. The population frequencies of species and the estimation of population parameters. *Biometrika*, 40: 237–264
- Goodman D. M., Trofymow J. A. 1998. Distribution of ectomycorrhizas in microhabitats in mature and old-growth stands of Douglas-fir on southeastern Vancouver Island. *Soil Biology and Biochemistry*, 30, 14: 2127–2138
- Gotelli N. J., Colwell R. K. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecological Letters*, 4: 379–391
- Gotelli N. J., Colwell R. K. 2011. Estimating species richness. V: *Frontiers in measuring biodiversity*. Magurran A., McGill B. (ur.). New York, Oxford University Press: 39–54
- Grebenc T., Kraigher H. 2004. Molekularna analiza bioloških vzorcev: SOP FIGE MET 001. Ljubljana, Gozdarski Inštitut Slovenije: 10 str.
- Grebenc T. 2005. Tipi ektomikorize na bukvi (*Fagus sylvatica* L.) v naravnem in gospodarskem gozdu. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 174 str.
- Grebenc T., Kraigher H. 2007a. Changes in the community of ectomycorrhizal fungi and increased fine root number under adult beech trees chronically fumigated with double ambient ozone concentration. *Plant Biology*, 9, 2: 279–287
- Grebenc T., Kraigher H. 2007b. Types of ectomycorrhiza of mature beech and spruce at ozone-fumigated and control forest plots. *Environmental Monitoring and Assessment*, 128, 1/3: 47–59
- Grebenc T., Kraigher H. 2009. Interakcije v mikorizosferi določajo dinamiko ogljika v ekosistemu bukovih gozdov. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 88: 11–19
- Grebenc T., Christensen M., Vilhar U., Čater M., Martín M. P., Simončič P., Kraigher H. 2009a. Response of ectomycorrhizal community structure to gap opening in natural and managed temperate beech-dominated forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 39, 7: 1375–1386
- Grebenc T., Martín M. P., Kraigher H. 2009b. Ribosomal ITS diversity among the European species of the genus "*Hydnum*" (Hydnaceae). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 66, 1: 121–132
- Gregory P. J. 2006. Roots, rhizosphere and soil: the route to a better understanding of soil science?. *European Journal of Soil Science*, 57, 1: 2–12
- Gronbach E., Agerer R. 1986. Charakterisierung und Inventur der Fichten-Mykorrhizen im Hohlwald und deren Reaktion auf saure Beregnung. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 105: 329–335
- Gronbach E. 1988. Charakterisierung und Identifizierung von Ektomykorrhizen in einem Fichtenbestand mit Untersuchungen zur Merkmalsvariabilität in sauer beregneten Flächen. *Bibliotheca Mycologica*, 125: 1–217
- Gronbach E., Agerer R. 1988. *Cortinarius obtusus*. Plate 12. V: *Colour atlas of ectomycorrhizae*. Agerer R. (ur.). Schwäbisch-Gmünd, Einhorn-Verlag+Druck GmbH.

- Guindon S., Gascuel O. 2003. A simple, fast, and accurate algorithm to estimate large phylogenies by maximum likelihood. *Systematic Biology*, 52, 5: 696–704
- Hagerberg D., Wallander H. 2002. The impact of forest residue removal and wood ash amendment on the growth of the ectomycorrhizal external mycelium. *FEMS Microbiology Ecology*, 39, 2: 139–146
- Hagerman S. M., Jones M. D., Bradfield G. E., Gillespie M., Durall D. M. 1999. Effects of clear-cut logging on the diversity and persistence of ectomycorrhizae at a subalpine forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 29: 124–134
- Hall I. R., Brown G., Zambonelli A. 2007. Taming the truffle: the history, lore, and science of the ultimate mushroom. Portland, Timber: 304 str.
- Hammer Ø., Harper D. A. T., Ryan P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4, 1: 1–9
- Harper J. L. 1977. Population biology of plants. London, Academic Press: 852 str.
- Harvey A. E., Jurgensen M. F., Larsen M. J. 1978. Seasonal distribution of ectomycorrhizae in a mature Douglas-fir/larch forest soil in western Montana. *Forest Science*, 24, 2: 203–208
- Harvey A. E., Jurgensen M. F., Larsen M. J., Graham R. T. 1987. Relationships among soil microsite, ectomycorrhizae, and natural conifer regeneration of old-growth forests in western Montana. *Canadian Journal of Forest Research*, 17: 58–62
- Hibbett D. S., Gilbert L. B., Donoghue M. J. 2000. Evolutionary instability of ectomycorrhizal symbioses in basidiomycetes. *Nature*, 407: 506–508
- Hibbett D. S., Binder M., Bischoff J. F., Blackwell M., Cannon P. F., Eriksson O. E., Huhndorf S., James T., Kirk P. M., Lücking R., Thorsten-Lumbsch H., Lutzoni F., Matheny P. B., Mclaughlin D. J., Powell M. J., Redhead S., Schoch C. L., Spatafora J. W., Stalpers J. A., Vilgalys R., Aime M. C., Aptroot A., Bauer R., Begerow D., Benny G. L., Castlebury L. A., Crous P. W., Dai Y. C., Gams W., Geiser D. M., Griffith G. W., Gueidan C., Hawksworth D. L., Hestmark G., Hosaka K., Humber R. A., Hyde K. D., Ironside J. E., Kõljalg U., Kurtzman C. P., Larsson K. H., Lichtwardt R., Longcore J., Miadlikowska J., Miller A., Moncalvo J. M., Mozley-Standridge S., Oberwinkler F., Parmasto E., Reeb V., Rogers J. D., Roux C., Ryvarden L., Sampaio J. P., Schüßler A., Sugiyama J., Thorn R. G., Tibell L., Untereiner W. A., Walker C., Wang Z., Weir A., Weiss M., White M. M., Winka K., Yao Y. J., Zhang N. 2007. A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. *Mycological Research*, 111, 5: 509–547
- Hill M. O. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54, 2: 427–432
- Hobbie E. A., Agerer R. 2010. Nitrogen isotopes in ectomycorrhizal sporocarps correspond to belowground exploration types. *Plant and Soil*, 327, 1–2: 71–83
- Horton T. R., Bruns, T. D. 1998. Multiple-host fungi are the most frequent and abundant ectomycorrhizal types in a mixed stand of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) and bishop pine (*Pinus muricata*). *New Phytologist*, 139: 331–339
- Horton T. R., Bruns T. D., Parker V. T. 1999. Ectomycorrhizal fungi associated with *Arctostaphylos* contribute to *Pseudotsuga menziesii* establishment. *Canadian Journal of Botany*, 77, 1: 93–102
- Horton T. R., Bruns T. D. 2001. The molecular revolution in ectomycorrhizal ecology: peeking into the black-box. *Molecular Ecology*, 10, 8: 1855–1871

- Hrenko M., Štupar B., Grebenc T., Kraigher H. 2009. Mycobioindication method simplified: Sclerotia of *Cenococcum geophilum* Fr. as indicators of stress in forest soils. V: 7th ISRR Symposium Root Research and Applications, Vienna, 2–4 September 2009. Short paper abstracts: 116
- Hsieh T. C., Ma K. H., Chao A. 2013. iNEXT online: interpolation and extrapolation. Version 1.2.0
- Iosifidou P., Raidl S. 2006. *Clavariadelphus pistillaris* (L.) Donk + *Fagus sylvatica* L. Descriptions of Ectomycorrhizae, 9/10: 21–25
- Ishida T. A., Nara K., Hogetsu T. 2007. Host effects on ectomycorrhizal fungal communities: insight from eight host species in mixed conifer-broadleaf forests. *New Phytologist*, 174: 430–440
- Izzo A., Agbowo J., Bruns T. D. 2005. Detection of plot-level changes in ectomycorrhizal communities across years in an old-growth mixed-conifer forest. *New Phytologist*, 166, 2: 619–630
- Jang S. K., Kim S. W. 2015. Relationship between ectomycorrhizal fruiting bodies and climatic and environmental factors in Naejangsan national park. *Mycobiology*, 43, 2: 122–130
- Jany J. L., Garbaye J., Martin F. 2002. *Cenococcum geophilum* populations show a high degree of genetic diversity in beech forests. *New Phytologist*, 154, 3: 651–659
- Jany J. L., Martin F., Garbaye J. 2003. Respiration activity of ectomycorrhizas from *Cenococcum geophilum* and *Lactarius* sp. in relation to soil water potential in five beech forests. *Plant and Soil*, 255, 2: 487–494
- Jones M. D., Hutchinson T. C. 1986. The effect of mycorrhizal infection on the response of *Betula papyrifera* to nickel and copper. *New Phytologist*, 102, 3: 429–442
- Jones M. D., Durall D. M., Tinker P. B. 1991. Fluxes of carbon and phosphorus between symbionts in willow ectomycorrhizas and their changes with time. *New Phytologist*, 119, 1: 99–106
- Jones M. D., Durall D. M., Cairney J. W. G. 2003. Ectomycorrhizal fungal communities in young forest stands regenerating after clearcut logging. *New Phytologist*, 157: 399–422
- Jonsson L., Dahlberg A., Nilson M. C., Kårén O., Zackrisson O. 1999. Continuity of ectomycorrhizal fungi in self-regenerating boreal *Pinus sylvestris* forests studied by comparing mycobiont diversity on seedlings and mature trees. *New Phytologist*, 142: 151–162
- Jost L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos*, 113, 2: 363–375
- Jost L. 2007. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology*, 88, 10: 2427–2439
- Jost L. 2010. The relation between evenness and diversity. *Diversity*, 2: 207–232
- Kammerbauer H., Agerer R., Sandermann Jr H. 1989. Studies on ectomycorrhiza. *Trees*, 3, 2: 78–84
- Kårén O., Nylund J. E. 1997. Effects of ammonium sulphate on the community structure and biomass of ectomycorrhizal fungi in a Norway spruce stand in southwestern Sweden. *Canadian Journal of Botany*, 75, 10: 1628–1642
- Katoh K., Misawa K., Kuma K., Miyata T. 2002. MAFFT: a novel method for rapid multiple sequence alignment based on fast Fourier transform. *Nucleic Acids Research*, 30, 14: 3059–3066

- Katoh K., Toh H. 2010. Parallelization of the MAFFT multiple sequence alignment program. *Bioinformatics*, 26, 15: 1899–1900
- Kays S., Harper J. L. 1974. The regulation of plant and tiller density in a grass sward. *Journal of Ecology*, 7: 97–105
- Keizer P. J., Arnolds E. 1994. Succession of ectomycorrhizal fungi in roadside verges planted with common oak (*Quercus robur* L.) in Drenthe, The Netherlands. *Mycorrhiza*, 4, 4: 147–159
- Kennedy P. G., Izzo A. D., Bruns, T. D. 2003. There is high potential for the formation of common mycorrhizal networks between understory and canopy trees in a mixed evergreen forest. *Journal of Ecology*, 91: 1071–1080
- Kennedy P. G., Peay K. G. 2007. Different soil moisture conditions change the outcome of the ectomycorrhizal symbiosis between *Rhizopogon* species and *Pinus muricata*. *Plant and Soil*, 291, 1–2: 155–165
- Kernaghan G., Widden P., Bergeron Y., Légaré S., Paré D. 2003. Biotic and abiotic factors affecting ectomycorrhizal diversity in boreal mixed-woods. *Oikos*, 102, 3: 497–504
- Kjøller R. 2006. Disproportionate abundance between ectomycorrhizal root tips and their associated mycelia. *FEMS Microbiology Ecology*, 58, 2: 214–224
- Koide R. T., Xu B., Sharda J. 2005. Contrasting below-ground views of an ectomycorrhizal fungal community. *New Phytologist*, 166: 251–262
- Koide R. T., Shumway D. S., Xu B., Sharda J. N. 2007. On temporal partitioning of a community of ectomycorrhizal fungi. *New Phytologist*, 174: 420–429
- Kõljalg U. 1996. *Tomentella* (Basidiomycota) and related genera in temperate Eurasia. *Synopsis Fungorum*, 9: 1–213
- Kõljalg U., Dahlberg A., Taylor A. F. S., Larsson E., Hallenberg N., Stenlid J., Larsson K. H., Fransson P. M., Kårén O., Jonsson L. 2000. Diversity and abundance of resupinate theleporoid fungi as ectomycorrhizal symbionts in Swedish boreal forests. *Molecular Ecology*, 9, 12: 1985–1996
- Kõljalg U., Nilsson R. H., Abarenkov K., Tedersoo L., Taylor A. F. S., Bahram M., Bates S. T., Bruns T. D., Bengtsson-Palme J., Callaghan T. M., Douglas B., Drenkhan T., Eberhardt U., Dueñas M., Grebenc T., Griffith G. W., Hartmann M., Kirk P. M., Kohout P., Larsson E., Lindahl B. D., Lücking R., Martín M. P., Matheny P. B., Nguyen N. H., Niskanen T., Oja J., Peay K. G., Peintner U., Peterson M., Põldmaa K., Saag L., Saar I., Schüßler A., Scott J. A., Senés C., Smith M. E., Suija A., Taylor D. L., Telleria M. T., Weiss M., Larsson K. H. 2013. Towards a unified paradigm for sequence-based identification of fungi. *Molecular Ecology*, 22: 5271–5277
- Korkama T., Pakkanen A., Pennanen T. 2006. Ectomycorrhizal community structure varies among Norway spruce (*Picea abies*) clones. *New Phytologist*, 171, 4: 815–824.
- Kraigher H., Javornik B., Agerer R. 1995. Ectomycorrhizae of *Lactarius lignyotus* on Norway spruce, characterized by anatomical and molecular tools. *Mycorrhiza*, 5, 3: 175–180
- Kraigher H. 1996. Tipi ektomikorize – pomen, taksonomija in aplikacije. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 49: 33–66

