

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ENOTA MEDODDELČNEGA ŠTUDIJA MIKROBIOLOGIJE

Barbara OROZEL

**PRIMERJAVA TALNIH EKTOMIKORIZNIH
ZDRUŽB OSUTIH IN VITALNIH DREVES NA
GOZDNI RAZISKOVALNI PLOSKVI VELIKI VRH**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2009

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ENOTA MEDODDELČNEGA ŠTUDIJA MIKROBIOLOGIJE

Barbara OROZEL

**PRIMERJAVA TALNIH EKTOMIKORIZNIH ZDRUŽB OSUTIH IN
VITALNIH DREVES NA GOZDNI RAZISKOVALNI PLOSKVI
VELIKI VRH**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

**COMPARISON OF THE BELOWGROUND ECTOMYCORRHIZAL
FUNGAL COMMUNITIES OF DAMAGED AND VITAL TREES AT
THE FOREST RESEARCH PLOT VELIKI VRH**

GRADUATION THESIS

University studies

Ljubljana, 2009

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija mikrobiologije. Opravljeno je bilo v biološkem laboratoriju ERICo Velenje, Inštitut za ekološke raziskave d.o.o. pod delovnim mentorstvom dr. Samar Al Sayegh Petkovšek.

Študijska komisija univerzitetnega dodiplomskega študija mikrobiologije je za mentorico diplomskega dela imenovala prof. dr. Nino Gunde Cimerman, za somentorico prof. dr. Hojko Kraigher in za recenzentko prof. dr. Marjano Regvar.

Mentorica: prof. dr. Nina Gunde Cimerman

Somentorica: prof. dr. Hojka Kraigher

Recenzentka: prof. dr. Marjana Regvar

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednica: prof. dr. Ines Mandić Mulec

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo

Članica: prof. dr. Nina Gunde Cimerman

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Članica: prof. dr. Hojka Kraigher

Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije

Članica: prof. dr. Marjana Regvar

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Barbara Orozel

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 502.5:631.466:582.475(043)=863
KG	mikoriza / simbioza med glivo in lesno korenino / ektomikoriza / osuta smreka / vitalna smreka / gozdna raziskovalna ploskev Veliki Vrh / Slovenija / mikobioindikacija / trosnjaki višjih gliv / tipi ektomikorize / identifikacija ektomikorize / bioindikacija / mikorizni potencial / vloga ektomikorize
AV	OROZEL, Barbara
SA	GUNDE CIMERMAN, Nina (mentorica) / KRAIGHER, Hojka (somentorica) / REGVAR, Marjana (recenzentka)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Enota medoddelčnega študija mikrobiologije
LI	2009
IN	PRIMERJAVA TALNIH EKTOMIKORIZNIH ZDRUŽB OSUTIH IN VITALNIH DREVES NA GOZDNI RAZISKOVALNI PLOSKVI VELIKI VRH
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	XIV, 80 str., 12 pregl., 40 sl., 43 pril., 75 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Izvedli smo primerjavo ektomikoriznih talnih združb ob vitalnih in osutih smrekah na gozdni raziskovalni ploskvi Veliki Vrh (Slovenija), ki je izpostavljena emisijam Termoelektrarne Šoštanj. Vzorčili smo dne 26.9.2006. Analizirali smo število kratkih korenin, identificirali in opisali tipe ektomikorize ter izračunali njihovo raznolikost v analiziranih talnih vzorcih. Uporabili smo metodo mikobioindikacije, sočasno pa smo opravili tudi popis trosnjakov višjih gliv na gozdnih raziskovalnih ploskvah. V 12 talnih vzorcih Velikega Vrha in 6 vzorcih Ložnice smo pregledali 56.646 kratkih korenin. Identificirali smo 26 različnih tipov ektomikorize, od tega smo jih 14 določili do rodu ali vrste, za preostalih 12 pa nismo našli ustreznega opisa. Število nemikoriznih kratkih korenin je statistično značilno manjše v vzorcih vitalne smreke Velikega Vrha. Ostali parametri (število vitalnih, neturgescenčnih in vseh kratkih korenin, indeks vrstnega bogastva (d) in število tipov ektomikorize v vzorcu (S)) so večji pri vitalnih smrekah, v primerjavi z osutimi smrekami, vendar niso statistično značilni.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn

DC UDC 502.5:631.466:582.475(043)=863

CX mycorrhizae / a symbiotic association between a fungus and the roots of a woody plant / ectomycorrhizae / damaged Norway spruce trees / vital Norway spruce trees / forest research plot Veliki Vrh / Slovenia / mycobioindication / macrofungi / types of ectomycorrhizae / identification of ectomycorrhizae / bioindication / mycorrhizal potential / role of ectomycorrhizae

AU OROZEL, Barbara

AA GUNDE CIMERMAN, Nina (supervisor) / KRAIGHER, Hojka (co-advisor) / REGVAR, Marjana (reviewer)

PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Interdepartmental Programme in Microbiology

PY 2009

TI COMPARISON OF THE BELOWGROUND ECTOMYCORRHIZAL FUNGAL COMMUNITIES OF DAMAGED AND VITAL TREES AT THE FOREST RESEARCH PLOT VELIKI VRH

DT Graduation Thesis (University studies)

NO XIV, 80 p., 12 tab., 40 fig., 43 ann., 75 ref.

LA sl

AL sl/en

AB We have performed the comparison of the belowground ectomycorrhizal fungal communities of damaged and vital trees at the forest research plot Veliki Vrh (Slovenia), exposed to emission of Šoštanj Thermal Power Plant. The samples were taken on 26.9.2006. We analysed the number of short roots, determined and described different types of ectomycorrhizae and estimated their biodiversity in analysed soil cores. The method of mycobioindication was used and simultaneously the inventory of macrofungi on the research plots was performed. In 12 soil cores of Veliki Vrh and 6 soil cores of Ložnica we have enumerated 56.646 short roots. 26 types of ectomycorrhizae were determined, 14 types to the genus or species level, while for the other 12 we could not find any suitable description. The number of nonmycorrhizal short roots was statistically significantly lower in soil cores of vital Norway spruce trees of Veliki Vrh. The other parameters (number of vital, unidentified and all short roots, species richness (d) and number of ectomycorrhizal types in the core (S)) were higher at vital Norway spruce trees in comparison to damaged Norway spruce trees but they were not statistically significant.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	X
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XIII
SLOVARČEK	XIV
1 UVOD	1
1.1 CILJI NALOGE IN DELOVNA HIPOTEZA	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 OPIS IN VLOGA EKTOMIKORIZE	3
2.1.1 Razvoj in vloga ektomikorize	4
2.1.2 Zgradba ektomikorize	6
2.2 PROPADANJE GOZDOV IN EKTOMIKORIZA	8
3 MATERIAL IN METODE	10
3.1 OPIS GOZDNIH RAZISKOVALNIH PLOSKEV	10
3.1.1 Gozdna raziskovalna ploskev Veliki Vrh	11
3.1.2 Gozdna raziskovalna ploskev Ložnica	12
3.2 VZORČENJE TIPOV EKTOMIKORIZE IN POPISOVANJE TROSNJAKOV VIŠJIH GLIV	14
3.3 DOLOČANJE TIPOV EKTOMIKORIZE	16
3.4 STATISTIČNA ANALIZA POJAVLJANJA TIPOV EKTOMIKORIZE	19
3.4.1 Izračun deleža mikoriznih kratkih korenin	19
3.4.1.1 Delež posameznih tipov ektomikorize	19
3.4.1.2 Delež vitalnih ektomikoriznih kratkih korenin	19
3.4.1.3 Delež neturgescenčnih ektomikoriznih kratkih korenin	20
3.4.1.4 Delež nemikoriznih kratkih korenin	20
3.4.1.5 Aritmetična sredina	20
3.4.1.6 Vzorčni standardni odklon	20
3.4.2 Izračun indeksov biotske pestrosti	21
3.4.2.1 Bogatost vrst oziroma indeks vrstne pestrosti (d)	21

3.4.2.2	Shannon-Weaverjev indeks vrstne pestrosti (H)	21
3.4.2.3	Indeks izenačenosti (J)	22
3.4.2.4	Indeks uravnoteženosti (e)	22
3.4.3	Statistična obdelava	23
4	REZULTATI	24
4.1	PREGLED IN OPISI TIPOV EKTOMIKORIZE	24
4.2	POPIS TROSNJAKOV VIŠJIH GLIV	50
4.3	PRIMERJAVA MIKORIZACIJE IN RAZVITOSTI KORENINSKEGA SISTEMA VITALNIH IN OSUTIH SMREK	51
4.3.1	Število kratkih korenin posameznega tipa ektomikorize v posameznem vzorcu	51
4.3.2	Pojavljanje vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih, nemikoriznih in vseh kratkih korenin	53
4.4	BIOTSKA PESTROST TIPOV EKTOMIKORIZE V POSAMEZNIH TALNIH VZORCIH	58
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	63
5.1	RAZPRAVA	63
5.1.1	Pregled in opisi tipov ektomikorize	63
5.1.2	Popis trosnjakov višjih gliv	65
5.1.3	Primerjava mikorizacije in razvitosti koreninskega sistema vitalnih in osutih smrek	66
5.2	SKLEPI	68
6	POVZETEK	70
7	VIRI	72
ZAHVALA		
PRILOGA		

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Različni tipi mikorize in njihove lastnosti (Smith in Read, 2008)	3
Preglednica 2: Število in delež posamezne drevesne vrste in njihova lesna zaloga na raziskovalni ploskvi Veliki Vrh (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2008:31)	11
Preglednica 3: Število in delež posamezne drevesne vrste in njihova lesna zaloga na raziskovalni ploskvi Ložnica (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2008:31)	13
Preglednica 4: Trajanje analize posameznega talnega vzorca	15
Preglednica 5: Seznam tipov ektomikorize, ki so se pojavljali v talnih vzorcih osutih in vitalnih smrek gozdne raziskovalne ploskve Veliki Vrh in Ložnica (identifikacija po Agerer (ed.) Colour atlas of ectomycorrhizae (1987–2002), Descriptions of ectomycorrhizae (1996–2002) in An information system for Characterization and Determination of Ectomycorrhizae (2004))	24
Preglednica 6: Seznam tipov ektomikorize in talnih vzorcev osutih in vitalnih smrek gozdne raziskovalne ploskve Veliki Vrh in Ložnica, v katerih so se pojavljali (identifikacija po Agerer (ed.) Colour atlas of ectomycorrhizae (1987–2002), Descriptions of ectomycorrhizae (1996–2002) in An information system for Characterization and Determination of Ectomycorrhizae (2004))	25
Preglednica 7: Popis trosnjakov gliv na raziskovalnih ploskvah Veliki Vrh in Ložnica	50
Preglednica 8: Število kratkih korenin posameznega tipa ektomikorize v posameznem vzorcu ter njihovi deleži	52
Preglednica 9: Število vitalnih in neturgescentnih ektomikoriznih, nemikoriznih in vseh kratkih korenin v posameznem talnem vzorcu	53
Preglednica 10: Število vitalnih, neturgescentnih ektomikoriznih, nemikoriznih in vseh kratkih korenin vitalne in osute smreke Velikega Vrha	54
Preglednica 11: Indeksi biodiverzitete tipov ektomikorize v talnih vzorcih raziskovalnih ploskev Veliki Vrh in Ložnica	58
Preglednica 12: Število za indeks vrstne pestrosti (d), Shannon-Weaverjev indeks vrstne pestrosti (H), indeks izenačenosti (J), indeks uravnoveženosti (e) in število tipov ektomikorize v vzorcu vitalne in osute smreke Velikega Vrha	59