- Kraigher H., Agerer R. 1996. *Hydnum rufescens*. Plate 192. V: Colour atlas of ectomycorrhizae. Agerer R. (ur.). Schwäbisch Gmünd, Einhorn-Verlag+Druck GmbH
- Kraigher H., Batič F., Agerer R. 1996. Types of ectomycorrhizae and mycobioindication of forest site pollution. *Phyton*, 36: 115–120
- Kraigher H. 1997. Mikobioindikacija onesnaženosti dveh gozdnih rastišč. V: Proučevanje propadanja gozdov v Sloveniji v obdobju 1985-1995. Robek, R. (ur.). Ljubljana, Zbornik gozdarstva in lesarstva, 52: 279–322
- Kraigher H. 1999. Diversity of types of ectomycorrhizae on Norway spruce in Slovenia. *Phyton-Annales Rei Botanicae*, 39: 199–202
- Kraigher H., Al Sayegh Petkovšek S., Grebenc T., Simončič P. 2007. Types of ectomycorrhiza as pollution stress indicators: case studies in Slovenia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 128, 1: 31–45
- Kraigher H., Al Sayegh Petkovšek S. 2011. Mycobioindication of stress in forest ecosystems. V: Diversity and Biotechnology of Ectomycorrhizae. Rai M., Varma A. (ur.). Heidelberg, Springer: 301–322
- Kranabetter J. M., Friesen J., Gamiet S., Kroeger P. 2005. Ectomycorrhizal mushroom distribution by stand age in western hemlock-lodgepole pine forests of northwestern British Columbia. *Canadian Journal of Forest Research*, 35, 7: 1527–1539
- Kutnar L., Zupančič M., Robič D., Zupančič N., Žitnik S., Kralj T., Tavčar I., Dolinar M., Zrnec C., Kraigher H. Razmejitev provenienčnih območij gozdnih drevesnih vrst v Sloveniji na osnovi ekoloških regij. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 67: 73–117
- Kuyper T. W. 1986. A revision of the genus *Inocybe* in Europe. I. Subgenus *Inosperma* and the smooth-spored species of subgenus *Inocybe*. *Persoonia-Supplement*, 3, 1: 1–247
- Lang C., Seven J., Polle A. 2011. Host preferences and differential contributions of deciduous tree species shape mycorrhizal species richness in a mixed Central European forest. *Mycorrhiza*, 21, 4: 297–308
- Lang C., Finkeldey R., Polle A. 2013. Spatial patterns of ectomycorrhizal assemblages in a monospecific forest in relation to host tree genotype. *Frontiers in Plant Science*, 4: 103
- Lilleskov E. A., Fahey T. J., Lovett G. M. 2001. Ectomycorrhizal fungal aboveground community change over an atmospheric nitrogen deposition gradient. *Ecological Applications*, 11, 2: 397–410
- Lilleskov E. A., Fahey T. J., Horton T. R., Lovett G. M. 2002. Belowground ectomycorrhizal fungal community change over a nitrogen deposition gradient in Alaska. *Ecology*, 83: 104–115
- Lilleskov E. A., Bruns T. D., Horton T. R., Taylor D. L., Grogan P. 2004. Detection of forest stand-level spatial structure in ectomycorrhizal fungal communities. *FEMS Microbiology Ecology*, 49, 2: 319–332
- Lindahl B. D., Taylor A. F. 2004. Occurrence of N-acetylhexosaminidase-encoding genes in ectomycorrhizal basidiomycetes. *New Phytologist*, 164, 1: 193–199
- Lindahl D. B., Nilsson R. H., Tedersoo L., Abarenkov K., Carlsen T., Kjølner R., Kõljalg U., Pennanen T., Rosendahl S., Stenlid J., Kauserud H. 2013. Fungal community analysis by high-throughput sequencing of amplified markers – a user's guide. *New Phytologist*, 199: 288–299

- Lindahl B. D., Tunlid A. 2015. Ectomycorrhizal fungi – potential organic matter decomposers, yet not saprotrophs. *New Phytologist*, 205, 4: 1443–1447
- Liò P., Goldman N. 1998. Models of molecular evolution and phylogeny. *Genome Research*, 8, 12: 1233–1244
- LoBuglio K. F. 1999. *Cenococcum*. V: Ectomycorrhizal fungi: key genera in profile. Cairney J. W. G., Chambers S. M. (ur.). Berlin, Springer: 287–309
- Lowry R. 2004. VassarStats: website for statistical computation. Vassar College
- Luoma D. L., Stockdale C. A., Molina R., Eberhart J. L. 2006. The spatial influence of *Pseudotsuga menziesii* retention trees on ectomycorrhiza diversity. *Canadian Journal of Forest Research*, 36, 10: 2561–2573
- Luppi A. M., Gautero C. 1967. Ricerche sulle micorrize di *Quercus robur*, *Q. petraea* e *Q. pubescens* in Piemonte. *Allionia*, 13: 129–148
- MacArthur R. H. 1957. On the relative abundance of bird species. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 43, 3: 293–295
- MacArthur R. H. 1964. Environmental factors affecting bird species diversity. *American Naturalist*, 98: 387–397
- MacArthur R. H. 1965. Patterns of species diversity. *Biological Reviews*, 40: 510–533
- Magurran A. E. 2004. Measuring biological diversity. *African Journal of Aquatic Science*, 29, 2: 285–286
- Markkola A. M., Ahonen-Jonnarth U., Roitto M., Strömmer R., Hyvärinen M. 2002. Shift in ectomycorrhizal community composition in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedling roots as a response to nickel deposition and removal of lichen cover. *Environmental Pollution*, 120, 3: 797–803
- Massicotte H. B., Peterson R. L., Ackerley C. A., Ashford A. E. 1987. Ontogeny of *Eucalyptus pilularis*-*Pisolithus tinctorius* ectomycorrhizae. II. Transmission electron microscopy. *Canadian Journal of Botany*, 65, 9: 1940–1947
- Matsuda Y., Hijji N. 2004. Ectomycorrhizal fungal communities in an *Abies firma* forest, with special reference to ectomycorrhizal associations between seedlings and mature trees. *Canadian Journal of Botany*, 82, 6: 822–829
- May R. M. 1975. Patterns of species abundance and diversity. V: Ecology and evolution of communities. Cody M. L., Diamond J. M. (ur.). Cambridge, Harvard University Press: 81–120
- McWeeney L. 1989. What lies lurking below the soil: beyond the archaeobotanical view of flotation samples. *North American Archaeologist*, 10, 3: 227–230
- Meier S., Grand L. F., Schoeneberger M. M., Reinert R. A., Bruck R. I. 1990. Growth, ectomycorrhizae and nonstructural carbohydrates of loblolly pine seedlings exposed to ozone and soil water deficit. *Environmental Pollution*, 64, 1: 11–27
- Mexal J., Reid C. P. P. 1973. The growth of selected mycorrhizal fungi in response to induced water stress. *Canadian Journal of Botany*, 51, 9: 1579–1588
- Meyer F. H. 1973. Distribution of ectomycorrhizae in native and man-made forests. V: Ectomycorrhizae. Marks G. C., Kozlowski T. T. (ur.). New York, Academic Press: 79–105
- Molina R., Trappe J. M. 1982. Patterns of ectomycorrhizal host specificity and potential among Pacific Northwest conifers and fungi. *Forest Science*, 28: 423–458

- Molina R., Massicotte H., Trappe J. M. 1992. Specificity phenomena in mycorrhizal symbiosis: community-ecological consequences and practical implications. V: Mycorrhizal functioning: an integrative plant-fungal process. Allen M. F. (ur.). New York, Chapman & Hall: 357–423
- Molina R., Trappe J. M., Grubisha L., Spatafora J. 1999. *Rhizopogon*. V: Ectomycorrhizal fungi: key genera in profile. Cairney J. W. G., Chambers S. M. (ur.). Heidelberg, Springer: 129–161
- Morin C., Samson J., Dessureault M. 1999. Protection of black spruce seedlings against *Cylindrocladium* root rot with ectomycorrhizal fungi. *Canadian Journal of Botany*, 77, 1: 169–174
- Mosca E., Montecchio L., Scattolin L., Garbaye J. 2007. Enzymatic activities of three ectomycorrhizal types of *Quercus robur* L. in relation to tree decline and thinning. *Soil Biology and Biochemistry*, 39, 11: 2897–2904
- Moser A. M., Petersen C. A., D'Allura J. A., Southworth D. 2005. Comparison of ectomycorrhizas of *Quercus garryana* (Fagaceae) on serpentine and non-serpentine soils in southwestern Oregon. *American Journal of Botany*, 92, 2: 224–230
- Motomura I. 1932. A statistical treatment of associations. *Japanese Journal of Zoology*, 44: 379–383
- Mühlmann O., Peintner U. 2008. Mycobionts of *Salix herbacea* on a glacier forefront in the Austrian Alps. *Mycorrhiza*, 18, 4: 171–180
- Nara K., Hogetsu T. 2004. Ectomycorrhizal fungi on established shrubs facilitate subsequent seedling establishment of successional plant species. *Ecology*, 85, 6: 1700–1707
- Newton A. C. 1992. Towards a functional classification of ectomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*, 2: 75–79
- Nilsen P., Børja I., Knutsen H., Brean, R. 1998. Nitrogen and drought effects on ectomycorrhizae of Norway spruce [*Picea abies* L.(Karst.)]. *Plant and Soil*, 198, 2: 179–184
- Nilsson L. O., Wallander H. 2003. Production of external mycelium by ectomycorrhizal fungi in a Norway spruce forest was reduced in response to nitrogen fertilization. *New Phytologist*, 158, 2: 409–416
- O'Brien H. E., Parrent J. L., Jackson J. A., Moncalvo J. M., Vilgalys R. 2005. Fungal community analysis by large-scale sequencing of environmental samples. *Applied and Environmental Microbiology*, 71, 9: 5544–5550
- O'Dell T. E., Ammirati J. F., Schreiner E. G. 1999. Species richness and abundance of ectomycorrhizal basidiomycete sporocarps on a moisture gradient in the *Tsuga heterophylla* zone. *Canadian Journal of Botany*, 77: 1699–1711
- Ogrin D. 1995: Podnebje Slovenske Istre. Koper, Knjižnica Annales, 11: 381 str.
- Olariaga I., Grebenc T., Salcedo I., Martín M. P. 2012. Two new species of *Hydnum* with ovoid basidiospores: *H. ovoideisporum* and *H. vesterholtii*. *Mycologia*, 104, 6: 1443–1455
- Orgiazzi A., Lumini E., Nilsson R. H., Girlanda M., Vizzini A., Bonfante P., Bianciotto V. 2012. Unravelling soil fungal communities from different Mediterranean land-use backgrounds. *PloS One*, 7: 1–9
- Palfner G., Casanova-Katny M. A., Read D. J. 2005. The mycorrhizal community in a forest chronosequence of Sitka spruce [*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.] in Northern England. *Mycorrhiza*, 15, 8: 571–579

- Parrent J. L., Morris W. F., Vilgalys R. 2006. CO₂-enrichment and nutrient availability alter ectomycorrhizal fungal communities. *Ecology*, 87, 9: 2278–2287
- Parts K., Tedersoo L., Lõhmus K., Kupper P., Rosenvald K., Sõber A., Ostonen I. 2013. Increased air humidity and understory composition shape short root traits and the colonizing ectomycorrhizal fungal community in silver birch stands. *Forest Ecology and Management*, 310: 720–728
- Peet R. K. 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5: 285–307
- Peintner U., Moncalvo J. M., Vilgalys R. 2004. Toward a better understanding of the infrageneric relationships in *Cortinarius* (Agaricales, Basidiomycota). *Mycologia*, 96: 1042–1058
- Peintner U., Iotti M., Klotz P., Bonuso E., Zambonelli A. 2007. Soil fungal communities in a *Castanea sativa* (chestnut) forest producing large quantities of *Boletus edulis* sensu lato (porcini): where is the mycelium of porcini?. *Environmental Microbiology*, 9, 4: 880–889
- Pena R., Offermann C., Simon J., Naumann P. S., Geßler A., Holst J., Dannenmann M., Mayer H., Kögel-Knabner I., Rennenberg H., Polle A. 2010. Girdling affects ectomycorrhizal fungal (EMF) diversity and reveals functional differences in EMF community composition in a beech forest. *Applied and Environmental Microbiology*, 76, 6: 1831–1841
- Peredo H., Oliva M., Huber A. 1983. Environmental factors determining the distribution of *Suillus luteus* fructifications in *Pinus radiata* grazing-forest plantations. V: Tree root systems and their mycorrhizas. Atkinson D., Bhat K. K. S., Coutts M. P., Mason P. A., Read D. J. (ur.). London, Springer: 367–370
- Perez-Moreno J., Read D.J. 2000. Mobilization and transfer of nutrients from litter to tree seedlings via the vegetative mycelium of ectomycorrhizal plants. *New Phytologist*, 145, 2: 301–309
- Perko D., Adamič M. O. 1998. Slovenija: pokrajine in ljudje. Ljubljana, Založba Mladinska knjiga: 735 str.
- Perko F. 2004. Gozd in gozdarstvo Slovenije. Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije: 44 str.
- Perrin R., Garbaye J. 1983. Influence of ectomycorrhizae on infectivity of *Pythium*-infested soils and substrates. *Plant and Soil*, 71, 1–3: 345–351
- Peterson R. L., Massicotte H. B., Melville L. H. 2004. Mycorrhizas: anatomy and cell biology. Ottawa, NRC Research Press: 173 str.
- Pielou E. C. 1977. *Mathematical ecology*. 2nd edition. New York, Wiley: 385 str.
- Pigott C. D. 1982. Survival of mycorrhiza formed by *Cenococcum geophilum* Fr. in dry soils. *New Phytologist*, 92: 513–517
- Posada D. 2008. jModelTest: phylogenetic model averaging. *Molecular Biology and Evolution*, 25, 7: 1253–1256
- Prebevšek M. 1998. Gozd srednjedebebnik kot sonaravna tvorba, njegov razvoj in perspektive v sproščenem gojenju gozdov. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire: 114 str.
- Preston F. W. 1948. The commonness and rarity of species. *Ecology*, 29: 254–283
- Pugh G. J. F. 1980. Strategies in fungal ecology. *Transactions of the British Mycological Society*, 75, 1: 1–14

- Querejeta J., Egerton-Warburton L. M., Allen M. F. 2009. Topographic position modulates the mycorrhizal response of oak trees to interannual rainfall variability. *Ecology*, 90, 3: 649–662
- Raidl S., Agerer R. 1992. Studien an Ektomykorrhizen. XLII: Ontogenie der Rhizomorphen von *Laccaria amethystina*, *Hydnum rufescens* und *Sarcodon imbricatus*. *Nova Hedwigia*, 55, 3–4: 279–307
- Raidl S., Müller W. R. 1996. *Tomentella ferruginea* (Pers.) Pat. + *Fagus sylvatica* L. Descriptions of Ectomycorrhizae, 1: 161–166
- Raidl S. 1998. *Tomentella ferruginea*. Plate 137. V: Colour atlas of ectomycorrhizae. Agerer R. (ur.). Schwäbisch Gmünd, Einhorn-Verlag+Druck GmbH
- Rao C. S., Sharma G. D., Shukla A. K. 1997. Distribution of ectomycorrhizal fungi in pure stands of different age groups of *Pinus kesiya*. *Canadian Journal of Microbiology*, 43, 1: 85–91
- Rapp C., Jentschke G. 1994. Acid deposition and ectomycorrhizal symbiosis: field investigations and causal relationships. *Effects of Acid Rain on Forest Processes*, 12: 183
- Read D. J. 1991. Mycorrhizas in ecosystems. *Experientia*, 47, 4: 376–391
- Read D. J. 1998. The mycorrhizal status of *Pinus*. V: Ecology and biogeography of *Pinus*. Richardson D. M. (ur.). Cambridge, Cambridge University Press: 324–340
- Read D. J., Perez-Moreno J. 2003. Mycorrhizas and nutrient cycling in ecosystems – a journey towards relevance?. *New Phytologist*, 157, 3: 475–492
- Read D. J., Leake J. R., Perez-Moreno J. 2004. Mycorrhizal fungi as drivers of ecosystem processes in heathland and boreal forest biomes. *Canadian Journal of Botany*, 82: 1243–1263
- Redecker D., Kodner R., Graham L. E. 2000. Glomalean fungi from the Ordovician. *Science*, 289: 1920–1921
- Regvar M., Likar M., Piltaver A., Kugonič N., Smith J.E. 2010. Fungal community structure under goat willows (*Salix caprea* L.) growing at metal polluted site: the potential of screening in a model phytostabilisation study. *Plant and Soil*, 330, 1–2: 345–356
- Remy W., Taylor T. N., Hass H., Kerp H. 1994. Four hundred-million-year-old vesicular arbuscular mycorrhizae. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91, 25: 11841–11843
- Richard F., Millot S., Gardes M., Selosse M. A. 2005. Diversity and specificity of ectomycorrhizal fungi retrieved from an old-growth Mediterranean forest dominated by *Quercus ilex*. *New Phytologist*, 166, 3: 1011–1023
- Richard F., Roy M., Shahin O., Sthultz C., Duchemin M., Joffre R., Selosse M. A. 2011. Ectomycorrhizal communities in a Mediterranean forest ecosystem dominated by *Quercus ilex*: seasonal dynamics and response to drought in the surface organic horizon. *Annals of Forest Science*, 68: 57–68
- Rinaldi A. C., Comadini O., Kuyper T. W. 2008. Ectomycorrhizal fungal diversity: separating the wheat from the chaff. *Fungal Diversity*, 33: 1–45
- Robek R. 1994. Vplivi transporta lesa na tla gozdnega predela Planina Vetrh. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 45: 55–114

- Rös M., Escobar F., Halffter G. 2012. How dung beetles respond to a human-modified variegated landscape in Mexican cloud forest: a study of biodiversity integrating ecological and biogeographical perspectives. *Diversity and Distributions*, 18: 377–389
- Rosling A., Landeweert R., Lindahl B. D., Larsson K. H., Kuyper T. W., Taylor A. F. S., Finlay R.D. 2003. Vertical distribution of ectomycorrhizal fungal taxa in a podzol soil profile. *New Phytologist*, 159, 3: 775–783
- Roth D. R., Fahey T. J. 1998. The effects of acid precipitation and ozone on the ectomycorrhizae of red spruce saplings. *Water, Air, and Soil Pollution*, 103, 1–4: 263–276
- Rousseau J. V. D., Sylvia D. M., Fox A. J. 1994. Contribution of ectomycorrhiza to the potential nutrient-absorbing surface of pine. *New Phytologist*, 128: 639–644
- Routledge R. D. 1977. On Whittaker's components of diversity. *Ecology*, 58: 1120–1127
- Routledge R. D. 1979. Diversity indices: Which ones are admissible?. *Journal of Theoretical Biology*, 76, 4: 503–515
- Runion G. B., Mitchell R. J., Rogers H. H., Prior S. A., Counts T. K. 1997. Effects of nitrogen and water limitation and elevated atmospheric CO₂ on ectomycorrhiza of longleaf pine. *New Phytologist*, 137: 681–689
- Ryberg M., Nilsson R. H., Kristiansson E., Töpel M., Jacobsson S., Larsson E. 2008. Mining metadata from unidentified ITS sequences in GenBank: a case study in *Inocybe* (Basidiomycota). *BMC Evolutionary Biology*, 8, 1: 50–64
- Saari S. K., Campbell C. D., Russell J., Alexander I. J., Anderson I. C. 2005. Pine microsatellite markers allow roots and ectomycorrhizas to be linked to individual trees. *New Phytologist*, 165, 1: 295–304
- Sagara N. 1995. Association of ectomycorrhizal fungi with decomposed animal wastes in forest habitats: a cleaning symbiosis?. *Canadian Journal of Botany*, 73: 1423–1433
- Saitou N., Nei M. 1987. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution*, 4, 4: 406–425
- Scattolin L., Bolzon P., Montecchio L. 2008. A geostatistical model to describe root vitality and ectomycorrhization in Norway spruce. *Plant Biosystems*, 142: 391–400
- Schirkonyer U., Bauer C., Rothe G. M. 2013. Ectomycorrhizal diversity at five different tree species in forests of the Taunus Mountains in Central Germany. *Open Journal of Ecology*, 3: 66–81
- Schoch C. L., Seifert K. A., Huhndorf S., Robert V., Spouge J. L., Levesque C. A., Chen W., Fungal Barcoding Consortium. 2012. Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for Fungi. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109: 6241–6246
- Selosse M. A., Le Tacon F. 1998. The land flora: a phototroph-fungus partnership?. *Trends in Ecology & Evolution*, 13, 1: 15–20
- Selosse M. A., Bauer R., Moyersoen B. 2002. Basal hymenomycetes belonging to the Sebacinaceae are ectomycorrhizal on temperate deciduous trees. *New Phytologist*, 155, 1: 183–195
- Selosse M. A., Richard F., He X., Simard S. W. 2006. Mycorrhizal networks: des liaisons dangereuses? *Trends in Ecology & Evolution*, 21, 11: 621–628

- Selosse M. A., Setaro S., Glatard F., Richard F., Urcelay C., Weiß M. 2007. Sebaciales are common mycorrhizal associates of Ericaceae. *New Phytologist*, 174: 864–878
- Shannon E. C., Weaver W. 1949. *The mathematical theory of communication*. Urbana, University of Illinois Press: 117 str.
- Shi L., Guttenberger M., Kottke I., Hampp R. 2002. The effect of drought on mycorrhizas of beech (*Fagus sylvatica* L.): changes in community structure, and the content of carbohydrates and nitrogen storage bodies of the fungi. *Mycorrhiza*, 12, 6: 303–311.
- Simard S. W., Perry D. A., Jones M. D., Myrold D. D., Durall D. M., Molina R. 1997. Net transfer of carbon between ectomycorrhizal tree species in the field. *Nature*, 388: 579–582
- Simard S. W., Durall D. M. 2004. Mycorrhizal networks: a review of their extent, function, and importance. *Canadian Journal of Botany*, 82, 8: 1140–1165
- Slankis V. 1974. Soil factors influencing formation of mycorrhizae. *Annual Review of Phytopathology*, 12: 437–457
- Smith M. E., Douhan G. W., Rizzo D. M. 2007. Ectomycorrhizal community structure in a xeric *Quercus* woodland based on rDNA sequence analysis of sporocarps and pooled roots. *New Phytologist*, 174: 847–863
- Smith S. E., Read D. J. 2008. *Mycorrhizal symbiosis*. 3rd edition. New York, Academic Press: 787 str.
- Stangl J. 1989. Die Gattung *Inocybe* in Bayern. *Hoppea*, 46: 5–388
- Stendell E. R., Horton T. R., Bruns T. D. 1999. Early effects of prescribed fire on the structure of the ectomycorrhizal fungus community in a Sierra Nevada ponderosa pine forest. *Mycological Research*, 103: 1353–1359
- Straatsma G., Ayer F., Egli S. 2001. Species richness, abundance, and phenology of fungal fruit bodies over 21 years in a Swiss forest plot. *Mycological Research*, 105, 5: 515–523
- Swaty R. L., Deckert R. J., Whitham T. G., Gehring C. A. 2004. Ectomycorrhizal abundance and community composition shifts with drought: predictions from tree rings. *Ecology*, 85, 4: 1072–1084
- Štraus I. 2010. Tipi ektomikorize pri sadikah bukve (*Fagus sylvatica* L.) v rizotronih. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 107 str.
- Štraus I., Bajc M., Grebenc T., Mali B., Kraigher H. 2011. Types of ectomycorrhizae on beech seedlings (*Fagus sylvatica* L.) in rhizotrons. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 95: 23–36
- Štraus I. 2015. Vpliv temperature in CO₂ na dinamiko rasti in celično aktivnost ektomikoriznih gliv pri bukvi *Fagus sylvatica* L. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 146 str.
- Štraus I., Mrak T., Ferlan M., Železnik P., Kraigher H. 2015. Influence of soil temperature on growth traits of European beech seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 45, 3: 246–250
- Tamura K., Peterson D., Peterson N., Stecher G., Nei M., Kumar S. 2011. MEGA5: molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. *Molecular Biology and Evolution*, 28, 10: 2731–2739

- Taylor A. F. S., Alexander I. J. 1989. Demography and population dynamics of ectomycorrhizas of Sitka spruce fertilized with N. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 28: 493–496
- Taylor D. L., Bruns T. D. 1999. Community structure of ectomycorrhizal fungi in a *Pinus muricata* forest: minimal overlap between the mature forest and resistant propagule communities. *Molecular Ecology*, 8, 11: 1837–1850
- Taylor J. W., Jacobson D. J., Kroken S., Kasuga T., Geiser D. M., Hibbett D. S., Fisher M. C. 2000. Phylogenetic species recognition and species concepts in fungi. *Fungal Genetics and Biology*, 31, 1: 21–32
- Taylor A. F. S. 2002. Fungal diversity in ectomycorrhizal communities: sampling effort and species detection. *Plant and Soil*, 244: 19–28
- Taylor A. F. S., Alexander I. 2005. The ectomycorrhizal symbiosis: life in the real world. *Mycologist*, 1, 3: 102–112
- Tedersoo L., Kõljalg U., Hallenberg N., Larsson K. H. 2003. Fine scale distribution of ectomycorrhizal fungi and roots across substrate layers including coarse woody debris in a mixed forest. *New Phytologist*, 159, 1: 153–165
- Tedersoo L. 2007. Ectomycorrhizal fungi: diversity and community structure in Estonia, Seychelles and Australia. PhD Thesis. Tartu, University of Tartu: 232 str.
- Tedersoo L., Bahram M., Toots M., Diédhiou A. G., Henkel T. W., Kjølner R., Morris M. H., Nara K., Nouhra E., Peay K. G., Põlme S., Ryberg M., Smith M. E., Kõljalg U. 2012. Towards global patterns in the diversity and community structure of ectomycorrhizal fungi. *Molecular Ecology*, 21, 17: 4160–4170
- Tedersoo L., Bahram M., Põlme S., Kõljalg U., Yorou N. S., Wijesundera R., Ruiz R. V., Vasco-Palacios A. M., Thu P. Q., Suija A., Smith M. E., Sharp C., Saluveer E., Saitta A., Rosas M., Riit T., Ratkowsky D., Pritsch K., Põldmaa K., Piepenbring M., Phosri C., Peterson M., Parts K., Pärtel K., Otsing E., Nouhra E., Njouonkou A. L., Nilsson R. H., Morgado L. N., Mayor J., May T. W., Majuakim L., Lodge D. J., Lee S. S., Larsson K. H., Kohout P., Hosaka K., Hiiesalu I., Henkel T. W., Harend H., Guo L., Greslebin A., Grelet G., Geml J., Gates G., Dunstan W., Dunk C., Drenkhan R., Dearnaley J., De Kesel A., Dang T., Chen X., Buegger F., Brearley F. Q., Bonito G., Anslan S., Abell S., Abarenkov K. 2014. Global diversity and geography of soil fungi. *Science*, 346, 6213: 1256688
- Thompson J. D., Higgins D. G., Gibson T. J. 1994. CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Research*, 22, 22: 4673–4680
- Toljander J. F., Eberhardt U., Toljander Y. K., Paul L. R., Taylor A. F. S. 2006. Species composition of an ectomycorrhizal fungal community along a local nutrient gradient in a boreal forest. *New Phytologist*, 170: 873–884
- Torres P., Honrubia M. 1997. Changes and effects of a natural fire on ectomycorrhizal inoculum potential of soil in a *Pinus halepensis* forest. *Forest Ecology and Management*, 96, 3: 189–196
- Trocha L. K., Oleksyn J., Turzanska E., Rudawska M., Reich P. B. 2007. Living on the edge: ecology of an incipient *Betula*-fungal community growing on brick walls. *Trees*, 21, 2: 239–247
- Trošt T., Agerer R., Urbančič M., Kraigher H. 1999. Biodiversity of ectomycorrhizae in a norway spruce stand on Pokljuka. *Phyton*, 39, 4: 225–232