KAZALO SLIK

Slika 1: Grafični prikaz sprejemanja in transporta hranil v ektomikorizi (Plassard in sod., 2004)	7
Slika 2: Zemljevid Šaleške doline z vrisanimi lokacijami Termoelektrarne Šoštanj (TEŠ) ter gozdnih raziskovalnih ploskev Veliki Vrh in Ložnica (MOP-GURS, 2007)	10
Slika 3: Skica pozicije izbranih vitalnih in osutih smrek na raziskovalni ploskvi Veliki Vrh (naklon ploskve je 20°)	14
Slika 4: Risbe različnih kratkih korenin - prvi trije mikorizni sistemi imajo gladko površino plašča in monopodialno-piramidalni tip razraščanja; četrti mikorizni sistem ima volnato površino plašča in prav tako monopodialno-piramidalni tip razraščanja; tudi peti mikorizni sistem ima volnato površino plašča, iz katerega pa izhajajo številni rizomorfi, medtem ko je tip razraščanja nepravilno pinaten tip	17
Slika 5: Grafični prikaz poteka dela	18
Slika 6: Tip ektomikorize SLO 930-OB130 iz vzorcev A1/1, A2/1, L2/1, L3/1 (od leve proti desni)	26
Slika 7: Tip ektomikorize SLO 931-OB131 iz vzorcev A2/3	27
Slika 8: Tip ektomikorize SLO 932-OB132 iz vzorcev A1/2, A2/1, A2/2 (od leve proti desni)	28
Slika 9: Tip ektomikorize SLO 933-OB133 iz vzorcev L2/1, L2/2, L2/3 (od leve proti desni)	30
Slika 10: Tip ektomikorize SLO 934-OB134 iz vzorcev A1/1, B1/2 (od leve proti desni)	31
Slika 11: Tip ektomikorize SLO 935-OB135 iz vzorcev A2/3, B1/1 (od leve proti desni)	32
Slika 12: Tip ektomikorize SLO 936-OB136 iz vzorca B1/2	33
Slika 13: Tip ektomikorize SLO 938-OB138 iz vzorca A1/2	35
Slika 14: Tip ektomikorize SLO 939-OB139 iz vzorca A2/1	36
Slika 15: Tip ektomikorize SLO 940-OB140 iz vzorca L2/1	36
Slika 16: Tip ektomikorize SLO 941-OB141 iz vzorcev A1/2, B2/1, L2/1, L2/2 (od leve proti desni)	37
Slika 17: Tip ektomikorize SLO 942-OB142 iz vzorca A1/1	38
Slika 18: Tip ektomikorize SLO 943-OB143 iz vzorcev A1/3, A2/1 (od leve proti desni)	39
Slika 19: Tip ektomikorize SLO 944-OB144 iz vzorcev A1/2, A1/3 (od leve proti desni)	40
Slika 20: Tip ektomikorize SLO 946-OB146 iz vzorca B1/1	42
Slika 21: Tip ektomikorize SLO 947-OB147 iz vzorca A2/3	43
Slika 22: Tip ektomikorize SLO 948-OB148 iz vzorca B1/2	43
Slika 23: Tip ektomikorize SLO 949-OB149 iz vzorca B1/2	44
Slika 24: Tip ektomikorize SLO 950-OB150 iz vzorca L3/3	45
Slika 25: Tip ektomikorize SLO 951-OB151 iz vzorca L3/3	45
Slika 26: Tip ektomikorize SLO 952-OB152 iz vzorcev L2/1, L2/1, L2/3 (od leve proti desni)	46
Slika 27: Tip ektomikorize SLO 953-OB153 iz vzorca L2/1	47
Slika 28: Tip ektomikorize SLO 954-OB154 iz vzorca L2/1	48
Slika 29: Tip ektomikorize SLO 955-OB155 iz vzorcev L2/2, L3/1 (od leve proti desni)	48

Slika 30: Objekt TEŠ, Škalsko, Velenjsko in Šoštanjsko jezero (od leve proti desni), v ozadju pa tudi Veliki Vrh in Ložnica (slikano z Uršlje gore)	51
Slika 31: Delež vitalnih in neturgescentnih ektomikoriznih, nemikoriznih kratkih korenin vitalne in osute smreke na gozdni raziskovalni ploskvi Veliki Vrh	54
Slika 32: Primerjava števila vitalnih kratkih korenin v talnih vzorcih vitalne in osute smreke Velikega Vrha	55
Slika 33: Primerjava števila neturgescentnih kratkih korenin v talnih vzorcih vitalne in osute smreke Velikega Vrha	55
Slika 34: Primerjava števila nemikoriznih kratkih korenin v talnih vzorcih vitalne in osute smreke Velikega Vrha	56
Slika 35: Primerjava števila vseh kratkih korenin v talnih vzorcih vitalne in osute smreke Velike Vrha	56
Slika 36: Primerjava indeksa vrstne pestrosti (d) v talnih vzorcih vitalne in osute smreke Velikega Vrha	59
Slika 37: Primerjava Shannon-Weaverjevega indeksa vrstne pestrosti (H) v talnih vzorcih vitalne in osute smreke Velikega Vrha	60
Slika 38: Primerjava indeksa izenačenosti (J) v talnih vzorcih vitalne in osute smreke Velikega Vrha	60
Slika 39: Primerjava indeksa uravnoveženosti (e) v talnih vzorcih vitalne in osute smreke Velikega Vrha	61
Slika 40: Primerjava števila tipov ektomikorize (S) v talnih vzorcih vitalne in osute smreke Velikega Vrha	61

KAZALO PRILOG

Priloge A: Tipi ektomikorize, ki so se pojavljali v vzorcih osutih in vitalnih smrek gozdnih raziskovalnih ploskev Veliki Vrh in Ložnica, vzorčenih dne 26.9.2006

- Priloga A 1: SLO 930–OB130**
- Priloga A 2: SLO 931–OB131**
- Priloga A 3: SLO 932–OB132**
- Priloga A 4: SLO 933–OB133**
- Priloga A 5: SLO 934–OB134**
- Priloga A 6: SLO 935–OB135**
- Priloga A 7: SLO 936–OB136**
- Priloga A 8: SLO 937–OB137**
- Priloga A 9: SLO 938–OB138**
- Priloga A 10: SLO 939–OB139**
- Priloga A 11: SLO 940–OB140**
- Priloga A 12: SLO 941–OB141**
- Priloga A 13: SLO 942–OB142**
- Priloga A 14: SLO 943–OB143**
- Priloga A 15: SLO 944–OB144**
- Priloga A 16: SLO 945–OB145**
- Priloga A 17: SLO 946–OB146**
- Priloga A 18: SLO 948–OB148**
- Priloga A 19: SLO 949–OB149**
- Priloga A 20: SLO 950–OB150**
- Priloga A 21: SLO 951–OB151**
- Priloga A 22: SLO 952–OB152**
- Priloga A 23: SLO 953–OB153**
- Priloga A 24: SLO 954–OB154**
- Priloga A 25: SLO 955–OB155**

- Priloga B 1:** Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu A1/1, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu A1/1
- Priloga B 2:** Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu A1/2, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu A1/2
- Priloga B 3:** Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu A1/3, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu A1/3
- Priloga B 4:** Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu A2/1, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu A2/1
- Priloga B 5:** Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu A2/2, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu A2/2
- Priloga B 6:** Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu A2/3, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu A2/3
- Priloga B 7:** Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu B1/1, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu B1/1
- Priloga B 8:** Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu B1/2, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu B1/2
- Priloga B 9:** Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu B1/3, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu B1/3
- Priloga B 10:** Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu B2/1, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu B2/1
- Priloga B 11:** Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu B2/2, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu B2/2
- Priloga B 12:** Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu B2/3, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu B2/3

- Priloga B 13:** Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu L2/1, število in delež vitalnih in neturgescentnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu L2/1
- Priloga B 14:** Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu L2/2, število in delež vitalnih in neturgescentnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu L2/2
- Priloga B 15:** Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu L2/3, število in delež vitalnih in neturgescentnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu L2/3
- Priloga B 16:** Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu L3/1, število in delež vitalnih in neturgescentnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu L3/1
- Priloga B 17:** Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu L3/2, število in delež vitalnih in neturgescentnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu L3/2
- Priloga B 18:** Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu L3/3, število in delež vitalnih in neturgescentnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu L3/3

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

$\bar{x}$	aritmetična sredina
$s(\bar{x})$	vzorčni standardni odklon
$\bar{x} \pm t_{0,05} * SE$	aritmetična sredina z odklonom zaupanja
A1/1, A1/2, A1/3, A2/1, A2/2, A2/3	vzorci odvzeti ob vitalni smreki gozdne raziskovalne ploskve Veliki Vrh
B1/1, B1/2, B1/3, B2/1, B2/2, B2/3	vzorci odvzeti ob osuti smreki gozdne raziskovalne ploskve Veliki Vrh
C	korekcijski koeficient (2,3)
CO	ogljikov monoksid
CO ₂	ogljikov dioksid
d	indeks vrstnega bogastva
e	indeks uravnoteženosti
H	Shannon-Weaverjev indeks vrstne pestrosti
H _{max}	teoretični maksimalni Shannon-Weaverjev indeks vrstne pestrosti
J	indeks izenačenosti
K ⁺	kalijev ion
L2/1, L2/2, L2/3, L3/1, L3/2, L3/3	vzorci odvzeti ob vitalni smreki gozdne raziskovalne ploskve Ložnica
N	število vitalnih ektomikoriznih kratkih korenin
NK	nukleinska kislina
NO _x	dušikovi oksidi
P	verjetnost
pH	negativni logaritem koncentracije protonov
P _i	fosfatni ion
S	število tipov ektomikorize v vzorcu
SO ₂	žveplov dioksid

SLOVARČEK

ANAS postaja	opazovalna postaja onesnaženosti zraka
edafski faktorji	dejavniki v prsti, ki vplivajo na organizme; ne zajemajo le fizikalnih in kemičnih vplivov pedosfere, marveč tudi klimatske dejavnike na površini in pod njo (temperatura, vlaga, svetloba) (Okolje, 1985)
emisija	izločanje škodljivih snovi z dimom ali odpadnimi vodami v okolje (Okolje, 1985)
hipogeje glive	podzemne glive
imisija	koncentracije škodljivih primesi, ki so v okolju in vplivajo na ljudi, živali, rastline in razne materiale (Okolje, 1985)
micelij	podgobje, ki ga tvori preplet hif
mutualizem	odnos, kjer dva različna organizma živita v skupnosti, ki je za oba koristna
pedosfera	površinska plast tal, ki je nastala zaradi preperevanja matične kamnine in delovanja živih organizmov (Okolje, 1985)
saprofitske glive	glive razgrajevalke

1 UVOD

Mikoriza je pomembna v dinamiki gozdnega ekosistema, saj igra ključno vlogo pri kroženju hranil in energije znotraj gozda ter pri zmanjševanju stresa. Mikorizne glive so občutljivi kazalci antropogenega stresa, ki povzroča zakisovanje, kopičenje dušikovih spojin, težkih kovin in ostalih onesnažil ter se kaže v spremenjenih lastnostih gozdnih tal. Posledično pa pride do osutosti dreves, zmanjšanja raznolikosti ektomikoriznih združb in pojavljanja nekaterih tolerantnih tipov ektomikorize (Kraigher, 1991, 1994, 1997; Kraigher in sod. 1995, 1996; Taylor, 1995; Erland in Taylor, 2002); zmanjšanja deleža ektomikoriznih gliv glede na vse glive in pojavljanja bolj tolerantnih ektomikoriznih gliv (Arnolds, 1987, 1991; Fellner, 1993; Fellner in Peškova, 1995; Matočec in sod., 2000).

Propadanje gozdov je povezano s propadanjem ektomikorize. Prizadeta ektomikoriza dodatno vpliva na pomankanje hranil in na dostopnost vode in zato še poslabša stanje dreves, poškodovanih zaradi onesnaževanja (Meyer, 1989). V našem diplomskem delu smo analizirali število kratkih korenin, identificirali in opisali tipe ektomikorize ter izračunali njihovo raznolikost v analiziranih talnih vzorcih z namenom ugotovitve razlik v vrstni sestavi in biotski pestrosti tipov ektomikorize.

1.1 CILJI NALOGE IN DELOVNA HIPOTEZA

Cilji diplomske naloge so bili:

- opisi in določitev tipov ektomikorize na kratkih koreninah vitalnih in osutih smrek;
- določitev bioindikatorskih tipov ektomikorize – tipi, ki bi se pojavljali pretežno ob osutih ali ob vitalnih smrekah;
- primerjava števila vitalnih in neturgescentnih (nedoločljive in stare kratke korenine) ektomikoriznih kratkih korenin v enakem volumnu tal, vzorčenih ob vitalnih in osutih smrekah;
- primerjava vrstne raznolikosti tipov ektomikorize ob vitalnih in osutih smrekah.

Naša delovna hipoteza je bila, da je v talnih vzorcih, vzorčenih ob vitalnih smrekah v primerjavi z nevitalnimi (osutimi) smrekami, večji delež vitalnih in vseh kratkih korenin, manjši delež nemikoriznih kratkih korenin ter da je raznolikost tipov ektomikorize večja.

2 PREGLED OBJAV

2.1 OPIS IN VLOGA EKTOMIKORIZE

A. B. Frank je leta 1885 prvič uporabil pojem mikoriza in z njim opisal trajno simbiozo med koreninami in hifami gliv. Mikorizo je definiral kot glivno korenino, ki deluje kot organ za sprejem vode in hranil. Razlikoval je ektotrofno mikorizo (danes ektomikoriza) in endotrofno mikorizo (danes endomikoriza) (cit. po Kraigher, 1996).