- Tuomisto H. 2010a. A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. *Ecography*, 33: 2–22
- Tuomisto H. 2010b. A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 2. Quantifying beta diversity and related phenomena. *Ecography*, 33: 23–45.
- Tuomisto H. 2010c. A consistent terminology for quantifying species diversity? Yes, it does exist. *Oecologia*, 164: 853–860
- Tuomisto H. 2012. An updated consumer's guide to evenness and related indices. *Oikos*, 121: 1203–1218
- Twieg B. D., Durall D. M., Simard S. W. 2007. Ectomycorrhizal fungal succession in mixed temperate forests. *New Phytologist*, 176, 2: 437–447
- Urban A., Weiß M., Bauer R. 2003. Ectomycorrhizas involving sebacinoid mycobionts. *Mycological Research*, 107, 1: 3–14
- Valdés M., Asbjornsen H., Gómez-Cárdenas M., Juárez M., Vogt K. A. 2006. Drought effects on fine-root and ectomycorrhizal-root biomass in managed *Pinus oaxacana* Mirov stands in Oaxaca, Mexico. *Mycorrhiza*, 16, 2: 117–124
- Vilhar U., Kraigher H. 1999. Types of ectomycorrhizae on Pohorje. *Phyton*, 39, 3: 203–206
- Vilhar U., Smolej I., Trošt Sedej T., Kutnar L., Kraigher H. 2004. Pestrost tipov ektomikorize v smrekovem sestoju na Pokljuki. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 75: 71–85
- Visser S. 1995. Ectomycorrhizal fungal succession in jack pine stands following wildfire. *New Phytologist*, 129: 389–401
- Voiry H. 1981. Classification morphologique des ectomycorhizes du chêne et du hêtre dans le nord-est de la France. *European Journal of Forest Pathology*, 11, 5–6: 284–299
- Walker J. F., Miller O. K., Horton J. L. 2005. Hyperdiversity of ectomycorrhizal fungus assemblages on oak seedlings in mixed forests in the southern Appalachian Mountains. *Molecular Ecology*, 14, 3: 829–838
- Wallander H., Nylund J. E. 1992. Effects of excess nitrogen and phosphorus starvation on the extramatrical mycelium of ectomycorrhizas of *Pinus sylvestris* L. *New Phytologist*, 120: 495–503
- Wallander H., Nilsson L. O., Hagerberg D., Bååth E. 2001. Estimation of the biomass and seasonal growth of external mycelium of ectomycorrhizal fungi in the field. *New Phytologist*, 151, 3: 753–760
- Weiß M., Selosse M. A., Rexer K., Urban A., Oberwinkler F. 2004. Sebaciales: a hitherto overlooked cosm of heterobasidiomycetes with a broad mycorrhizal potential. *Mycological Research*, 108: 1003–1010
- Welc M., Frossard E., Egli S., Bünemann E. K., Jansa J. 2014. Rhizosphere fungal assemblages and soil enzymatic activities in a 110-years alpine chronosequence. *Soil Biology and Biochemistry*, 74: 21–30
- Westergren M., Grebenc T., Božič G., Brus R., Kraigher H. 2005. Identification of types of ectomycorrhizae on seedlings in a beech provenance trial. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 75: 87–104

- White T. J., Bruns T., Lee S., Taylor J. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. V: PCR protocols. A guide to methods and applications. Innis M. A., Gelfand D. H., Sninsky J. J., White T. J. (ur.). San Diego, Academic Press: 315–322
- Whittaker R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21: 213–251
- Wöllecke J. 2001. Charakterisierung der Mykorrhizazönosen zweier Kiefernforste unterschiedlicher Trophie. Dissertation. Cottbus, Brandenburgische Technische Universität Cottbus: 185 str.
- Wong K. K., Piché Y., Fortin J. A. 1990. Differential development of root colonization among four closely related genotypes of ectomycorrhizal *Laccaria bicolor*. *Mycological Research*, 94, 7: 876–884
- Worley J. F., Hacskeylo E. 1959. The effect of available soil moisture on the mycorrhizal association of Virginia pine. *Forest Science*, 5: 267–268
- Zak J. C., Willig M. R. 2004. Fungal biodiversity patterns. V: Biodiversity of fungi: inventory and monitoring methods. Mueller G. M., Bills G. F., Foster M. S. (ur.). London, Elsevier Academic Press: 59–75
- Železnik P., Hrenko M., Then C., Koch N., Grebenc T., Levanič T., Kraigher H. 2007. CASIROZ: root parameters and types of ectomycorrhiza of young beech plants exposed to different ozone and light regimes. *Plant Biology*, 9, 2: 298–308
- Železnik P. 2013. Dinamika razvoja drobnih korenin gozdnega drevja kot indikator razmer v okolju. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire: 150 str.
- Železnik P., Vilhar U., Starr M., De Groot M., Kraigher H. 2015. Fine root dynamics in Slovenian beech forests in relation to soil temperature and water availability. *Trees*, 30: 375–384.

ZAHVALA

Najprej gre moja zahvala mentorici, prof. dr. Hojki Kraigher, in dr. Tinetu Grebencu, ki sta me vzela pod svoje okrilje in me uvedla v čudoviti svet ektomikoriznih gliv. Hvala za izkazano zaupanje, podporo, znanje, neprecenljive izkušnje in potrpežljivost.

Zahvaljujem se tudi recenzentki, prof. dr. Marjani Regvar, in doc. dr. Matevžu Likarju za prijaznost in hitre popravke.

Najlepša hvala vsem sodelavcem na Gozdarskemu inštitutu Slovenije za podporo pri delu in prijetno delovno vzdušje. Še posebej hvala Meliti Hrenko, Jani Janša, Moniki Šegula, dr. Ines Štraus, Barbari Štupar, Marku Bajcu in dr. Petru Železniku, ki so skrbno bdeli nad mano pri mojih laboratorijskih začetkih.

Oddelku za biologijo se zahvaljujem za kakovosten študij. Hvala Zdenki Repanšek Tavčar in dr. Karli Šturm, ki sta mi pomagali do cilja v ključnih trenutkih. Posebna zahvala gre tudi doc. dr. Gorazdu Urbaniču, ker mi je v času študija omogočil študentsko delo na Katedri za ekologijo, ki mi je dalo prave temelje za izdelavo diplomskega dela. Hvala tudi vsem »prebiralkam«, ki so poskrbele, da je bilo delo vedno nepredvidljivo in neizmerno zabavno.

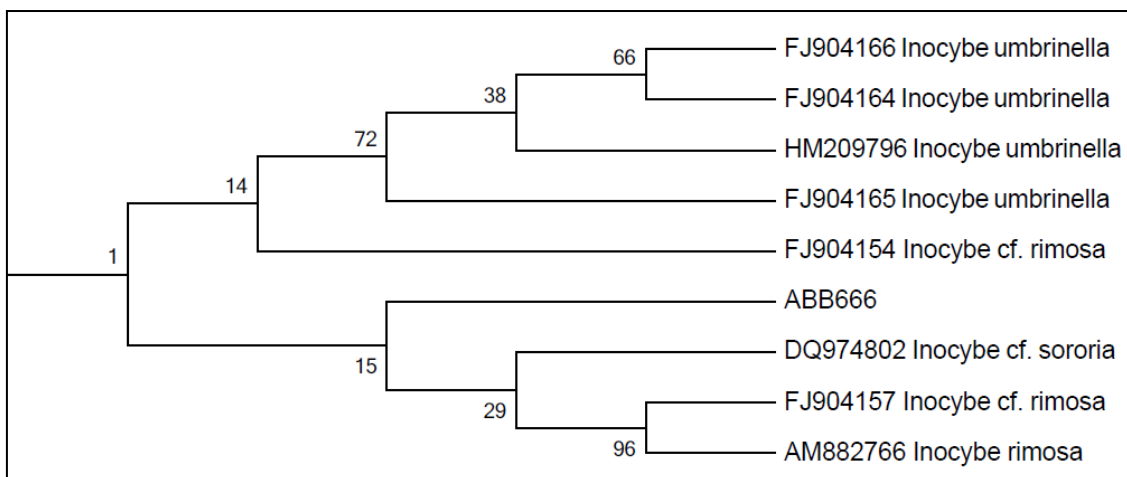
Hvala Ani, Borutu, Vanetu, Juditi Lei, Bojanu, Nataliji, Jasmini, Urški, Brini ter vsem ostalim sošolkam in sošolcem, zaradi katerih mi bo študij ostal v lepem spominu.

Najlepša hvala moji družini, Dragi in Iztoku, Maticu, Nataški, Andreji, Martini in vsem drugim, ki ste ves ta čas navijali zame.

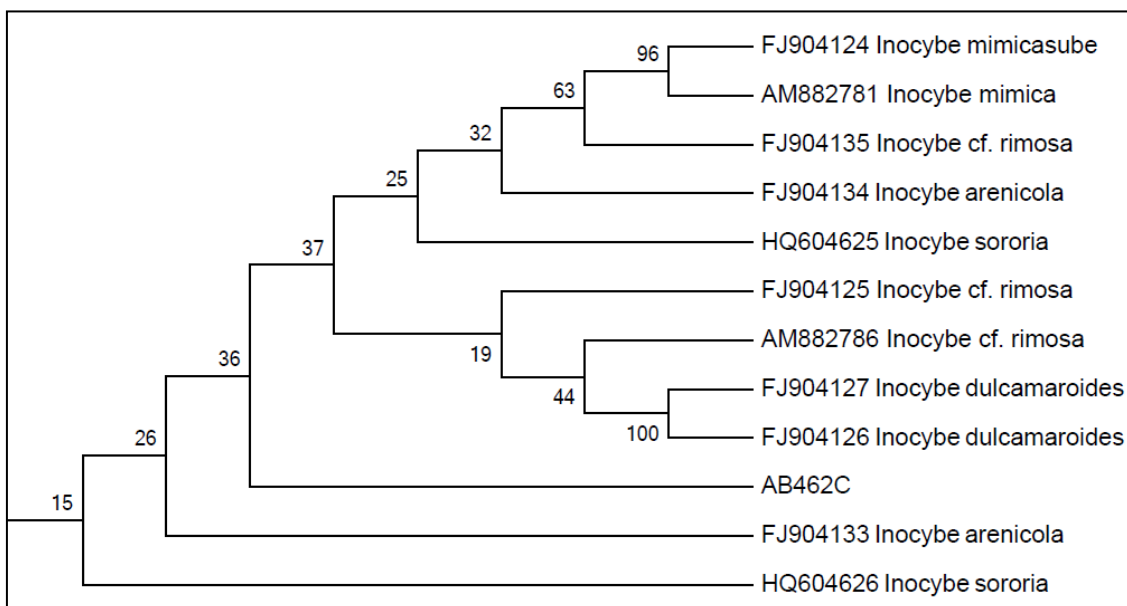
Moja največja zahvala pa gre Ivani za vse, kar je in ker je, ter mojim staršem, Nedeljki in Franju, za vso ljubezen in ponujeno priložnost, da v življenju nekaj dosežem.

PRILOGE

PRILOGA A Izseki iz filogenetskih dreves

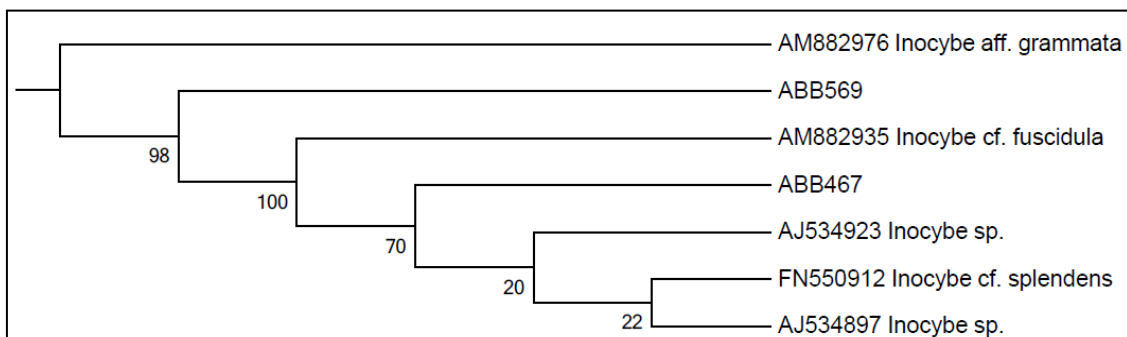


Priloga A1: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 1217 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Inocybe*. Uporabljen je bil splošni časovno reverzibilni model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 100 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnega zaporedja ABB666 glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedje ABB666 je dostopno v podatkovni zbirki GenBank pod pristopno številko HF674586.

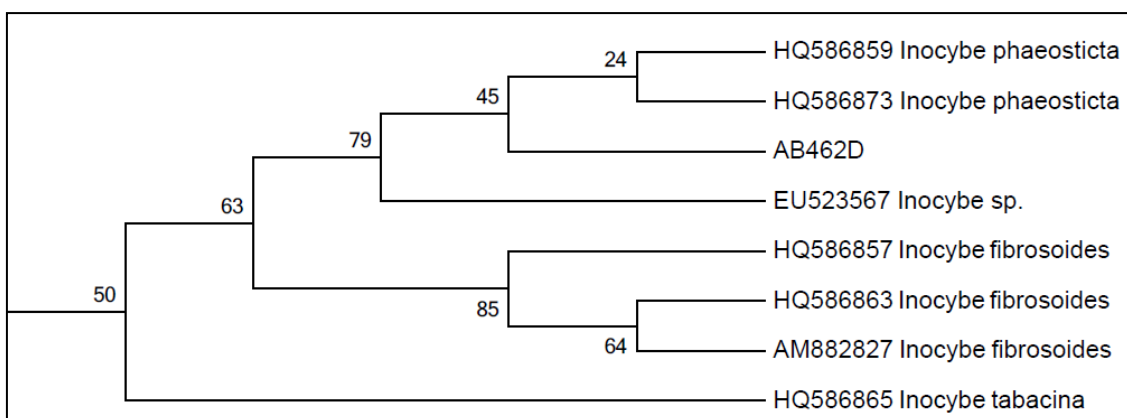


Priloga A2: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 1217 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Inocybe*. Uporabljen je bil splošni časovno reverzibilni model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 100 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnega zaporedja AB462C glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih

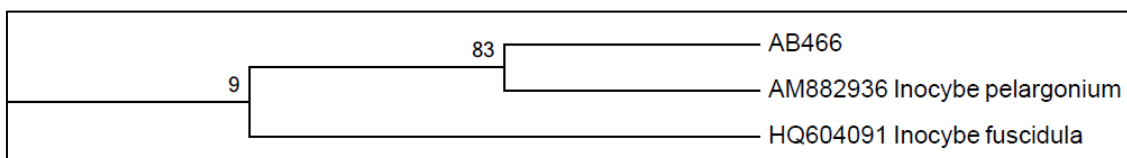
podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedje AB462C je dostopno v podatkovni zbirki GenBank pod pristopno številko HF674620.