Ektomikoriza je definirana kot mutualistična simbioza kratkih korenin lesnih rastlin in gliv, ki se je razvila predvsem kot prilagoditev na ekosisteme, kjer je malo razpoložljivih hranil (Johansson, 2002). Ektomikorizo označuje prisotnost treh struktur: glivni plašč, Hartigova mreža (mesto izmenjave med glivo in rastlino) in ekstramatrikalni micelij (hife in rizomorfi, s katerimi sprejemajo ali translocirajo hranila in vodo) (Smith in Read, 2008).

Poznamo ektomikorizo, arbuskularno mikorizo, ektendomikorizo, erikoidno, arbutoidno, monotropoidno in orhidacejsko mikorizo. Bistvene lastnosti podaja preglednica 1.

Preglednica 1: Različni tipi mikorize in njihove lastnosti (Smith in Read, 2008)

TIP MIKORIZE	LASTNOSTI
EKTOMIKORIZA	Na površini kratke korenine je plašč hif, sledi Hartigova mreža hif, ki prodirajo med celice primarne skorje do endoderma korenine, s pomočjo ekstramatrikalnega micelija pa sprejemajo hranila in vodo.
ARBUSKULARNA MIKORIZA	arbuskuli v celicah primarne skorje korenine
EKTENDOMIKORIZA	Na površini kratke korenine je plašč hif reduciran ali pa ga ni, Hartigova mreža je dobro razvita, hife vstopajo v celice (intracelularno).
ERIKOIDNA MIKORIZA	klobčiči hif znotraj celic primarne skorje korenine
ARBUTOIDNA MIKORIZA	klobčiči hif znotraj celic primarne skorje, lahko tudi plašč hif na površini korenine
MONOTROPOIDNA MIKORIZA	klobčiči hif znotraj celic primarne skorje korenine
ORHIDACEJSKA MIKORIZA	značilno pojavljanje propagule gliv v semenu rastlinskega partnerja in klobčiči hif znotraj celic primarne skorje korenine

2.1.1 Razvoj in vloga ektomikorize

Z razvojem ekosistemov so se razvijale tudi posamezne oblike mikorize. Klimatske in edafske razmere (fizikalni, kemični in klimatski dejavniki) v okolju so vplivale na razporeditev, tako rastlin kot oblik njihove mikorizne simbioze (Read, 1991). Ena najobičajnejših mikoriznih zvez, ki prevladuje pri večini gozdnih dreves, je ektomikoriza. Glive, ki tvorijo ektomikorizo z gozdnim drevjem, predstavljajo ključno povezavo med viri hranil in simbiotskimi rastlinami ter tako bistveno pripomorejo k delovanju gozdnega ekosistema (Kraigher, 1996).

Struktura in delovanje ektomikoriznega micelija sta pomembna dejavnika za mobilizacijo hranil. Možnost mobilizacije in vgraditve ogljika, dušika, fosforja ter drugih elementov je izrednega ekološkega pomena (Smith in Read, 2008). Mikorizne glive omogočajo hitrejše kroženje dušika in fosforja ter ostalih organsko vezanih elementov in s tem preprečujejo višjim rastlinam izgubo hranil oziroma izpiranje le-teh iz ekosistema (Kraigher, 1996). Ektomikorizne glive so aktivno udeležene pri razgradnji snovi. V primerjavi s saprofitskimi glivami imajo prednost v boju za dušik, predvsem zaradi povezanosti z rastlinami, saj niso omejene glede preskrbe z ogljikom (Smith in Read, 2008).

Micelij mikorizne glive se lahko podaljša od korenin ene rastline do korenin druge rastline. S tem se tvori micelijska mreža, ki povečuje absorpcijsko površino koreninskega sistema. Posamezne vrste, rodovi in tudi družine rastlin so lahko povezane z micelijsko mrežo in so si tako sposobne deliti hranila (Simard in sod., 1997).

Med gostiteljem in simbiontom poteka izmenjava v obe smeri. Najpomembnejši proces, ki poteka med njima, je izmenjava ogljikovih spojin za esencialna hranila (Kottke in Oberwinkler, 1986). Rastlina nudi glivi organski ogljik, v zameno pa ji gliva zagotovi mineralna hranila, vodo in zaščito pred patogenimi organizmi (Kraigher, 1996). Rastline pa ne oddajajo glivam le ogljikovih hidratov, ki jim predstavljajo vir energije, ampak tudi številne druge organske komponente kot so nukleinske kisline, nukleotidi, fenolni aldehidi, ketoni, estri in terpenoidi (Koske in Gemma, 1992).

Nekatere ektomikorizne glive se pojavljajo na različnih drevesnih vrstah, zato nekateri avtorji domnevajo, da je specifičnost glede gostiteljske rastline in habitata vsaj na nivoju rodu razpoznavna (Smith in Read, 2008).

Obstoj mikorizne glive v skupnosti je odvisen od njene sposobnosti zapolniti obstoječe niše ter od kompetitivnih sposobnosti glede na druge glive (Egger, 1995). Lahko gre za kompeticijo za obstoječe koreninske vršičke, torej nadomeščanje vrst, ali za naseljevanje novih, nekoloniziranih koreninskih poganjkov, pri čemer pride do izraza kolonizacijski potencial posamezne vrste. Če koreninski vršiček raste počasi, je velika možnost, da ga naseli na korenini že prisotna vrsta glive. Če korenine rastejo hitreje kot hife, obstajajo možnosti za kolonizacijo gliv iz sosednjih koreninskih vršičkov ali iz talnega substrata (povzeto po Vilhar, 2001).

Tudi razvojna faza gozda vpliva na mikorizno floro. V procesu staranja gozda lahko opazimo, da glive, ki prevladujejo v zgodnjih fazah rasti drevesa, nadomestijo glive, značilne za pozne faze (Kraigher, 1996; Last in sod., 1987).

Pri drevesih z razvito ektomikorizo je število glivnih partnerjev veliko. Nove korenine neprestano nastajajo in različne glive tekmujejo med seboj, katera jih bo kolonizirala prva. Ključni dejavnik, ki določa sestavo mikorizne populacije, je sposobnost posameznih vrst gliv, da kolonizirajo korenino v določenih pogojih in v prisotnosti drugih simbiotov (Garbaye, 1991).

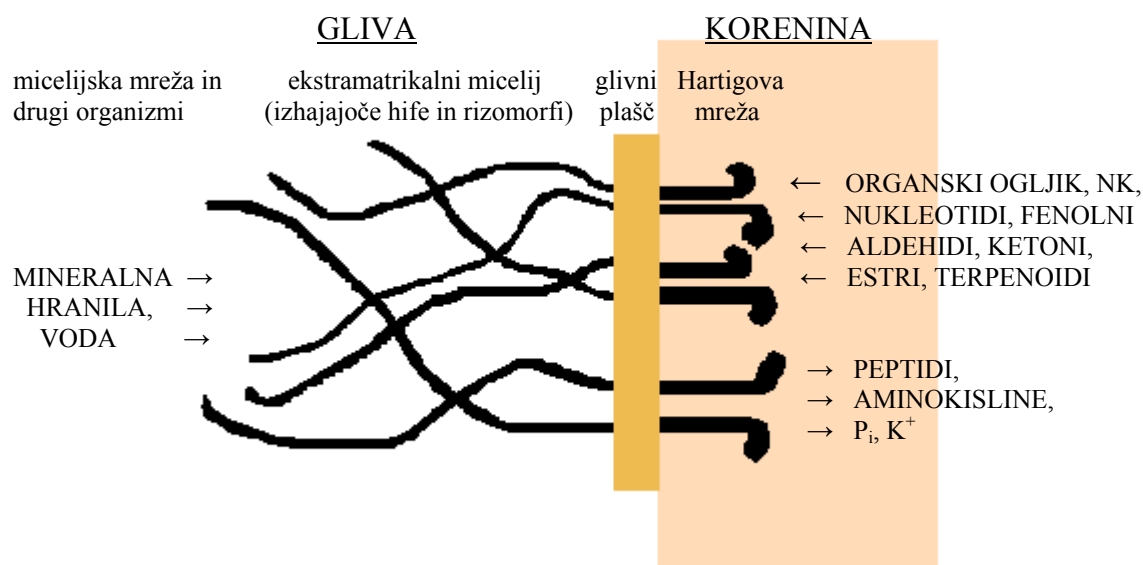
2.1.2 Zgradba ektomikorize

Ektomikoriza se razvije na kratkih koreninah dreves. Kolonizacija korenine se sproži s sproščanjem koreninskih eksudatov (ogljikovi hidrati, aminokisline in rastni hormoni) in tako pospeši rast simbiotskih gliv v rizosferi (Curl in Truelove, 1986). Vir ogljikovih hidratov za ektomikorizne glive so enostavni ogljikovodiki (saharoza, maltoza, ...), kot vir dušika pogosteje sprejemajo amonijev ion, nekatere pa reducirajo tudi nitratni ion (Al Sayegh Petkovšek, 1996).

Ektomikorizne glive so predvsem iz debel *Glomeromycota*, *Ascomycota* in *Basidiomycota* (Smith in Read 2008).

Pri ektomikorizni korenini najdemo tri strukture (Smith in Read, 2008):

- glivni plašč, ki obdaja korenino in je pomemben predvsem za prenos in skladiščenje hranil;
- Hartigova mreža, ki je labirint hif med celicami rizoderma in celicami primarne skorje kratkih korenin in predstavlja izmenjevalno območje med glivo in rastlino;
- ekstramatrikalni micelij, ki tvori povezavo med tlemi, površino korenin in viri hranil.



Slika 1: Grafični prikaz sprejemanja in transporta hranil v ektomikorizi (Plassard in sod., 2004)

Ko pridejo hife ektomikorizne glive v stik s površino ustrezne kratke korenine, jo ovijejo in tvorijo plašč. Glivni plašč si povečuje absorpcijsko površino z izhajajočimi hifami in rizomorfi, ki izraščajo v talni substrat, od koder sprejemajo hranila in vodo, ter jih prek glivnega plašča transportirajo v Hartigovo mrežo. Tukaj pa se hranila skladiščijo in presnavljajo. Hife Hartigove mreže pa prenesejo hranila in vodo k celicam gostiteljske rastline, od katere v zameno dobijo organske ogljikove spojine (Brunner, 2001).

Ektomikorizne glive prevladujejo v organskih plasteh tal. Razrast ektomikoriznih gliv vpliva na porazdelitev funkcij med koreninami posameznega drevesa: korenine v zgornjih horizontih tal prevzamejo predvsem funkcijo sprejema mineralnih hranil, korenine v mineralnih horizontih tal pa funkciji sprejema vode in sidranja v tleh (Vuković, 2003).

Ektomikoriza predstavlja tudi fizično zaščito pred sušo, herbivori in patogeni, hkrati pa se z različnimi mehanizmi detoksifikacije v plašču in Hartigovi mreži zmanjša dostopnost in toksičnost težkih kovin za rastline (Al Sayegh Petkovšek, 2004).

Vrstna sestava, raznolikost in fiziologija mikoriznih gliv se razlikuje glede na sukcesijsko fazo gozdnih sestojev. V mladju sta kvaliteta opada in hitrost dekompozicije hitra, mikorizne glive so specializirane za hiter sprejem hranil, ki bi se sicer izgubila iz ekosistema. Ob prehodu gozdnih sestojev v fazo letvenjaka prehaja sistem vse bolj pod vpliv biokomponente; prihaja do tekmovanja med osebki za hranila, ki vstopajo v notranje kroženje v teh ekosistemih. Vrstna raznolikost mikoriznih gliv je velika, mikorizne glive in njihove drevesne partnerje označuje kompetitivna selekcija. V starejših fazah, v debeljakih, se kompetitivna selekcija prevesi v stresno selekcijo, ki bi jo lahko imenovali tudi selekcija sodelovanja med gradniki teh ekosistemov. Večina hranil je ujetih v notranje kroženje znotraj ekosistema, mikorizne glive so specializirane za sprejem organsko vezanih oblik hranil iz opada in za tvorbo multiplih simbioz med posameznimi komponentami, dekompozitorji, fiksatorji dušika, gozdnim drevjem in vrstami podrasti ter med dominantnimi in subdominantnimi osebki gozdnega drevja (povzeto po Kraigher, 1996).