Priloga A3: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 1217 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Inocybe*. Uporabljen je bil splošni časovno reverzibilni model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 100 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnih zaporedij ABB569 in ABB467 glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedji sta dostopni v podatkovni zbirki GenBank pod pristopnima številcama HF674581 (ABB569) in HF674576 (ABB467).

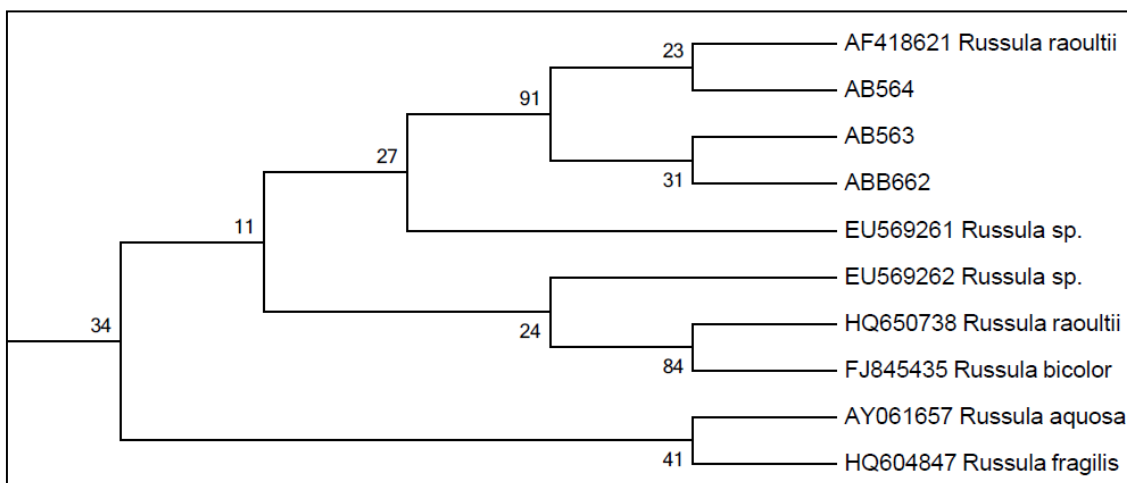


Priloga A4: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 1217 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Inocybe*. Uporabljen je bil splošni časovno reverzibilni model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 100 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnega zaporedja AB462D glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedje AB462D je dostopno v podatkovni zbirki GenBank pod pristopno številko HF674568.

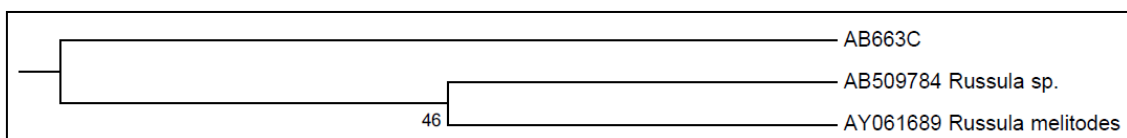


Priloga A5: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 1217 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Inocybe*. Uporabljen je bil splošni časovno reverzibilni model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 100 ponovitev. Drevo

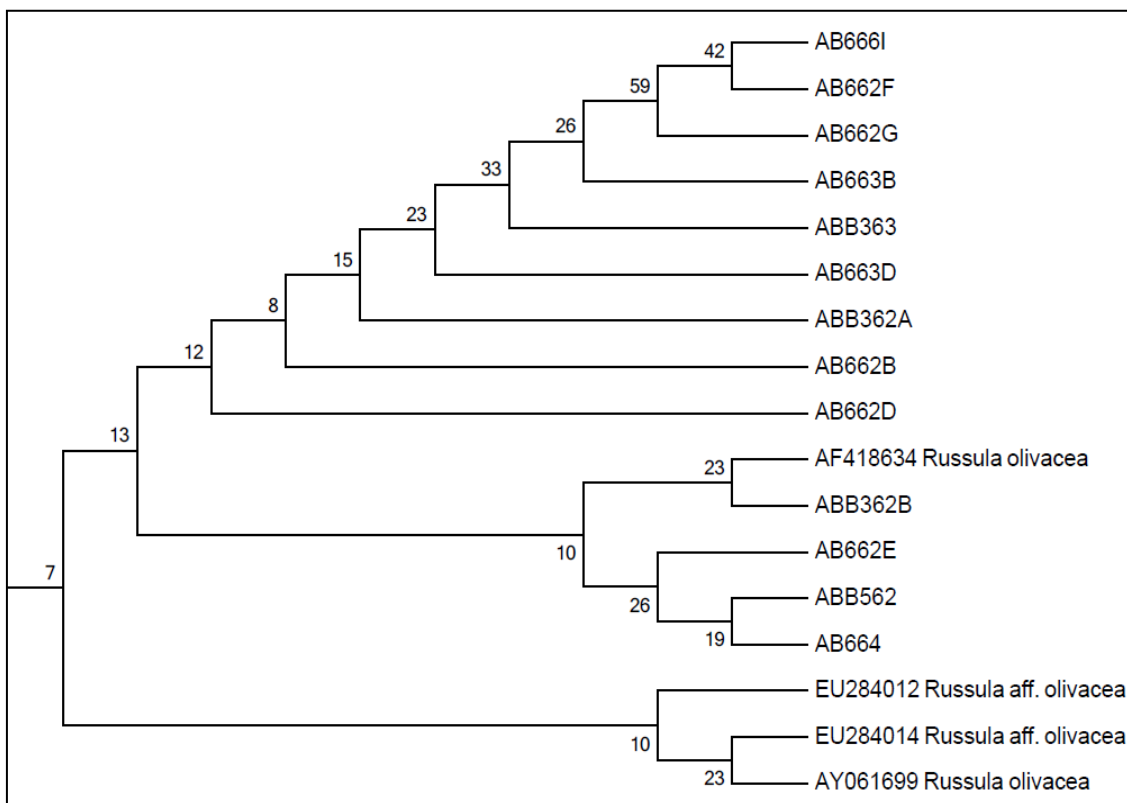
prikazuje položaj nukleotidnega zaporedja AB466 glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedje AB466 je dostopno v podatkovni zbirki GenBank pod pristopno številko HF674563.



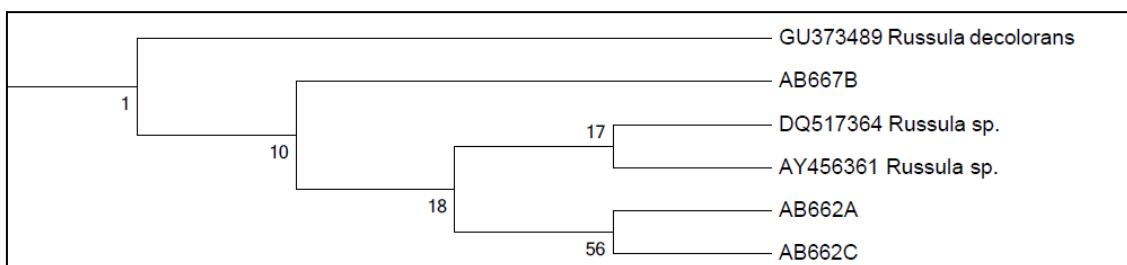
Priloga A6: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 999 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Russula*. Uporabljen je bil Tamurin triparametrični model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 100 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnih zaporedij AB564, AB563 in ABB662 glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedja so dostopna v podatkovni zbirki GenBank pod pristopnimi številkami HF674539 (AB564), HF674632 (AB563) in HF674583 (ABB662).



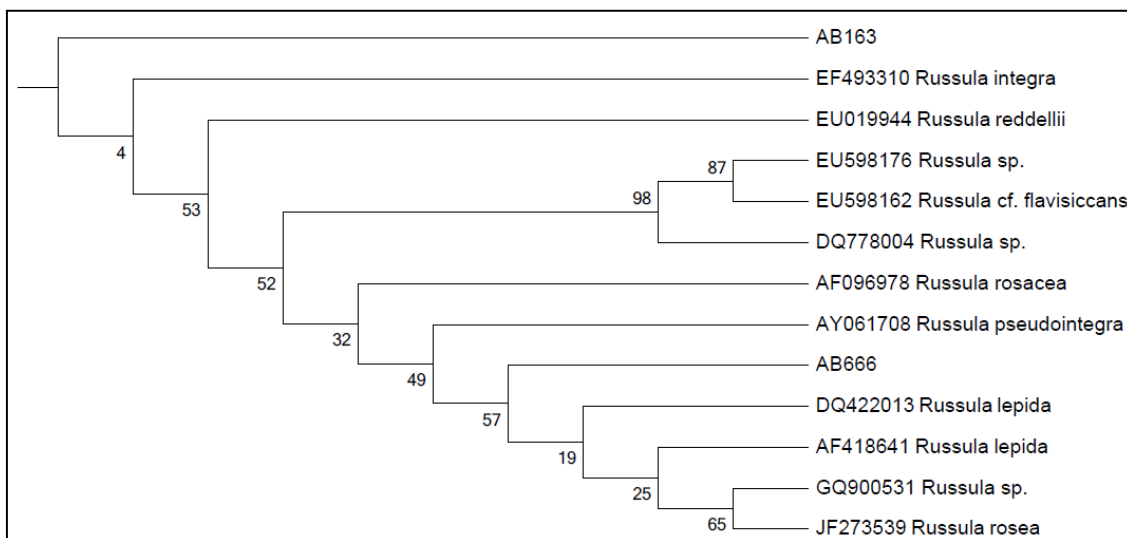
Priloga A7: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 999 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Russula*. Uporabljen je bil Tamurin triparametrični model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 100 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnega zaporedja AB663C glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedje AB663C je dostopno v podatkovni zbirki GenBank pod pristopno številko HF674550.



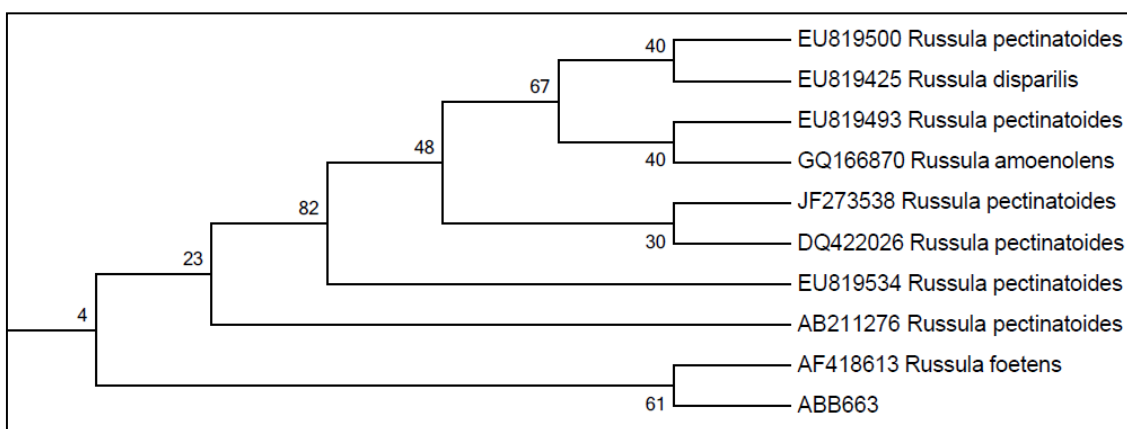
Priloga A8: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 999 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Russula*. Uporabljen je bil Tamurin triparametrični model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 100 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnih zaporedij AB666I, AB662F, AB662G, AB663B, ABB363, AB663D, ABB362A, AB662B, AB662D, ABB362B, AB662E, ABB562 in AB664 glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedja so dostopna v podatkovni zbirki GenBank pod pristopnimi števkami HF674600 (AB666I), HF674535 (AB662F), HF674536 (AB662G), HF674549 (AB663B), HF674572 (ABB363), HF674551 (AB663D), HF674569 (ABB362A), HF674531 (AB662B), HF674533 (AB662D), HF674570 (ABB362B), HF674534 (AB662E), HF674578 (ABB562) in HF674638 (AB664).



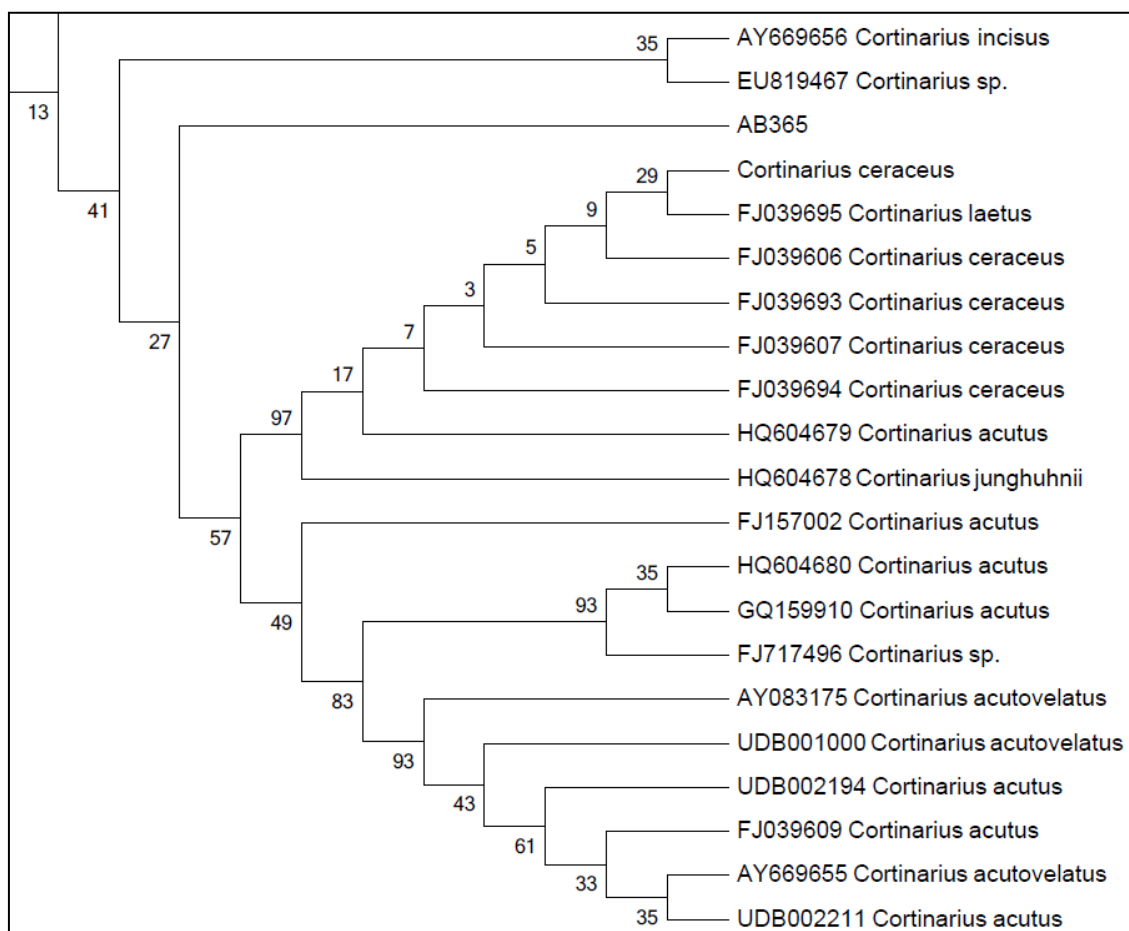
Priloga A9: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 999 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Russula*. Uporabljen je bil Tamurin triparametrični model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 100 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnih zaporedij AB667B, AB662A in AB662C glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedja so dostopna v podatkovni zbirki GenBank pod pristopnimi števkami HF674592 (AB667B), HF674530 (AB662A) in HF674532 (AB662C).



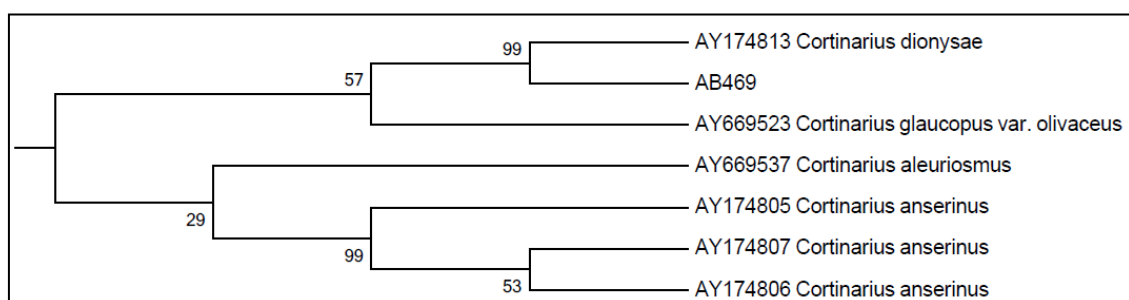
Priloga A10: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 999 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Russula*. Uporabljen je bil Tamurin triparametrični model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitve predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 100 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnih zaporedij AB163 in AB666 glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedji sta dostopni v podatkovni zbirki GenBank pod pristopnima številcama HF674666 (AB163) in HF674599 (AB666).



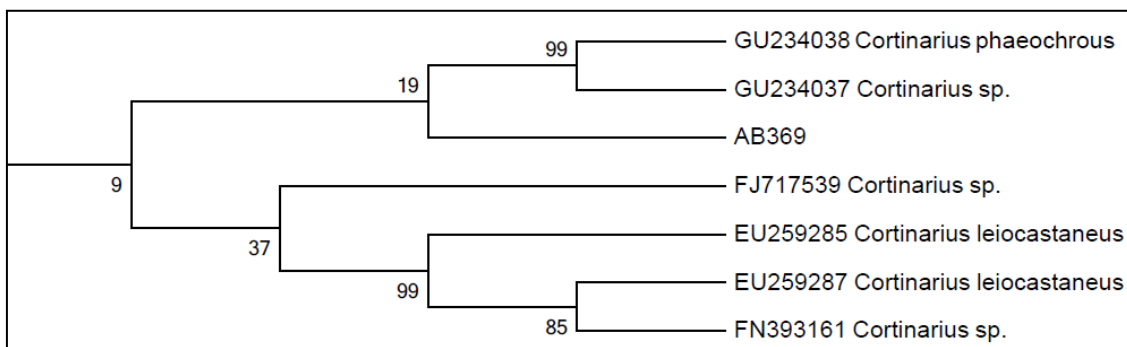
Priloga A11: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 999 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Russula*. Uporabljen je bil Tamurin triparametrični model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitve predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 100 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnega zaporedja ABB663 glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedje ABB663 je dostopno v podatkovni zbirki GenBank pod pristopno številko HF674584.



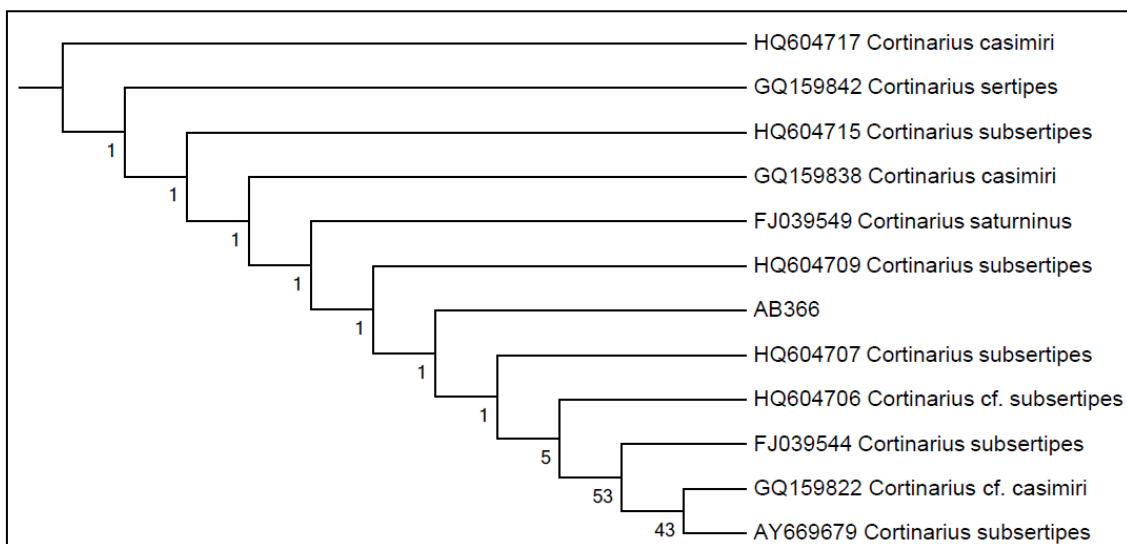
Priloga A12: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 1651 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Cortinarius*. Uporabljen je bil splošni časovno reverzibilni model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 50 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnega zaporedja AB365 glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedje AB365 je dostopno v podatkovni zbirki GenBank pod pristopno številko HF674640.



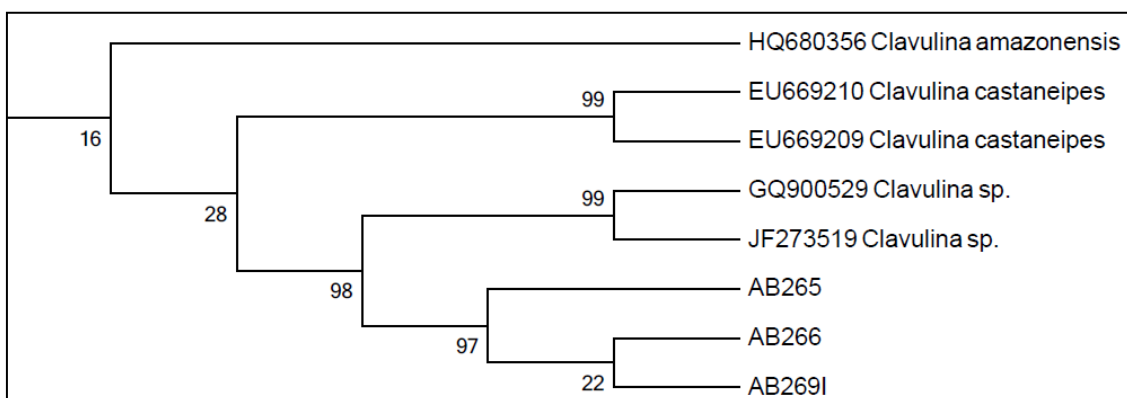
Priloga A13: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 1651 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Cortinarius*. Uporabljen je bil splošni časovno reverzibilni model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 50 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnega zaporedja AB469 glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedje AB469 je dostopno v podatkovni zbirki GenBank pod pristopno številko HF674564.



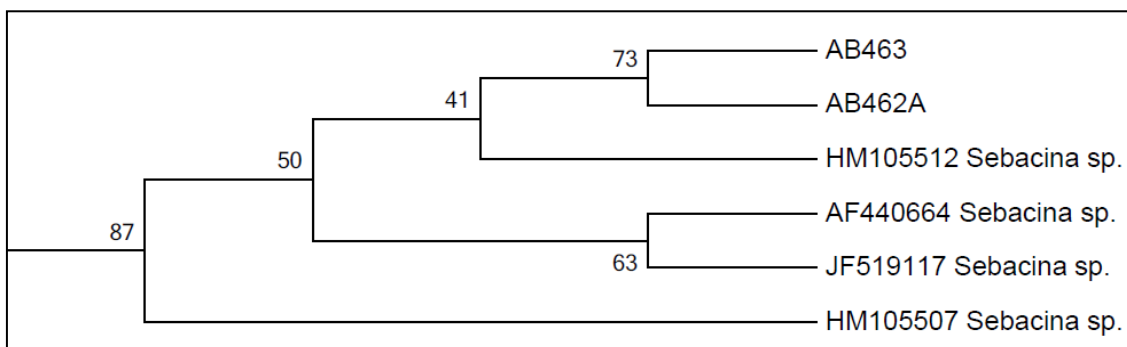
Priloga A14: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 1651 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Cortinarius*. Uporabljen je bil splošni časovno reverzibilni model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 50 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnega zaporedja AB369 glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedje AB369 je dostopno v podatkovni zbirki GenBank pod pristopno številko HF674561.



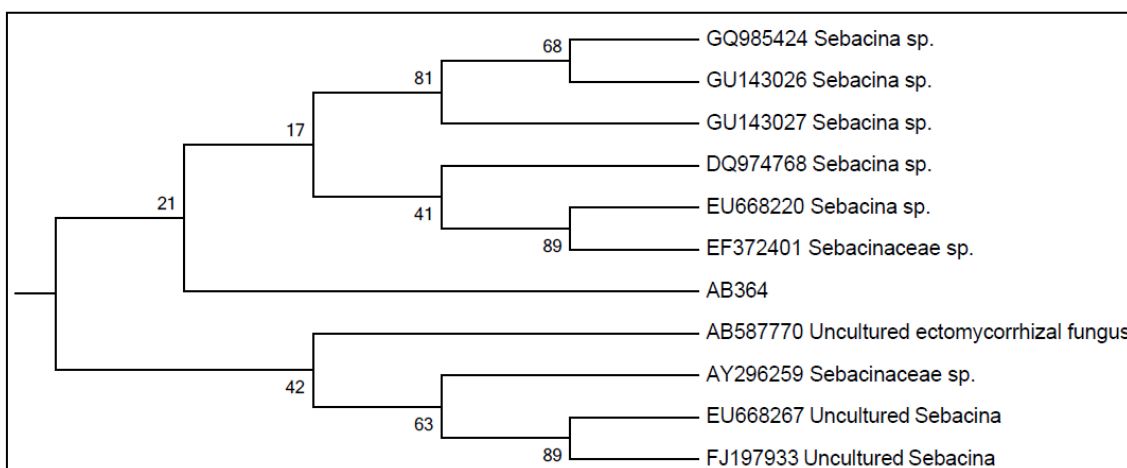
Priloga A15: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 1651 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Cortinarius*. Uporabljen je bil splošni časovno reverzibilni model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 50 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnega zaporedja AB366 glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedje AB366 je dostopno v podatkovni zbirki GenBank pod pristopno številko HF674559.



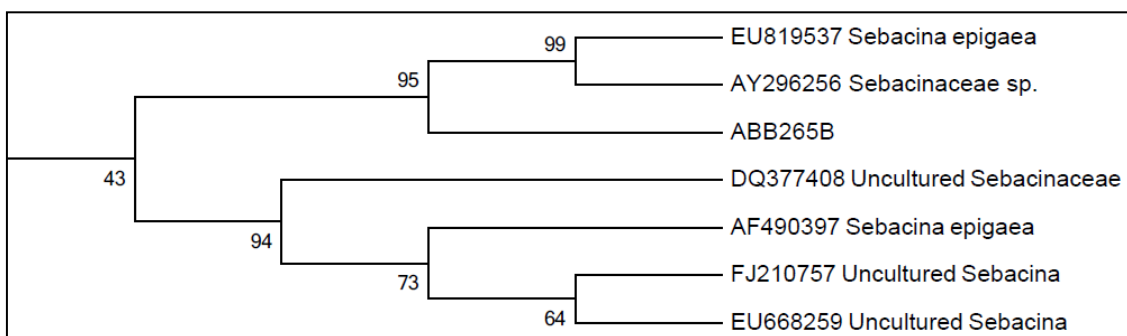
Priloga A16: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 82 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Clavulina*. Uporabljen je bil Tamurin triparametrični model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 100 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnih zaporedij AB265, AB266 in AB269I glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedja so dostopna v podatkovni zbirki GenBank pod pristopnimi številkami HF674601 (AB265), HF674552 (AB266) in HF674553 (AB269I).