Združbe ektomikoriznih gliv so v preteklosti proučevali le s popisi makromicet. V novejših raziskavah pa se identifikacija tipov ektomikorize določa direktno na kratkih koreninah s pomočjo morfološko anatomske metode (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987) ali z molekularnimi metodami (Grebenc, 2005) in hkrati s popisi trosnjakov. Slednje nam v primerjavi s popisi trosnjakov daje realnejšo sliko, saj je mikoriza vseskozi prisotna v tleh in se ne pojavlja sezonsko kot trosnjaki, poleg tega pa mnoge ektomikorizne glive ne tvorijo trosnjakov oziroma so ti težje opazni (Kraigher in sod., 1995; Kraigher, 1996).

2.2 PROPADANJE GOZDOV IN EKTOMIKORIZA

V času intenzivne industrije se je, predvsem v srednji Evropi, pojavilo izrazito upadanje vitalnosti in tudi propadanje gozdov. Vzroke za to so iskali v več možnih dejavnikih, kot so polutanti, ki so zakisovali okolje, težke kovine, radionuklidi, vpliv povišane koncentracije CO₂ na cikel ogljika in številni drugi (Kraigher, 1991, 1994; Grebenc, 2005; Al Sayegh Petkovšek, 2005, Al Sayegh Petkovšek in sod., 2006, 2008).

Onesnažila neposredno vplivajo tudi na ektomikorizne združbe, in sicer zmanjšujejo vrstno pestrost, povečujejo dominantnost posameznih tipov ektomikorize, hkrati pa se pojavljajo nove, tolerantnejše vrste, ki nadomeščajo občutljivejše (Erland in Taylor, 2002). Mikoriza je pomemben dejavnik pri zmanjševanju stresa, vendar močno onesnaženje povzroči upad deleža mikoriznih kratkih korenin pri drevesih (Mejstrik, 1989).

Raziskave v smrekovih sestojih so pokazale, da so poškodbe krošenj smrek (zaradi zračnega onesnaženja in kislih padavin) manj nevarne kot pa onesnaženost tal. Poškodbe kratkih korenin nastanejo in se pokažejo hitreje kot poškodbe krošenj (Korotaev, 1993).

Evtrofikacija z dušikovimi spojinami je eden izmed vzrokov, zaradi katerega pride do propadanja ektomikorize, saj se mikoriza razvije v tleh, ki so revna s hranili in še posebej z dušikom (Arnolds, 1988, 1991; Read, 1991).

Poleg vnosa dušikovih spojin na ektomikorizne združbe vpliva tudi nizek pH tal. Ko je pH tal pod 4,2, se sproščajo težke kovine, še posebej aluminij. Le-te se akumulirajo v koreninah in vplivajo na rast in delovanje njih samih ter na nastanek mikorize (Kottke in Oberwinkler, 1986; Ritter in sod., 1986; Wöllmer in Kottke, 1990). Kisline tudi spirajo katione (kalcij, magnezij, kalij, mangan) in anione pod cono korenin in tako postanejo rastlini nedostopni (Mejstrik, 1989; Brunner, 2001; Cudlin in sod., 2007).

Zaradi daljše izpostavljenosti kislemu dežju ponavadi pride do sprememb le v vrstni sestavi gliv. Ektomikorizne glive so večinoma prilagojene na kislila tla, zato so spremembe, ki nastanejo zaradi zakisovanja tal, manj drastične kot tiste, povezane z apnenjem tal. Bolj občutljive vrste zamenjajo vrste, ki so bolj prilagojene na nove razmere (Kraigher in sod., 1995; Taylor, 1995; Brunner, 2001; Al Sayegh Petkovšek, 2004; Cudlin in sod., 2007).

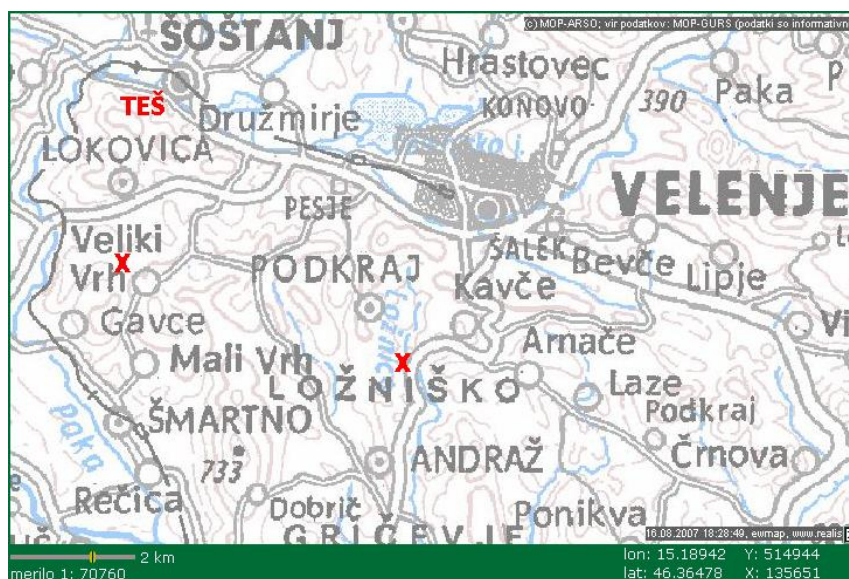
Če povzamemo, sta vzroka za zmanjšanje ektomikorize dva (Arnolds, 1991):

- zmanjšanje vitalnosti dreves, kar je povezano z zmanjšano fotosintezo in zato z manjšo količino ogljikovih hidratov, ki se transportirajo h kratkim koreninam;
- spremembe v tleh zaradi povečane kislosti (kopičenja dušikovih in žveplovih spojin ter težkih kovin).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 OPIS GOZDNIH RAZISKOVALNIH PLOŠKEV

Gozdni raziskovalni ploskvi Veliki Vrh in Ložnica ležita v imisijskem območju Termoelektrarne Šoštanj (TEŠ), ki je največji termoenergetski objekt v Sloveniji. TEŠ se nahaja v Šaleški dolini, ki leži v severnem delu osrednje Slovenije.



Slika 2: Zemljevid Šaleške doline z vrisanimi lokacijami Termoelektrarne Šoštanj (TEŠ) ter gozdnih raziskovalnih ploskev Veliki Vrh in Ložnica (MOP-GURS, 2007)

TEŠ je še zlasti v preteklosti v zrak izpuščal ogromne količine onesnažil (SO_2 , NO_x , CO, CO_2 , prah). V letu 2006 so bile emisije SO_2 6.190 t, 9.130 t NO_x , CO 1.394 t, CO_2 4.662.431 t in 158 t prahu; v času največjega onesnaževanja so emisije SO_2 presegle 100.000 t (sredi osemdesetih let prejšnjega stoletja) (Rotnik, 2007).

3.1.1 Gozdna raziskovalna ploskev Veliki Vrh

Gozdna raziskovalna ploskev Veliki Vrh leži nad postajo ANAS, nad kmetijo Pusovnik, na nadmorski višini 570 m. Od TEŠ je oddaljena 2,6 km jugozahodno. Površina te raziskovalne ploskve je 50 m × 50 m (2500 m²), naklon pa je 20°. Matična kamnina je nekarbonatna (piroklastične kamnine), značilna so distrična rjava tla. Prevladuje združba acidofilnega gozda hrastov, bukve in bekice (*Quercus-Luzulo-Fagetum*) (Marinček in Zupančič, 1979) (povzeto po Al Sayegh Petkovšek in sod., 2008).

Preglednica 2: Število in delež posamezne drevesne vrste in njihova lesna zaloga na raziskovalni ploskvi Veliki Vrh (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2008:31)

vrsta	število dreves (%)	lesna zaloga (%)
<i>Castanea sativa</i> Mill., pravi kostanj	23 (15,3 %)	13,9 m ³ /ha (8,3 %)
<i>Fagus sylvatica</i> L., bukev	25 (16,7 %)	12,7 m ³ /ha (7,6 %)
<i>Picea abies</i> L., smreka	93 (62 %)	129,3 m ³ /ha (77,2 %)
<i>Pinus sylvestris</i> L., rdeči bor	5 (3,3 %)	10,4 m ³ /ha (6,2 %)
<i>Quercus petraea</i> (Mattuscha) Liebl., graden	4 (2,7 %)	1,1 m ³ /ha (0,7 %)
SKUPAJ	150	167,4 m ³ /ha

Ta raziskovalna ploskev je neposredno izpostavljena imisijam iz Termoelektrane Šoštanj (TEŠ) in velja za najbolj onesnažen predel v vplivnem območju TEŠ. Zračno onesnaževanje se kaže v spremembah v tleh (kopičenje težkih kovin ter žveplovih in dušikovih spojin) in v osutosti drevesnih krošenj (Svetina, 1999; Kugonič in Stropnik, 2001; Pokorny, 2003; Al Sayegh Petkovšek in sod., 2008).

V gozdnih tleh raziskovalne ploskve na Velikem Vrh so prekoračene kritične imisijske vrednosti za arzen (As) (mineralni sloj), opozorilne imisijske vrednosti za cink (Zn) (mineralni sloj), As (humusni sloj), svinec (Pb) (humusni in mineralni sloj) in mejne imisijske vrednosti za Zn (humusni sloj) ter živo srebro (Hg) (humusni sloj). Povzamemo lahko, da se v tleh raziskovalne ploskve na Velikem Vrh kopičijo As, Pb, Zn in Hg, medtem ko kadmij (Cd) in baker (Cu) nista problematična (Ur. l. RS, št.68/96) (povzeto po Al Sayegh Petkovšek in sod., 2008).

V sklopu raziskave *Glive kot odzivni in akumulacijski bioindikatorji onesnaženosti gozdnih rastišč v Šaleški dolini* (Al Sayegh Petkovšek in Pokorny, 2006) so izvedli popise osutosti krošenj na raziskovalni ploskvi Veliki Vrh in Ložnica. Ugotovili so, da je imelo na Velikem Vrh 52 % dreves zmerno (48 %) do močno osuto krošnjo (4 %); medtem ko v omenjeni kategoriji niso uvrstili nobenega drevesa, rastočega na raziskovalni ploskvi Ložnica (Al Sayegh Petkovšek, 2006, 2008).

Drevesa se razvršča glede na stopnjo osutosti, kot jih priporoča priročnik ICP Forests: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests (1998):

- 0 – 10 % osutost: ni osuto, normalno stanje;
- 11 – 25 % osutost: rahlo osuto, opozorilna stopnja;
- 26 – 60 % osutost, srednje poškodbe;
- 61 – 100 % osutost, močno osuto in sušice, močne poškodbe.

Osutost dreves so določevali, da bi evidentirali razliko v vitalnosti gozdnega sestoja (natančneje smreke) na primerjalnih ploskvah (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2008).

Na raziskovalni ploskvi Veliki Vrh smo za analizo izbrali drevesa, ki so stara vsaj osemdeset let, ter so nadstojna drevesa (drevesa s sproščenimi krošnjami).

3.1.2 Gozdna raziskovalna ploskev Ložnica

Gozdna raziskovalna ploskev Ložnica (370 m nadmorske višine) je locirana 5,2 km jugovzhodno od TEŠ na vzpetini v bližini odcepa za Vranjo peč. Površina te raziskovalne ploskve je 50 m × 50 m (2500 m²) in je brez naklona. Matična kamnina je nekarbonatna (lapor), značilna pa so distrična rjava tla. Prevladuje združba acidofilnega gozda hrastov, bukve in bekice (*Quercus-Luzulo-Fagetum*) (Marinček in Zupančič, 1979) (povzeto po Al Sayegh Petkovšek in sod., 2008).

Preglednica 3: Število in delež posamezne drevesne vrste in njihova lesna zaloga na raziskovalni ploskvi Ložnica (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2008:31)

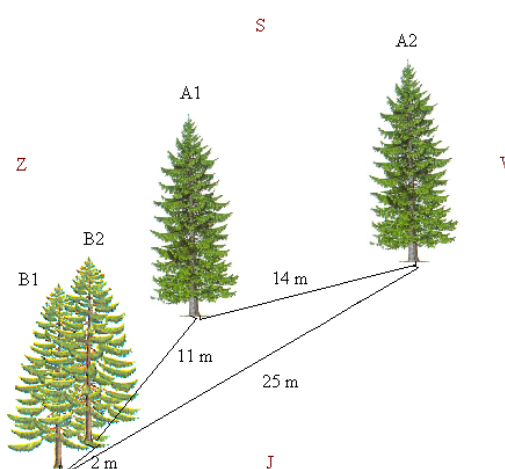
vrsta	število dreves (%)	lesna zaloga (%)
<i>Abies alba</i> L. Mill., navadna jelka	2 (1,4 %)	5,7 m ³ /ha (1,5 %)
<i>Caprinus betulus</i> L., navadni gaber	5 (3,5 %)	1,1 m ³ /ha (0,3 %)
<i>Castanea sativa</i> Mill., pravi kostanj	17 (11,9 %)	20,9 m ³ /ha (5,4 %)
<i>Fagus sylvatica</i> L., bukev	55 (38,5 %)	121,6 m ³ /ha (31,4 %)
<i>Picea abies</i> L., smreka	50 (34,9 %)	182,3 m ³ /ha (47,1 %)
<i>Pinus sylvestris</i> L., rdeči bor	7 (4,9 %)	25,7 m ³ /ha (6,6 %)
<i>Quercus petraea</i> (Mattuscha) Liebl., graden	7 (4,9 %)	30,0 m ³ /ha (7,7 %)
SKUPAJ	143	387,3 m ³ /ha

V gozdnih tleh raziskovalne ploskve v Ložnici noben element ne prekoračuje zakonsko določenih vrednosti (le vsebnost se približuje mejni imisijski vrednosti), zato smo jo izbrali za primerjavo, saj leži v manj onesnaženem območju (Ur. l. RS, št.68/96) (povzeto po Al Sayegh Petkovšek in sod., 2008).

3.2 VZORČENJE TIPOV EKTOMIKORIZE IN POPISOVANJE TROSNJAKOV VIŠJIH GLIV

Uporabili smo metodo mikobioindikacije z analizo bolj in manj občutljivih tipov ektomikorize. Metoda, ki je povzeta po Kraigher in sod. (1996), predvideva analizo tipov ektomikorize v standardnem volumnu tal. V vzorcu tal (274 cm^3) smo prešteli vse kratke korenine, določili delež vitalnih in neturgescentnih tipov ektomikorize ter nemikoriznih kratkih korenin, opisali tipe ektomikorize in izračunali njihovo biodiverziteto.

Vzorčili smo dne 26.9.2006 ob vitalnih in osutih smrekah na gozdni raziskovalni ploskvi Veliki Vrh ter primerjalno ob vitalnih smrekah na gozdni raziskovalni ploskvi Ložnica. Odstranili smo plast listja in iglic, nato pa vzorčili tla s pomočjo sonde, ki nam je omogočala odvzem standardnega volumna 274 cm^3 , do globine 18 cm. Ob vsakem drevesu smo vzorčili po tri vzorce, med sabo enakomerno oddaljene, v oddaljenosti približno 0,5 m od debla.



Slika 3: Skica pozicije izbranih vitalnih in osutih smrek na raziskovalni ploskvi Veliki Vrh (naklon ploskve je 20°)

Na gozdni raziskovalni ploskvi Veliki Vrh smo odvzeli 12 vzorcev, in sicer smo vzorčili ob dveh vitalnih smrekah (A1/1, A1/2, A1/3, A2/1, A2/2, A2/3) in ob dveh osutih smrekah (B1/1, B1/2, B1/3, B2/1, B2/2, B2/3). Na gozdni raziskovalni ploskvi Ložnica smo odvzeli 6 vzorcev, in sicer smo vzorčili le ob dveh vitalnih smrekah (L2/1, L2/2, L2/3, L3/1, L3/2, L3/3). Te vzorce smo nato hranili v plastičnih vrečkah v hladilniku pri 4°C do analize.

Preglednica 4: Trajanje analize posameznega talnega vzorca

vzorec	čas analize
A1/1	27.9.2006 do 5.10.2006
A1/2	6.10.2006 do 17.10.2006
A1/3	26.10.2006 do 6.11.2006
A2/1	7.11.2006 do 20.11.2006
A2/2	20.11.2006 do 28.11.2006
A2/3	28.11.2006 do 1.12.2006
B1/1	4.12.2006 do 11.12.2006
B1/2	11.12.2006 do 20.12.2006
B1/3	3.1.2007 do 5.1.2007
B2/1	8.1.2007 do 10.1.2007
B2/2	11.1.2007 do 15.1.2007
B2/3	22.1.2007 do 24.1.2007
L2/1	26.2.2007 do 5.3.2007
L2/2	6.3.2007 do 9.3.2007
L2/3	12.3.2007 do 14.3.2007
L3/1	15.3.2007 do 19.3.2007
L3/2	21.3.2007 do 26.3.2007
L3/3	27.3.2007 do 30.3.2007

Opomba: A – vitalna smreka Velikega Vrha, B – osuta smreka Velikega Vrha, L – vitalna smreka Ložnice

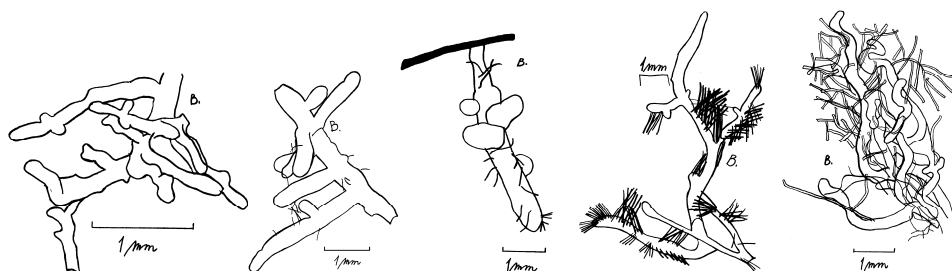
Sočasno z analizami tipov ektomikorize smo opravili tudi popis trosnjakov višjih gliv, ki je dopolnilna metoda za opisovanje ektomikoriznih združb.

Popis trosnjakov smo opravili 26.9.2006 na obeh raziskovalnih ploskvah. Manjši delež gliv smo določili že na terenu, večino vrst pa je dr. S. Al Sayegh Petkovšek naknadno identificirala kabineto tako, da je primerjala opise iz različne literature oziroma uporabljala ključne za določitev gliv (Moser, 1978; Stropnik in sod., 1988; Phillips, 1988; Vrščaj, 1990; Breitenbach in Kraenzlin, 1991, 2000; Courtecuisse, 1999; Arzenšek in sod., 2002) in mikroskopsko opazovala spore ter barvala tkiva gliv (povzeto po Al Sayegh Petkovšek in sod., 2008). Imena gliv pa so povzeta po istih ključih kot so bile glive določene ali po Jurc in sod., 2005.

3.3 DOLOČANJE TIPOV EKTOMIKORIZE

Kratke korenine smo najprej previdno očistili, nato pregledali pod lupo *Olympus SZH 10*, in sicer pod standardiziranimi razmerami – dnevna svetloba na črnem ozadju. Ločili smo nemikorizne korenine od ektomikoriznih kratkih korenin. Pri ektomikoriznih kratkih koreninah smo ločili vitalne in neturgescientne (nedoločljive in stare) tipe. Pri vitalnih kratkih koreninah so nas zanimale **morfološke značilnosti**, kamor spada **barva mikoriznih kratkih korenin**. S starostjo se barva spreminja, zato opišemo barvo mlajših in starejših delov mikoriznega sistema posebej. **Površina plašča** je lahko bolj ali manj prekrita z izhajajočimi hifami; v tem primeru govorimo o zrnati, volnati, bombažasti, kratko in dolgo kocinasti površini. Kadar iz površine izhaja zelo malo hif, govorimo o gladki površini, ki je lahko bleščeča, srebrnkasta ali retikularna. Določili smo **način razraščanja mikoriznih kratkih korenin**, in sicer ločimo: enostavno nerazraslo kratko korenino; monopodialni tip, ki se razrašča le v eni ravnini; tipi razraščanja v več ravninah: monopodialno-piramidalni tip, pinatni tip, nepravilno pinatni tip in gomoljasti tip razraščanja. Izmerili smo **dolžino in premer mikoriznega sistema** ter **dolžino in premer nerazvejanih delov**. Vsako količino smo izmerili približno desetkrat, zapisali pa smo najmanjše in največje vrednosti in pa tiste, ki so se največkrat pojavljale. Pomembna je tudi **oblika nerazvejanih delov**, ki so lahko ravni, ukrivljeni, zviti ali nagubani. K morfološkim značilnostim spada tudi **pojavljanje rizomorfov** (povzeto po Al Sayegh Petkovšek, 1996).

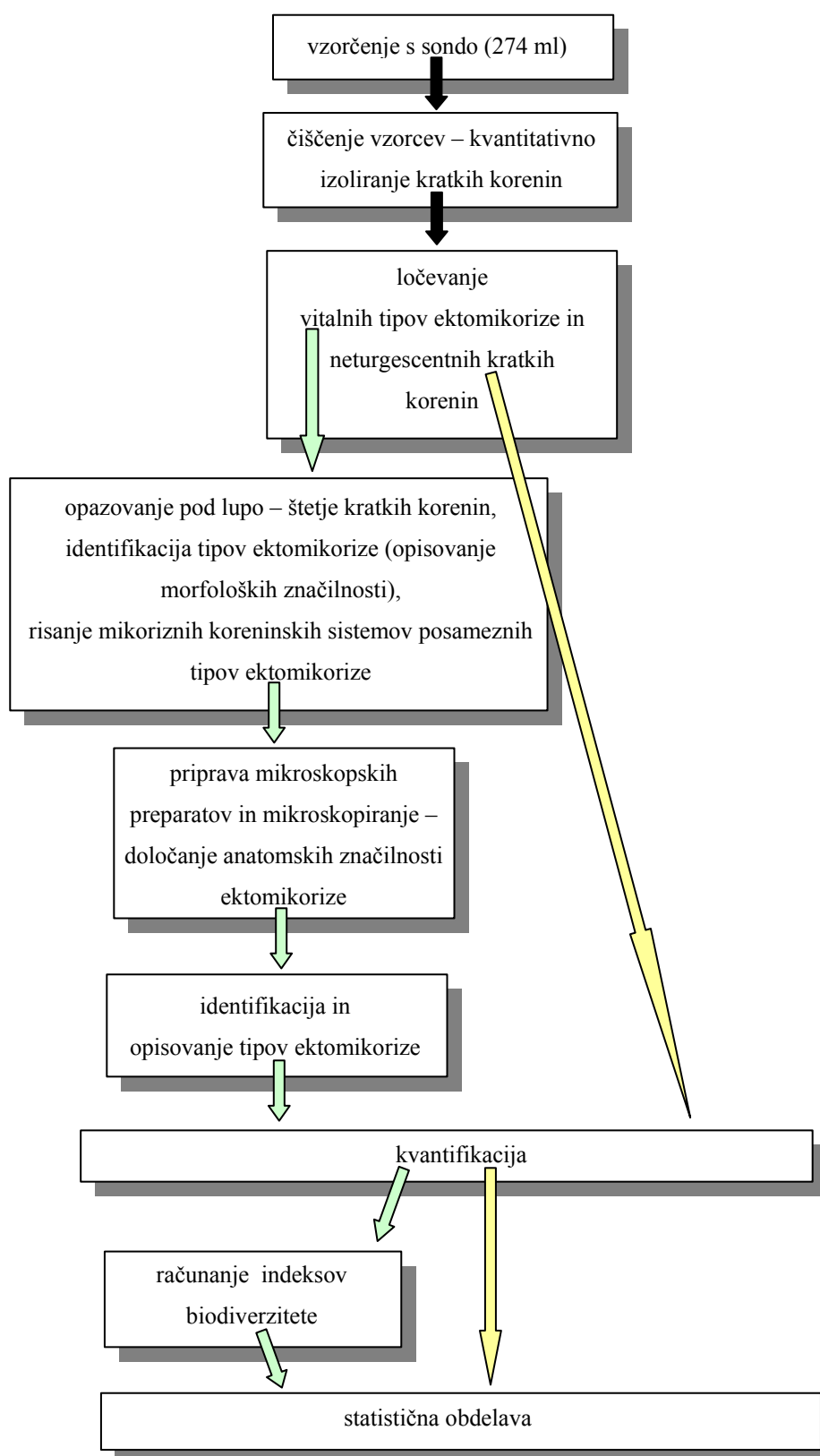
Na koncu smo vse kratke korenine (nemikorizne, vitalne in neturgescientne ektomikorizne) prešteli ter izbrane mikorizne sisteme posameznih tipov ektomikorize tudi narisali s pomočjo *camere lucide*.