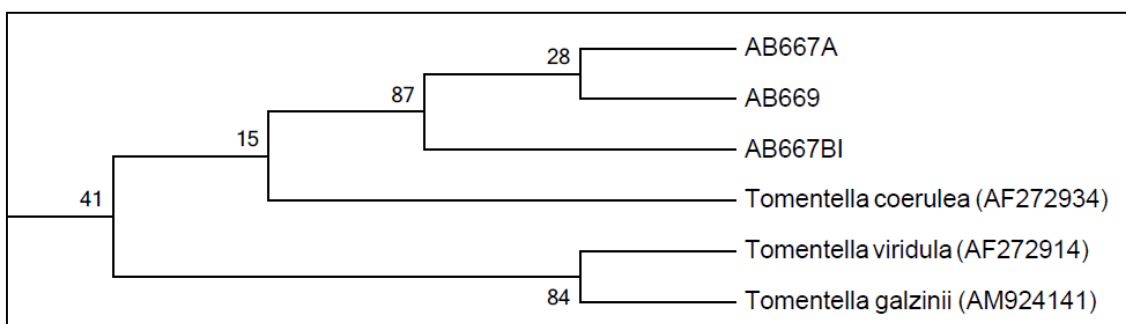
Priloga A17: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 477 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Sebacina*. Uporabljen je bil Kimurin dvoparametrični model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 100 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnih zaporedij AB463 in AB462A glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedji sta dostopni v podatkovni zbirki GenBank pod pristopnima številkami HF674612 (AB463) in HF674618 (AB462A).



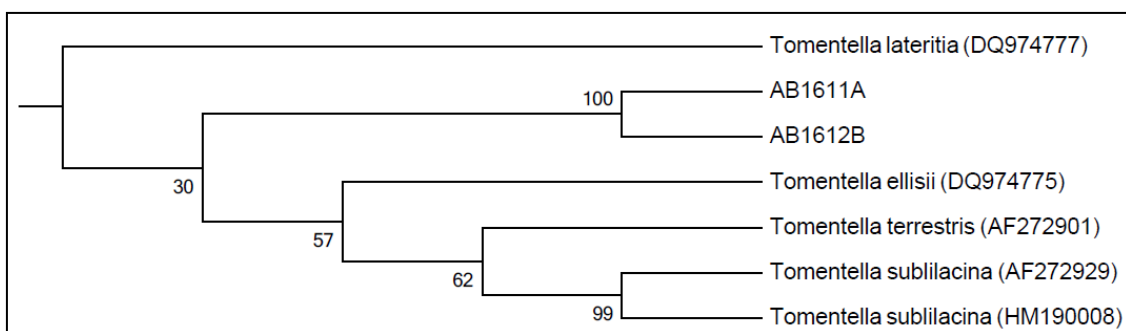
Priloga A18: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 477 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Sebacina*. Uporabljen je bil Kimurin dvoparametrični model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 100 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnega zaporedja AB364 glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedje AB364 je dostopno v podatkovni zbirki GenBank pod pristopno številko HF674556.



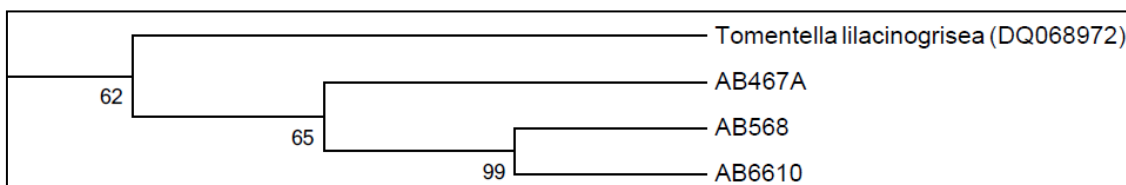
Priloga A19: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 477 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Sebacina*. Uporabljen je bil Kimurin dvoparametrični model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 100 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnega zaporedja ABB265B glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedje ABB265B je dostopno v podatkovni zbirki GenBank pod pristopno številko HF674646.



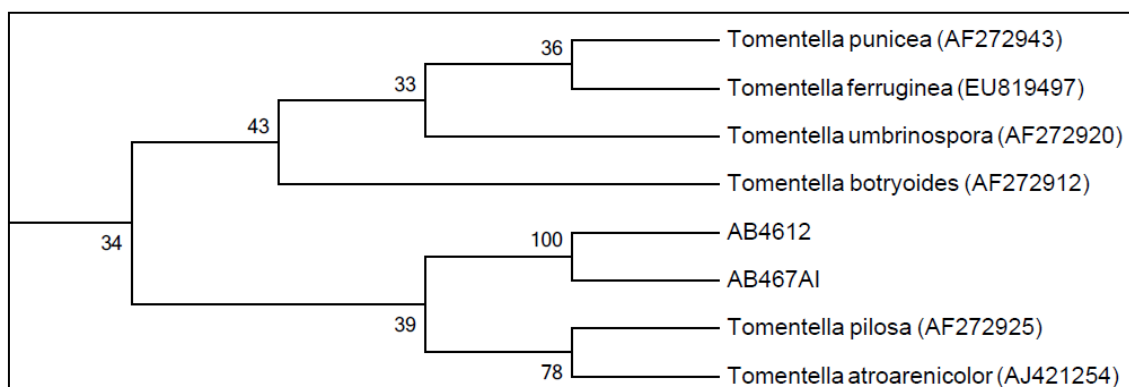
Priloga A20: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 41 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Tomentella*. Uporabljen je bil Kimurin dvoparametrični model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitve predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 200 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnih zaporedij AB667A, AB669 in AB667BI glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedja so dostopna v podatkovni zbirki GenBank pod pristopnimi številkami HF674590 (AB667A), HF674597 (AB669) in HF674593 (AB667BI).



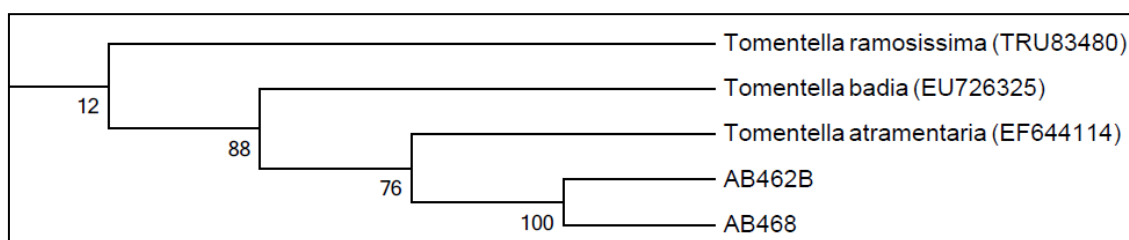
Priloga A21: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 41 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Tomentella*. Uporabljen je bil Kimurin dvoparametrični model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitve predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 200 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnih zaporedij AB1611A in AB1612B glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedja sta dostopna v podatkovni zbirki GenBank pod pristopnima številkami HF674653 (AB1611A) in HF674661 (AB1612B).



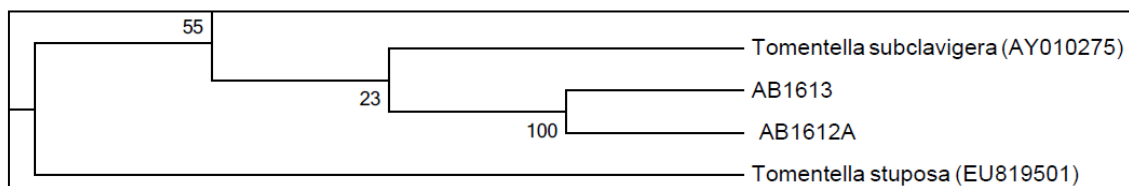
Priloga A22: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 41 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Tomentella*. Uporabljen je bil Kimurin dvoparametrični model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitve predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 200 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnih zaporedij AB467A, AB568 in AB6610 glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedja so dostopna v podatkovni zbirki GenBank pod pristopnimi številkami HF674565 (AB467A), HF674537 (AB568) in HF674595 (AB6610).



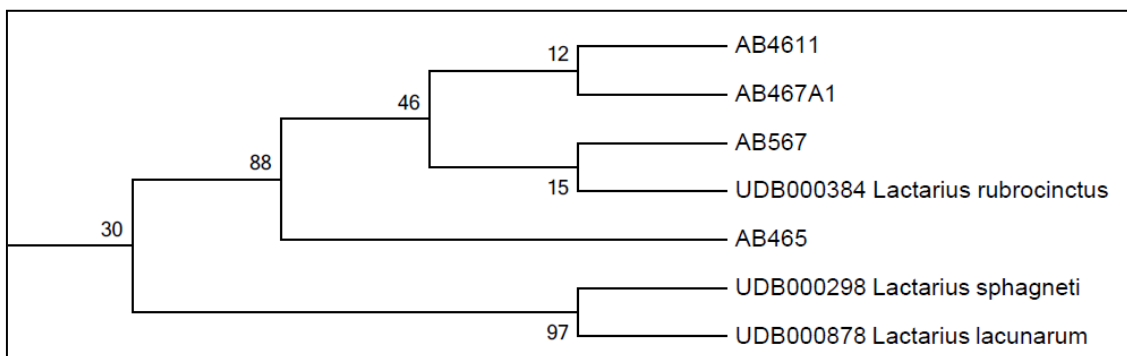
Priloga A23: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 41 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Tomentella*. Uporabljen je bil Kimurin dvoparametrični model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 200 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnih zaporedij AB4612 in AB467AI glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedji sta dostopni v podatkovni zbirki GenBank pod pristopnima številka HF674562 (AB4612) in HF674616 (AB467AI).



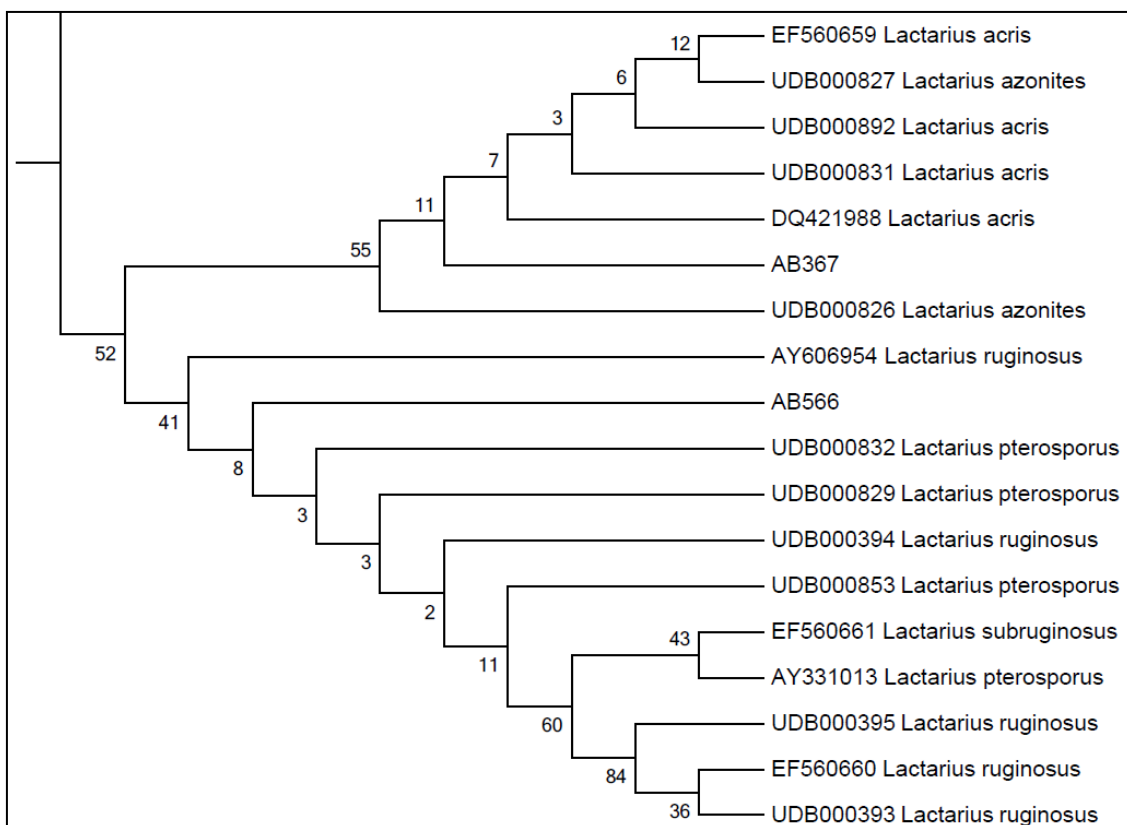
Priloga A24: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 41 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Tomentella*. Uporabljen je bil Kimurin dvoparametrični model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 200 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnih zaporedij AB462B in AB468 glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedji sta dostopni v podatkovni zbirki GenBank pod pristopnima številka HF674567 (AB462B) in HF674614 (AB468).



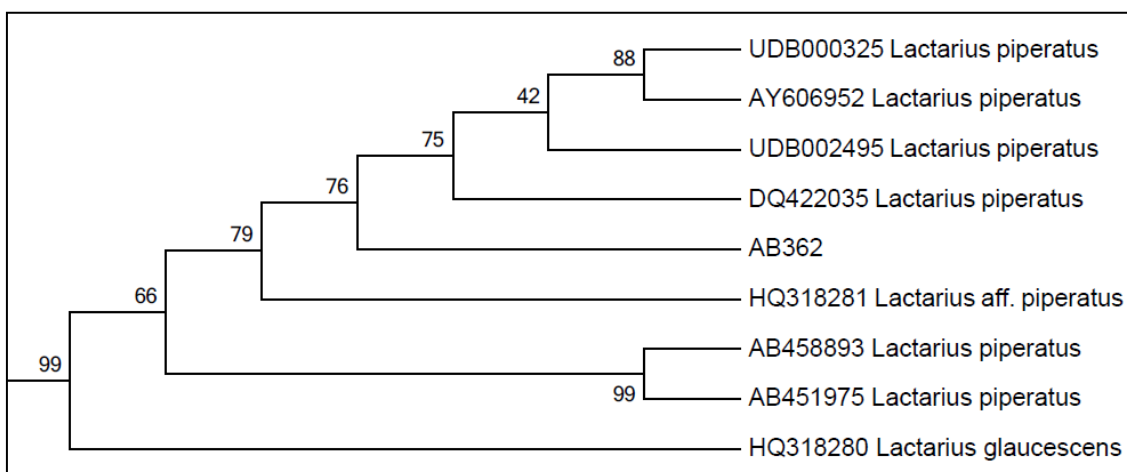
Priloga A25: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 41 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Tomentella*. Uporabljen je bil Kimurin dvoparametrični model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 200 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnih zaporedij AB1613 in AB1612A glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedji sta dostopni v podatkovni zbirki GenBank pod pristopnima številka HF674655 (AB1613) in HF674660 (AB1612A).