Slika 4: Risbe različnih kratkih korenin - prvi trije mikorizni sistemi imajo gladko površino plašča in monopodialno-piramidalni tip razraščanja; četrty mikorizni sistem ima volnato površino plašča in prav tako monopodialno-piramidalni tip razraščanja; tudi peti mikorizni sistem ima volnato površino plašča, iz katerega pa izhajajo številni rizomorfi, medtem ko je tip razraščanja nepravilno pinaten tip

Iz vitalnih ektomikoriznih kratkih korenin smo pripravili poltrajne mikroskopske preparate glivnega plašča, hif in rizomorfov v mlečni kislini ter jih pregledali s svetlobnim mikroskopom *Axiophot photomicroscope (Opton)* pri 1000-kratni povečavi z uporabo imerzije. Opisali smo **anatomske značilnosti**, površino in barvo hif, ter izmerili njihove intraseptalne dolžine, premer izhajajočih hif in premer sten hif. Zanimala nas je tudi debelina in tip sept (dolipore, enostavne septe), prisotnost zaponk, vejanje hif ter pojavljanje in tipi anastomoz. Tip plašča je lahko plektenhimatski, pseudoparenhimatski ali pa je vmesni tip. Pri plektenhimatskem tipu se posamezne hife še vidijo, pri pseudoparenhimatskem tipu pa ležijo hife tesno skupaj. Opisali smo debelino sten, premer hif, intraseptalno dolžino in razraščanje hif znotraj plašča, tip sept (dolipore, enostavne septe) ter tip anastomoz. Vsako količino smo izmerili približno tridesetkrat, odvisno od kvalitete preparata in prisotnosti določenih struktur, zapisali pa smo najmanjše in največje vrednosti. Tipe ektomikorize smo določali po metodah, opisanih v *Colour atlas of ectomycorrhizae* (1987–2002), *Descriptions of ectomycorrhizae* (1996–2002) in *An information system for Characterization and Determination of Ectomycorrhizae* (2004), jih na kratko opisali, opise pa primerjali z ustrežno izvirno literaturo (Gronbach, 1988; Weiss, 1988; Treu, 1990; Brand, 1991; Agerer, 2006) (povzeto po Al Sayegh Petkovšek, 1996). Fotografije, ki so predstavljene v prilogi, so bile posnete z visokoločljivostno mikroskopsko kamero *Axican Zeiss*.

Tipe posameznih vzorcev smo shranili v 80-odstotnem etanolu. Zbirka je spravljena v laboratoriju Inštituta za ekološke raziskave ERICO Velenje.



Slika 5: Grafični prikaz poteka dela

3.4 STATISTIČNA ANALIZA POJAVLJANJA TIPOV EKTOMIKORIZE

V vsakem vzorcu smo določili deleže vitalnih, neturgescentnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter indekse pestrosti, izračunali smo tudi aritmetične sredine in vzorčne standardne odklone. Vse te podatke smo statistično ovrednotili.

3.4.1 Izračun deleža mikoriznih kratkih korenin

3.4.1.1 Delež posameznih tipov ektomikorize

Deleže posameznih tipov ektomikorize glede na število vitalnih ektomikoriznih kratkih korenin smo izračunali kot

$$\% \text{ posameznih tipov ektomikorize} = \text{število k. k. posameznega tipa} / \text{število vitalnih ektomikoriznih k. k.} \cdot 100 \quad \dots(1)$$

3.4.1.2 Delež vitalnih ektomikoriznih kratkih korenin

Delež vitalnih ektomikoriznih kratkih korenin smo izračunali kot delež glede na vse kratke korenine v vzorcu (vitalne in neturgescentne ektomikorizne ter nemikorizne kratke korenine).

$$\% \text{ vitalnih ektomik. k. k.} = \text{število vitalnih ektomikoriznih k. k.} / \text{število vseh k. k.} \cdot 100 \quad \dots(2)$$

3.4.1.3 Delež neturgescentnih ektomikoriznih kratkih korenin

Delež neturgescentnih ektomikoriznih kratkih korenin smo izračunali kot delež glede na vse kratke korenine v vzorcu (vitalne in neturgescentne ektomikorizne ter nemikorizne kratke korenine).

$$\% \text{ neturgescentnih ektomik. k. k.} = \frac{\text{število neturgescentnih ektomik. k. k.}}{\text{število vseh k. k.}} \cdot 100 \quad \dots(3)$$

3.4.1.4 Delež nemikoriznih kratkih korenin

Delež nemikoriznih kratkih korenin smo izračunali kot delež glede na vse kratke korenine v vzorcu (vitalne in neturgescentne ektomikorizne ter nemikorizne kratke korenine).

$$\% \text{ nemikoriznih k. k.} = \frac{\text{število nemikoriznih k. k.}}{\text{število vseh k. k.}} \cdot 100 \quad \dots(4)$$

3.4.1.5 Aritmetična sredina

Aritmetično sredino smo izračunali tako, da smo sešteli vse vrednosti spremenljivke in vsoto delili s številom podatkov (Košmelj, 2007).

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i - \text{aritmetična sredina} \quad \dots(5)$$

3.4.1.6 Vzorčni standardni odklon

Vzorčni standardni odklon je odklon posameznega vzorca statistične populacije. Z njim je moč izmeriti, kako razpršene so vrednosti, vsebovane v populaciji (Košmelj, 2007).

$$s(\bar{x}) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} - \text{vzorčni standardni odklon} \quad \dots(6)$$

3.4.2 Izračun indeksov biotske pestrosti

3.4.2.1 Bogatost vrst oziroma indeks vrstne pestrosti (d)

Indeks vrstnega bogastva povezuje število vrst in število osebkov vseh vrst (Atlas in Bartha, 1981).

$$d = (S - 1) / \log(10)N \quad \dots(7)$$

S – število tipov ektomikorize v vzorcu

N – število vitalnih ektomikoriznih kratkih korenin

3.4.2.2 Shannon-Weaverjev indeks vrstne pestrosti (H)

Shannon-Weaverjev indeks vrstne pestrosti upošteva relativno pogostost posamezne vrste (Atlas in Bartha, 1981).

$$H = \frac{C}{N} \left(N \cdot \log(10)N - \sum n_i \cdot \log(10)n_i \right) \quad \dots(8)$$

C – 2,3 (korekcijski koeficient)

N – število vitalnih ektomikoriznih kratkih korenin

n_i – število kratkih korenin posameznega tipa ektomikorize

3.4.2.3 Indeks izenačenosti (J)

Indeks izenačenosti nam pove, ali obstajajo v populaciji dominantne vrste (Atlas in Bartha, 1981).

$$J = \frac{H}{H_{\max}} \quad \dots(9)$$

H – Shannon-Weaverjev indeks vrstne pestrosti (Formula 8)

Za izračun indeksa izenačenosti potrebujemo teoretični maksimalni Shannon-Weaverjev indeks vrstne pestrosti, ki pa smo ga izračunali po formuli za računanje Shannon-Weaverjevega indeksa (Formula 8) ob domnevi, da je v vzorcu vsaka vrsta zastopana le z enim osebkom (Atlas in Bartha, 1981).

$$H_{\max} = \frac{C}{N} (N \cdot \log(10)N) - \text{teoretični maksimalni Shannon-Weaverjev indeks vrstne pestrosti} \quad \dots(10)$$

C – 2.3 (korekcijski koeficient)

N – število vitalnih ektomikoriznih kratkih korenin

3.4.2.4 Indeks uravnoteženosti (e)

Indeks uravnoteženosti dobimo, če Shannon-Weaverjev indeks vrstne pestrosti delimo z logaritmom števila tipov ektomikorize v vzorcu (Atlas in Bartha, 1981).

$$e = \frac{H}{\log(10)S} \quad \dots(11)$$

H – Shannon-Weaverjev indeks vrstne pestrosti (Formula 8)

S – število tipov ektomikorize v vzorcu

3.4.3 Statistična obdelava

Za statistično obdelavo podatkov smo uporabili programski paket *Statistica for Windows 7.1*. Rezultate, predstavljene ob vitalnih in osutih smrekah gozdne raziskovalne ploskve Veliki Vrh, smo testirali z neparametričnimi metodami z uporabo Mann-Whitney U testa. Kot statistično značilne smo privzeli rezultate, če je bila velikost statističnega tveganja $p < 0,05$.

Vsi parametri (število vitalnih, neturgescentnih, nemikoriznih in vseh kratkih korenin), določeni v talnih vzorcih iz gozdne raziskovalne ploskve Ložnica, se bistveno razlikujejo od istih parametrov v talnih vzorcih z Velikega Vrha (tako ob vitalni kot ob osuti smreki). Enako smo ugotovili tudi pri izračunu indeksov, zato za podatke za raziskovalno ploskev Ložnica nismo naredili statistične obravnave in prikazujemo le opise (glejte poglavje 4.1).

4 REZULTATI

4.1 PREGLED IN OPISI TIPOV EKTOMIKORIZE

Pregledali smo 56.646 kratkih korenin. Identificirali smo 26 različnih tipov ektomikorize, od tega smo 14 tipov (53,9 %) določili do rodu ali vrste, za preostalih 12 pa nismo našli ustreznega opisa in najverjetneje sodijo k še neopisanim tipom ektomikorize.

Preglednica 5: Seznam tipov ektomikorize, ki so se pojavljali v talnih vzorcih osutih in vitalnih smrek gozdne raziskovalne ploskve Veliki Vrh in Ložnica (identifikacija po Agerer (ed.) Colour atlas of ectomycorrhizae (1987–2002), Descriptions of ectomycorrhizae (1996–2002) in An information system for Characterization and Determination of Ectomycorrhizae (2004))

Tip ektomikorize	Ime tipa ektomikorize	Talni vzorci *		
		Veliki Vrh		Ložnica
		vitalna	osuta	vitalna
SLO 930-OB130	<i>Cenococcum geophilum</i> Fr. + <i>Picea abies</i> (L.) Karst.	6/6	6/6	2/6
SLO 931-OB131	<i>Cortinarius</i> sp.	1/6		
SLO 932-OB132	<i>Elaphomyces</i> sp.	6/6	6/6	
SLO 933-OB133	<i>Elaphomyces granulatus</i> Fr. + <i>Picea abies</i> (L.) Karst.			5/6
SLO 934-OB134	~ <i>Fagrhiza globulifera</i>	1/6	2/6	
SLO 935-OB135	~ <i>Fagrhiza oleifera</i>	1/6	1/6	
SLO 936-OB136	<i>Lactarius camphoratus</i> (Bull.: Fr.) Fr. + <i>Picea abies</i> (L.) Karst.		1/6	
SLO 937-OB137	~ <i>Lactarius subdulcis</i> (Pers.: Fr.) Gray + <i>Fagus sylvatica</i> L.			1/6
SLO 938-OB138	<i>Lactarius</i> sp. 1	1/6		
SLO 939-OB139	<i>Lactarius</i> sp. 2	1/6		
SLO 940-OB140	<i>Lactarius</i> sp. 3			1/6
SLO 941-OB141	~ <i>Piceirhiza nigra</i>	3/6	4/6	2/6
SLO 942-OB142	<i>Russula ochroleuca</i> (Hall.) Pers. + <i>Picea abies</i> (L.) Karst.	4/6	1/6	
SLO 943-OB143	<i>Tylospora fibrillosa</i> (Burt) Donk + <i>Picea abies</i> (L.) Karst.	3/6		
SLO 944-OB144	neznani tip ektomikorize na smreki	2/6	1/6	
SLO 945-OB145	neznani tip ektomikorize na smreki	1/6		
SLO 946-OB146	neznani tip ektomikorize na smreki	1/6	1/6	
SLO 947-OB147	neznani tip ektomikorize na smreki	1/6		
SLO 948-OB148	neznani tip ektomikorize na smreki		1/6	
SLO 949-OB149	neznani tip ektomikorize na smreki		1/6	
SLO 950-OB150	neznani tip ektomikorize na smreki			1/6
SLO 951-OB151	neznani tip ektomikorize na smreki			1/6
SLO 952-OB152	neznani tip ektomikorize na smreki			2/6
SLO 953-OB153	neznani tip ektomikorize na smreki			1/6
SLO 954-OB154	neznani tip ektomikorize na smreki			1/6
SLO 955-OB155	neznani tip ektomikorize na smreki			2/6

Opomba: * Podajamo število talnih vzorcev, v katerem je bil identificiran omenjeni tip ektomikorize glede na vse analizirane talne vzorce ob izbrani smreki

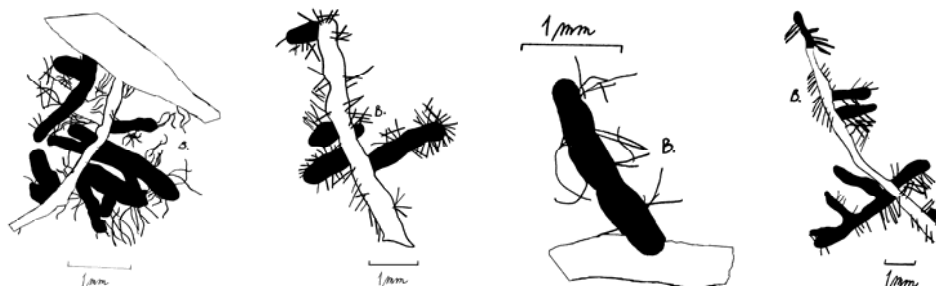
Preglednica 6: Seznam tipov ektomikorize in talnih vzorcev osutih in vitalnih smrek gozdne raziskovalne ploskve Veliki Vrh in Ložnica, v katerih so se pojavljali (identifikacija po Agerer (ed.) Colour atlas of ectomycorrhizae (1987–2002), Descriptions of ectomycorrhizae (1996–2002) in An information system for Characterization and Determination of Ectomycorrhizae (2004))

Tip ektomikorize	Ime tipa ektomikorize	Talni vzorci
SLO 930-OB130	<i>Cenococcum geophilum</i> Fr. + <i>Picea abies</i> (L.) Karst.	A1/1, A1/2, A1/3, A2/1, A2/2, A2/3, B1/1, B1/2, B1/3, B2/1, B2/2, B2/3, L2/1, L3/1
SLO 931-OB131	<i>Cortinarius</i> sp.	A2/3
SLO 932-OB132	<i>Elaphomyces</i> sp.	A1/1, A1/2, A1/3, A2/1, A2/2, A2/3, B1/1, B1/2, B1/3, B2/1, B2/2, B2/3,
SLO 933-OB133	<i>Elaphomyces granulatus</i> Fr. + <i>Picea abies</i> (L.) Karst.	L2/1, L2/2, L2/3, L3/1, L3/2
SLO 934-OB134	~ <i>Fagrhiza globulifera</i>	A1/1, B1/2, B2/2
SLO 935-OB135	~ <i>Fagrhiza oleifera</i>	A2/3, B1/1
SLO 936-OB136	<i>Lactarius camphoratus</i> (Bull.: Fr.) Fr. + <i>Picea abies</i> (L.) Karst.	B1/2
SLO 937-OB137	~ <i>Lactarius subdulcis</i> (Pers.: Fr.) Gray + <i>Fagus sylvatica</i> L.	L2/2
SLO 938-OB138	<i>Lactarius</i> sp. 1	A1/2
SLO 939-OB139	<i>Lactarius</i> sp. 2	A2/1
SLO 940-OB140	<i>Lactarius</i> sp. 3	L2/1
SLO 941-OB141	~ <i>Piceirhiza nigra</i>	A1/1, A1/2, A2/3, B1/1, B1/2, B2/1, B2/3, L2/1, L2/2
SLO 942-OB142	<i>Russula ochroleuca</i> (Hall.) Pers. + <i>Picea abies</i> (L.) Karst.	A1/1, A1/3, A2/1, A2/3, B1/3
SLO 943-OB143	<i>Tylospora fibrillosa</i> (Burt) Donk + <i>Picea abies</i> (L.) Karst.	A1/1, A1/3, A2/1
SLO 944-OB144	neznan tip ektomikorize na smreki	A1/2, A1/3, B2/1
SLO 945-OB145	neznan tip ektomikorize na smreki	A2/2
SLO 946-OB146	neznan tip ektomikorize na smreki	A2/2, B1/1
SLO 947-OB147	neznan tip ektomikorize na smreki	A2/3
SLO 948-OB148	neznan tip ektomikorize na smreki	B1/2
SLO 949-OB149	neznan tip ektomikorize na smreki	B1/2
SLO 950-OB150	neznan tip ektomikorize na smreki	L3/3
SLO 951-OB151	neznan tip ektomikorize na smreki	L3/3
SLO 952-OB152	neznan tip ektomikorize na smreki	L2/1, L2/3
SLO 953-OB153	neznan tip ektomikorize na smreki	L2/1
SLO 954-OB154	neznan tip ektomikorize na smreki	L2/1
SLO 955-OB155	neznan tip ektomikorize na smreki	L2/2, L3/1

Opomba: A – vitalna smreka Velikega Vrha, B – osuta smreka Velikega Vrha, L – vitalna smreka Ložnice

Za tipe ektomikorize, ki smo jih identificirali, podajamo kratke opise njihovih morfoloških in anatomskih značilnosti in pojavljanje. Poimenovanje oziroma oznake vzorcev, ki jih podajamo v nadaljevanju, se nanašajo na naslednje smreke: A – vitalna smreka Velikega Vrha, B – osuta smreka Velikega Vrha, L – vitalna smreka Ložnice.

Oznaka: SLO 930-OB130



Slika 6: Tip ektomikorize SLO 930-OB130 iz vzorcev A1/1, A2/1, L2/1, L3/1 (od leve proti desni)

Barva, površina: Mikoriza je črne barve, svetleča. Površina plašča je granulirana. Iz površine izraščajo tanke hife z ujetimi delci zemlje. Površina plašča je volnata.

Razrast: Monopodialno-piramidalna.

Izmere (m.os): Dolžina je 2,0 do 20,0 mm, premer je 0,2 (0,1) do 0,5 (1,0) mm.

Izmere (n.d.): Nerazvejani deli so ukrivljeni. Dolžina je 0,1 do 7,0 mm, premer je 0,2 (0,1) do 0,4 (7,0) mm.

Izhajajoče hife: Oker ali rjave barve, nekatere so granulirane. Pogoste so anastomoze, ki so odprtega tipa. Premer anastomoze je 10,0 do 15,0 μm . Prisotne so kratke novonastale hife. Stene hif imajo premer 0,2 do 1,7 μm . Premer hif je 2,3 do 5,4 μm , intraseptalna dolžina znaša 5,4 do 46,7 μm . Septe so enostavne, debelina sept je 0,3 do 1,4 μm .

Plašč: Je plektenhimatski, hife so razporejene zvezdasto, G tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Premer hif znaša 0,8 do 5,6 μm . Stene hif imajo premer 0,2 do 1,2 μm .

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Velikega Vrha (ob vitalni smreki 6/6 in osuti 6/6) in Ložnice (ob vitalni smreki 2/6).

Identifikacija: Glede na morfološke in tudi anatomske značilnosti smo določili, da ektomikoriza SLO 930-OB130 najbolj ustreza kompleksu *Cenococcum geophilum* Fr. + *Picea abies* (L.) Karst. Za ta tip ektomikorize ni značilna močna razvejanost mikoriznega sistema, prisotnost rizomorfov, zaponk ter vretenasto odebeljenih hif. Značilna pa je prisotnost anastomoz, odprtega in zaprtega tipa, ter plektenhimatski plašč, G tipa (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002; An information system for Characterization and Determination of Ectomycorrhizae, 2004).

Oznaka: **SLO 931-OB131**



Slika 7: Tip ektomikorize SLO 931-OB131 iz vzorcev A2/3

Barva, površina: Mikoriza ima bel, svetleč plašč z olivno zelenimi lisami pa tudi z modro sivimi lisami. Iz površine izraščajo bele tanke hife.

Razrast: Monopodialno-pinaten.

Izmere (m.os): Dolžina je 4 do 8 mm, premer je 0,2 do 0,4 mm.

Izmere (n.d.): Nerazvejani deli so ukrivljeni. Dolžina je 0,1 do 2,1 mm, premer je 0,1 do 0,2 mm.

Rizomorfi: So belo rumeni in izraščajo z gladko mejo. Tip je B (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Premer rizomorfa je 33,5 do 42,6 μm . Stene hif v rizomorfu imajo premer 0,6 do 1,2 μm , premer hif je 2,5 do 4,9 μm .

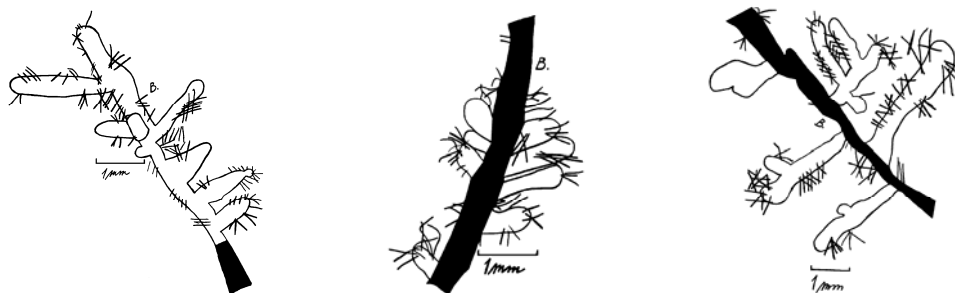
Izhajajoče hife: Svetle barve, hialinske. Pogoste so anastomoze odprtega in zaprtega tipa, s hifnim mostičkom, pa tudi anastomoze brez hifnega mostična. Premer anastomoze je 8,2 do 10,3 μm . Debelina septe pri zaprti anastomozi je 1,2 μm . Pojavljajo se tudi anastomoze posebnih oblik, pri katerih je ena ali več hif zelo kratkih. Hife imajo zaponke, katerih premer je 5,4 do 7,0 μm . Stene hif imajo premer 0,5 do 1,4 μm . Premer hif je 2,7 do 5,4 μm , intraseptalna dolžina znaša 21,67 μm . Septe so enostavne, prisotne pa so tudi dolipore. Prisotnih je veliko kratkih novonastalih hif.

Plašč: Je plektenhimatski, hife so razporejene brez razpoznavnega vzorca, B tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Stene hif imajo premer 0,5 do 0,9 μm .

Pojavljanje: V talnem vzorcu Velikega Vrha (ob vitalni smreki 1/6).

Identifikacija: Glede na morfološke značilnosti, prisotnost zaponk, tip plašča smo določili, da ektomikorizo SLO 931-OB131 poimenujemo **Cortinarius sp.** Do odstopanja pa pride zaradi premajhnih premerov mikoriznega sistema (0,4-0,6 mm) in nerazvejanih delov (0,3-0,6 mm), prisotnosti rizomorfov tipa B, namesto tipa A, poleg prisotnosti anastomoz zaprtega tipa, tudi anastomoze odprtega tipa, ter prevelikega premera sten hif (0,2-0,3 μm) (An information system for Characterization and Determination of Ectomycorrhizae, 2004).

Oznaka: SLO 932-OB132



Slika 8: Tip ektomikorize SLO 932-OB132 iz vzorcev A1/2, A2/1, A2/2 (od leve proti desni)

Barva, površina: Mikoriza mlajšega tipa je oker rjave barve, medtem ko je mikoriza starejšega tipa temno rjave barve. Prisotne so bleščeče bele lise. Iz površine izrašča precej tankih, dolgih, svetlih (oker) hif pa tudi nekaj črnih, ki so prekrite z delci zemlje. Površina plašča je volnata.

Razrast: Monopodialno-piramidalna.

Izmere (m.os): Dolžina je 2,0 do 35,0 mm, premer je 0,2 do 0,7 (1,0) mm.

Izmere (n.d.): Nerazvejani deli so ukrivljeni. Dolžina je 0,1 do 7,0 mm, premer je 0,2 (0,1) do 0,5 (1,0) mm.

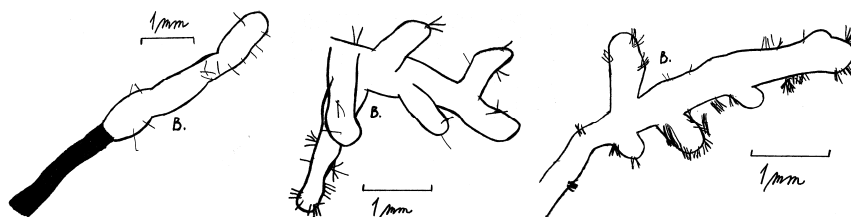
Izhajajoče hife: Svetle barve (hialinske), večinoma gladke, nekatere tudi granulirane. Pogoste so anastomoze s hifnim mostičkom, ki so zaprtega (s septo v hifnem mostičku) in odprtega tipa. Premer anastomoze je 6,3 do 8,8 μm . Debelina septe pri zaprti anastomozi je 0,5 do 1,3 μm . Pojavljajo se tudi anastomoze posebnih oblik, pri katerih je ena ali več hif zelo kratkih. Premer hif je 1,8 do 4,5 μm , intraseptalna dolžina znaša 17,9 do 26,0 μm . Stene hif imajo premer 0,4 do 1,6 μm . Septe so enostavne, prisotne pa so tudi dolipore. Debelina sept je 0,6 do 1,1 μm . Značilne so vretenaste odebelitve rumene barve, premer sega od 3,5 do 8,2 μm . Prisotnih je polno kratkih novonastalih hif.