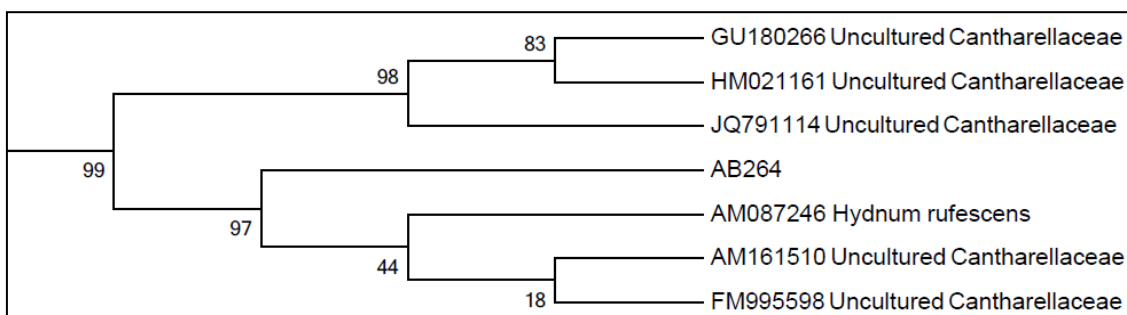
Priloga A26: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 1350 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Lactarius*. Uporabljen je bil splošni časovno reverzibilni model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 100 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnih zaporedij AB4611, AB467A1, AB567 in AB465 glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedja so dostopna v podatkovni zbirki GenBank pod pristopnimi števkami HF674610 (AB4611), HF674615 (AB467A1), HF674630 (AB567) in HF674557 (AB465).



Priloga A27: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 1350 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Lactarius*. Uporabljen je bil splošni časovno reverzibilni model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 100 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnih zaporedij AB367 in AB566 glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedja sta dostopna v podatkovni zbirki GenBank pod pristopnima števkama HF674560 (AB367) in HF674538 (AB566).



Priloga A28: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 1350 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Lactarius*. Uporabljen je bil splošni časovno reverzibilni model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 100 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnega zaporedja AB362 glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedje AB362 je dostopno v podatkovni zbirki GenBank pod pristopno številko HF674555.



Priloga A29: Izsek iz končnega grozda nekoreninjenega filogenetskega drevesa največjega verjetja (ML) za ITS regijo na podlagi 96 nukleotidnih zaporedij ECM gliv rodu *Hydnum*. Uporabljen je bil Tamurin triparametrični model nukleotidne zamenjave. Vrednosti ob točkah razvejitev predstavljajo odstotek zanesljivosti, izračunan z uporabo neparametričnega testa vezanja na podlagi 100 ponovitev. Drevo prikazuje položaj nukleotidnega zaporedja AB264 glede na nukleotidna zaporedja iz javno dostopnih podatkovnih zbirk GenBank in UNITE. Zaporedje AB264 je dostopno v podatkovni zbirki GenBank pod pristopno številko HF674603.

PRILOGA B

Surovi podatki o pojavljanju tipov ECM na drobnih koreninah bukve (*Fagus sylvatica* L.) na ploskvi Abitanti. Prikazani sta prisotnost in številčnost tipov ECM v vzorčnih enotah (1–12) znotraj pripadajočih kategorij »odrasel sestoj-pomlad (OP)«, »mladje-pomlad (MP)«, »odrasel sestoj-jesen (OJ)« in »mladje-jesen (MJ)«

Št.	Tip ECM oz. vrsta ECM glive	Odrasel sestoj-pomlad (OP)			Mladje-pomlad (MP)			Odrasel sestoj-jesen (OJ)			Mladje-jesen (MJ)		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	<i>Albatrellus cristatus</i>	0	0	121	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	<i>Amanita pantherina</i>	0	0	0	0	138	0	0	0	0	0	0	0
3	<i>Astraeus hygrometricus</i>	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	<i>Cenococcum geophilum</i>	437	38	166	257	96	94	83	385	216	941	154	47
5	<i>Clavariadelphus pistillaris</i>	0	0	0	0	397	0	0	0	0	0	0	0
6	<i>Cortinarius casimiri</i>	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	<i>Cortinarius dionysae</i>	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0
8	<i>Cortinarius obtusus</i>	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	<i>Craterellus cornucopioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	255	0	0	0	0
10	<i>Hydnum rufescens</i>	0	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	<i>Hygrophorus discoxanthus</i>	1670	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	<i>Inocybe margaritispota</i>	0	0	0	53	0	0	0	0	0	0	0	0
13	<i>Inocybe pelargonium</i>	0	0	0	201	0	0	0	0	0	0	0	0
14	<i>Inocybe rimosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
15	<i>Lactarius piperatus</i>	0	0	236	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	<i>Lactarius rubrocinctus</i>	0	0	0	169	20	0	0	0	0	0	0	0
17	<i>Lactarius ruginosus</i>	0	0	86	0	186	0	0	0	0	0	0	0
18	<i>Membranomyces delectabilis</i>	0	567	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	<i>Russula faginea</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

se nadaljuje

nadaljevanje Priloge B: Surovi podatki o pojavljanju in številčnosti tipov ECM na drobnih koreninah bukve (*Fagus sylvatica* L.)

Št.	Tip ECM oz. vrsta ECM glive	Odrasel sestoj-pomlad (OP)			Mladje-pomlad (MP)			Odrasel sestoj-jesen (OJ)			Mladje-jesen (MJ)		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
20	<i>Russula foetens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	152
21	<i>Russula olivacea</i>	77	0	0	0	0	787	0	0	1179	0	286	0
22	<i>Russula raoultii</i>	0	0	0	0	150	0	0	0	0	0	0	36
23	<i>Russula rosea</i>	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0
24	<i>Sebacina dimitica</i>	0	0	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	<i>Sebacina incrustans</i>	0	0	0	217	0	0	0	0	0	0	0	0
26	<i>Tomentella coerulea</i>	0	0	0	0	0	27	0	0	0	0	0	0
27	<i>Tomentella fusca</i>	0	0	0	0	0	0	0	75	0	0	0	0
28	<i>Tomentella lilacinogrisea</i>	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0
29	<i>Cortinarius</i> sp. 1	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	<i>Cortinarius</i> sp. 2	0	0	0	0	6	11	0	0	0	0	0	0
31	<i>Inocybe</i> sp. 1	0	0	0	54	0	0	0	0	0	0	0	0
32	<i>Inocybe</i> sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	6	0
33	<i>Sebacina</i> sp. 1	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0
34	<i>Tomentella</i> sp. 1	411	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	<i>Tomentella</i> sp. 2	253	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	<i>Tomentella</i> sp. 3	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0
37	<i>Tomentella</i> sp. 4	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0
38	<i>Tomentella</i> sp. 5	0	0	0	0	16	26	0	0	0	0	0	0

PRILOGA C

Zbrani podatki o najdbah tipov ECM na drobnih koreninah bukve (*Fagus sylvatica* L.) in drugih drevesnih vrst. Prikazani so tipi ECM, ki so bili najdeni v tej raziskavi in so že bili zabeleženi na drobnih koreninah bukve ali drugih drevesnih vrst na območju Slovenije in drugod. Podan je tip ECM; drevesni partner oz. sestoj, v katerem je tip ECM bil najden; vir podatka; ter podnebje raziskovalnega območja v navedenih raziskavah

Tip ECM	Drevesni partner/Sestoj	Vir	Podnebje
<i>Cenococcum geophilum</i>	bukev (<i>Fagus sylvatica</i>)	Grebenc, 2005; Westergren in sod., 2005; Železnik in sod., 2007; Grebenc in Kraigher, 2009; Štraus, 2010; Štraus in sod., 2011, Štraus, 2015	celinsko
	smreka (<i>Picea abies</i>)	Al Sayegh Petkovšek in Kraigher, 1999; Trošt in sod., 1999; Vilhar in Kraigher, 1999; Vilhar in sod., 2004	celinsko
<i>Lactarius rubrocinctus</i>	bukev (<i>Fagus sylvatica</i>)	Al Sayegh Petkovšek, 2005	celinsko
<i>Russula rosea</i>	bukev (<i>Fagus sylvatica</i>)	Grebenc, 2005	celinsko
<i>Cortinarius obtusus</i>	smreka (<i>Picea abies</i>)	Trošt in sod., 1999; Vilhar in sod., 2004	celinsko
<i>Tomentella lilacinogrisea</i>	vrba (<i>Salix caprea</i>)	Regvar in sod., 2010	celinsko

Priloga C1: Seznam tipov ECM, najdenih na bukvi (*Fagus sylvatica*) ali drugih drevesnih vrstah na območju Slovenije.

Tip ECM	Drevesni partner/Sestoj	Vir	Podnebje
<i>Albatrellus cristatus</i>	bukev (<i>Fagus sylvatica</i>)	Di Marino, 2008	celinsko
<i>Cenococcum geophilum</i>	bukev (<i>Fagus sylvatica</i>)	Jany in sod., 2002; Buée in sod., 2004; Pena in sod., 2010	suboceansko/subcelinsko, celinsko
	smreka (<i>Picea abies</i>)	Agerer in Gronbach, 1988	celinsko
	bor (<i>Pinus halapensis</i>)	Torres in Honrubia, 1997	mediteransko
	hrast (<i>Quercus</i> sp.)	Donnini in Bencivenga, 1995; Azul in Freitas, 1999	mediteransko
<i>Cortinarius casimiri</i>	bukev (<i>Fagus sylvatica</i>)	Schirkonyer in sod., 2013	suboceansko/subcelinsko
<i>Craterellus cornucopioides</i>	bukev (<i>Fagus sylvatica</i>)	Lang in sod., 2011	suboceansko/subcelinsko

se nadaljuje

nadaljevanje Priloge C2: Zbrani podatki o tipih ECM, najdenih na drobnih koreninah bukve (*Fagus sylvatica* L.) in drugih drevesnih vrst

Tip ECM	Drevesni partner/Sestoj	Vir	Podnebje
<i>Hygrophorus discoxanthus</i>	bukev (<i>Fagus sylvatica</i>)	Pena in sod., 2010	suboceansko/subcelinsko
<i>Lactarius rubrocinctus</i>	bukev (<i>Fagus sylvatica</i>)	Di Marino, 2008	celinsko
<i>Russula foetens</i>	bukev (<i>Fagus sylvatica</i>)	Pena in sod., 2010	suboceansko/subcelinsko
<i>Russula raoultii</i>	bukev (<i>Fagus sylvatica</i>)	Lang in sod., 2011	suboceansko/subcelinsko
<i>Sebacina incrustans</i>	bukev (<i>Fagus sylvatica</i>)	Pena in sod., 2010	suboceansko/subcelinsko
	hrast (<i>Quercus robur</i>)	Mosca in sod., 2007	oceansko
	vrba (<i>Salix herbacea</i> , <i>Salix retusa</i>)	Mühlman in sod., 2008	alpsko
<i>Tomentella lilacinogrisea</i>	bukev (<i>Fagus sylvatica</i>)	Pena in sod., 2010	suboceansko/subcelinsko
	hrast (<i>Quercus petraea</i> , <i>Quercus robur</i>)	Courty in sod., 2008; Courty in sod., 2010	oceansko
	breza (<i>Betula pendula</i>)	Trocha in sod., 2007	suboceansko/subcelinsko
<i>Amanita pantherina</i>	bor (<i>Pinus muricata</i>)	Taylor in Bruns, 1999	mediteransko
<i>Astraeus hygrometricus</i>	bor (<i>Pinus banksiana</i>)	Danielson, 1984	celinsko
<i>Cortinarius casimiri</i>	hrast (<i>Quercus suber</i> , <i>Quercus petraea</i>)	Orgiazzi in sod., 2012; Schirkonyer in sod., 2013	mediteransko
	vrba (<i>Salix helvetica</i>)	Welc in sod., 2014	alpsko
	jelka (<i>Abies alba</i>)	Schirkonyer in sod., 2013	celinsko
	smreka (<i>Picea abies</i>)	Schirkonyer in sod., 2013	celinsko
	macesen (<i>Larix decidua</i>)	Schirkonyer in sod., 2013	celinsko
<i>Cortinarius obtusus</i>	smreka (<i>Picea abies</i>)	Toljander in sod., 2006	celinsko
<i>Hydnum rufescens</i>	smreka (<i>Picea abies</i>)	Agerer in sod., 1996; Scattolin in sod., 2008	celinsko
<i>Inocybe rimosa</i>	hrast (<i>Quercus alba</i> , <i>Quercus rubra</i>)	Avis in sod., 2008	celinsko
<i>Lactarius piperatus</i>	hrast (<i>Quercus robur</i> , <i>Quercus petraea</i> , <i>Quercus pubescens</i>)	Luppi in Gautero, 1967	celinsko
<i>Tomentella coerulea</i>	hrast (<i>Quercus ilex</i>)	Richard in sod., 2011	mediteransko
	v sestoju lipe in gabra (<i>Tilia</i> spp. + <i>Carpinus betulus</i>)	Lang in sod., 2011	suboceansko/subcelinsko
	kostanj (<i>Castanea sativa</i>)	Peintner in sod., 2007	mediteransko

Priloga C2: Seznam tipov ECM, najdenih na bukvi (*Fagus sylvatica* L.) ali drugih drevesnih vrstah v območjih izven Slovenije.