Plašč: Rahlo okrase barve, plektenhimatski, z mrežno razporeditvijo hif, A tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Hife so rahlo rumeno obarvane. Premer hif znaša 1,3 do 7,1 μm . Stene hif imajo premer 0,6 do 1,2 μm .

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Velikega Vrha (ob vitalni smreki 6/6 in osuti 6/6).

Identifikacija: Glede na prisotnost lastnosti, kot so: anastomoze posebnih oblik, pri katerih je ena ali več hif zelo kratkih, vretenasto odebeljene hife ter odsotnost zaponk, trdimo, da je ektomikoriza SLO 932-OB132 iz rodu *Elaphomyces*. Direktno iz podzemnega trosnjaka *E. granulatus* smo odvzeli mikorizni sistem in ga primerjali z mikoriznim sistemom SLO 932-OB132. Glede na nekatere značilnosti (razrast, prisotnost novonastalih hif, odsotnost zaponk) tip ektomikorize SLO 932-OB132 ustreza tipu *E. granulatus* Fr. + *Picea abies* (L.) Karst. Nismo pa opazili značilnih morfoloških lastnosti ter gelatinosnega matriksa, ki je značilen za ta tip ektomikorize. Tip ektomikorize SLO 932-OB132 ustreza tipu *E. muricatus* Fr. + *Fagus sylvatica* L. glede na razrast, prisotnost vretenasto odebeljenih hif, odsotnost zaponk. Nikjer pa ni bilo gelatinosnega matriksa in anastomoz brez hifnega mostička, ki so značilne za ta tip ektomikorize. Hife tipa ektomikorize SLO 932-OB132, glede na vretenaste odebelitve in odsotnost zaponk, so zelo podobne hifam tipa ektomikorize *E. aculeatus* Tul. + *Quercus robur* L. Odsoten pa je bil rdečkast pigment v izhajajočih hifah. Glede na te podatke poimenujemo tip ektomikorize SLO 932-OB132 ***Elaphomyces* sp.**

Oznaka: SLO 933-OB133



Slika 9: Tip ektomikorize SLO 933-OB133 iz vzorcev L2/1, L2/2, L2/3 (od leve proti desni)

Barva, površina: Mikoriza je rjave barve z bleščeče belimi lisami. Iz površine izrašča precej tankih, dolgih, svetlih (oker) hif pa tudi nekaj črnih, ki so prekrite z delci zemlje. Površina plašča je volnata.

Razrast: Monopodialno-piramidalna.

Izmere (m.os): Dolžina je 3,0 do 21,0 mm, premer je 0,2 do 0,4 (0,8) mm.

Izmere (n.d.): Nerazvejani deli so ukrivljeni. Dolžina je 0,2 do 7,0 mm, premer je 0,2 (0,8) mm.

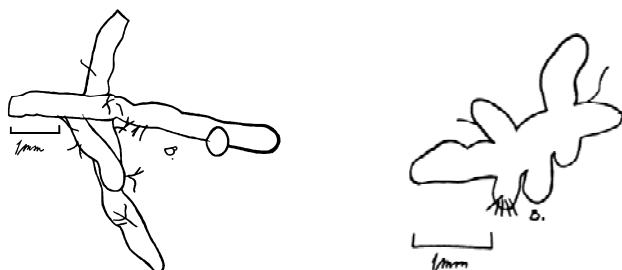
Izhajajoče hife: So svetle barve (hialinske), nekatere rjave, večinoma gladke, nekatere tudi granulirane. Pogoste so anastomoze s hifnim mostičkom, ki so zaprtega (s septo v hifnem mostičku) in odprtega tipa. Prisotne so novonastale izhajajoče hife. Premer hif je 0,6 do 1,5 μm , intraseptalna dolžina znaša 1,8 do 4,7 μm . Stene hif imajo premer 0,2 do 0,4 μm . Septe so enostavne, prisotne pa so tudi dolipore. Debelina sept je 0,2 do 0,4 μm . Hife se viličasto vejajo.

Plašč: Je svetle barve, zgoraj je plektenhimatski z želatinoznim matriksom med hifami, C tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Spodaj je plektenhimatski, hife so razporejene brez razpoznavnega vzorca, B tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Premer hif znaša 0,7 do 1,4 μm . Stene hif imajo premer 0,2 do 0,3 μm .

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Ložnice (ob vitalni smreki 5/6).

Identifikacija: Direktno iz podzemnega trosnjaka *E. granulatus* smo odvzeli mikorizni sistem in ga primerjali z mikoriznim sistemom SLO 933-OB133. Glede na značilnosti, kot so: prisotnost novonastalih hif, odsotnost zaponk, granulirane hife ter gelatinosni matriks, lahko potrdimo, da je tip ektomikorize SLO 933-OB133 najbolj podoben ***Elaphomyces granulatus* Fr. + *Picea abies* (L.) Karst.** Do odstopanja pride zaradi prisotnosti anastomoz odprtega tipa ter pri premeru hif, ki je pri naših meritvah premajhen (pri izhajajočih hifah bi moral biti 3,5-4 μm , pri hifah v plašču pa 1,5-7 μm) (An information system for Characterization and Determination of Ectomycorrhizae, 2004).

Oznaka: SLO 934-OB134



Slika 10: Tip ektomikorize SLO 934-OB134 iz vzorcev A1/1, B1/2 (od leve proti desni)

Barva, površina: Mikoriza je svetleča, rožnate barve z belimi lisami. Izraščajo tanke svetle hife z ujetimi delci zemlje. Površina plašča je gladka.

Razrast: Monopodialno-piramidalna.

Izmere (m.os): Dolžina je 1,2 do 5,0 mm, premer je 0,2 do 0,5 mm.

Izmere (n.d.): Nerazvejani deli so ukrivljeni ali zaviti. Dolžina je 0,2 (0,1) do 4,0 mm, premer je 0,2 do 0,5 mm.

Cistidiji: Cistidiji so tipa N (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Dolžina cistidijev je 16,7 do 28,8 μm , premer bazalnega dela je 4,8 do 8,7 μm .

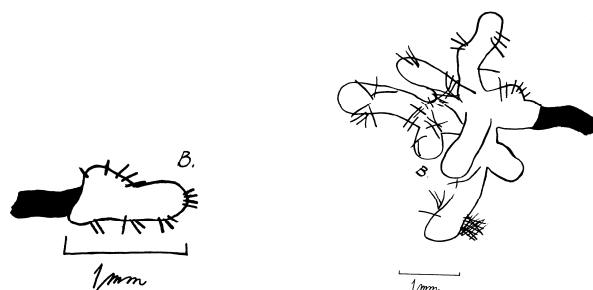
Izhajajoče hife: So svetle (hialinske) do oker barve, nekatere so granulirane. Hife imajo zaponke, katerih premer je od 1,6 do 4,2 μm . Premer hif je 2,6 do 3,9 μm , intraseptalna dolžina je 3,6 do 5,3 μm . Stene hif imajo premer 0,4 do 1,3 μm . Septe so enostavne, premer je 0,2 do 0,4 μm . Prisotne so novonastale izhajajoče hife.

Plašč: Je svetlejši, plektenhimatski, hife so razporejene brez razpoznavnega vzorca, B tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Premer hif znaša 2,6 do 4,2 μm . Stene hif imajo premer 0,3 do 1,5 μm . Hife imajo zaponke, premer je 6,6 μm .

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Velikega Vrha (ob vitalni smreki 1/6 in osuti 2/6).

Identifikacija: Glede na značilnosti (morfološke, cistidiji tipa N (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002)) smo določili, da ektomikoriza SLO 934-OB134 najbolj ustreza tipu ~ *Fagirhiza globulifera*. Do odstopanj prihaja zaradi premajhnega premera mikoriznega sistema (0,4-0,5 mm) ter prevelikega premera sten izhajajočih hif in hif v plašču (0,2 μ m) (An information system for Characterization and Determination of Ectomycorrhizae, 2004).

Oznaka: **SLO 935-OB135**



Slika 11: Tip ektomikorize SLO 935-OB135 iz vzorcev A2/3, B1/1 (od leve proti desni)

Barva, površina: Mikoriza ima belo rožnat ali umazano bel plašč, le pri nekaterih kratkih koreninah je rahlo svetleč. Iz površine izraščajo svetle in črne kratke hife z nekaj ujetimi delci zemlje. Površina plašča je gladka.

Razrast: Monopodialno-piramidalna.

Izmere (m.os): Dolžina je 1,0 do 8,0 mm, premer je 0,3 do 0,5 mm.

Izmere (n.d.): Nerazvejani deli so ukrivljeni ali ravni. Dolžina je 0,1 do 4,0 mm, premer je 0,1 do 1,0 mm.

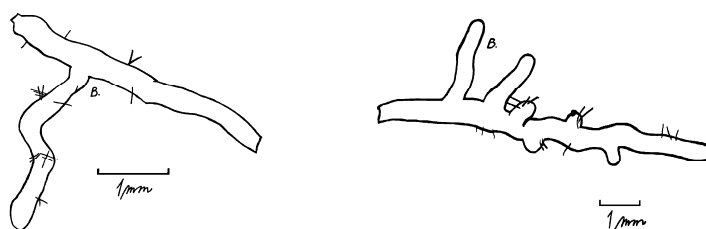
Izhajajoče hife: So svetle barve (hialinske) pa tudi oker. Hife imajo zaponke, katerih premer je 1,6 do 6,5 μ m. Premer hif je 2,6 do 3,9 μ m, intraseptalna dolžina je 15,3 μ m. Stene hif imajo premer 0,5 do 0,9 μ m. Septe so enostavne, prisotne pa so tudi dolipore. Premer sept je 0,3 do 0,5 μ m. Prisotnih je polno kratkih novonastalih hif. Vidno je polno maščobnih kapljic.

Plašč: Je prehoden tip med plektenhimatskim in pseudoparenhimatskim, celice povrhnjice so nepravilno oblikovane, H tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Globlje je plašč plektenhimatski z mrežno razporeditvijo hif, A tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Prisotnih je veliko zaponk, katerih premer je 4,9 do 5,4 μm . Premer hif znaša 2,9 do 7,5 μm . Stene hif imajo premer 0,5 do 1,1 μm . Prisotnih je veliko maščobnih kapljic.

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Velikega Vrha (ob vitalni smreki 1/6 in osuti 1/6).

Identifikacija: Glede na značilnosti (morfološke, prisotnost maščobnih kapljic, plašč tipa H (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002)) smo določili, da je ektomikoriza SLO 935-OB135 najbolj podobna tipu ~ *Fagirhiza oleifera*, vendar imajo hife v pregledanem preparatu prisotne zaponke. Takšen tip pa je bil že opisan kot SLO 867 - SA53 (Al Sayegh Petkovšek, 2005). Drugače pa se od opisa za tip ~ *Fagirhiza oleifera* razlikuje tudi zaradi prevelike dolžine mikoriznega sistema (0-4 mm) in nerazvejanih delov (0-1,2 mm), prevelikega premera nerazvejanih delov (0,3-1,0 mm) ter prevelikega premera sten izhajajočih hif (0,2-0,3 μm).

Oznaka: SLO 936-OB136



Slika 12: Tip ektomikorize SLO 936-OB136 iz vzorca B1/2

Barva, površina: Mikoriza je sive barve, ponekod tudi sivo rumene, plašč je svetleč. Iz površine izraščajo svetle in temne tanke hife z ujetimi delci zemlje. Površina plašča je gladka.

Razrast: Monopodialno-piramidalna.

Izmere (m.os): Dolžina je 3,0 do 21,0 mm, premer je 0,2 do 0,5 mm.

Izmere (n.d.): Nerazvejani deli so ukrivljeni ali zaviti. Dolžina je 0,1 do 8,0 mm, premer je 0,1 do 0,3 mm.

Izhajajoče hife: Premer hif je 1,9 do 3,3 μm , stene hif imajo premer 0,4 do 1,0 μm . Septe so enostavne. Prisoten je mleček.

Plašč: Je svetle barve, plektenhimatski, hife razporejene brez razpoznavnega vzorca, B tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Premer hif znaša 2,3 do 7,1 μm . Stene hif imajo premer 0,5 do 1,4 μm . Prisotne so mlečne hife in mleček.

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Velikega Vrha (ob osuti 1/6).

Identifikacija: Glede na značilnosti smo določili, da je ektomikoriza SLO 936-OB136 najbolj podobna tipu *Lactarius camphoratus* (Bull.: Fr.) Fr. + *Picea abies* (L.) Karst. Pri našem tipu ektomikorize je premer hif v plašču prevelik (2,5-4 μm), prav tako je prevelik premer sten hif v plašču (0,2 μm) (An information system for Characterization and Determination of Ectomycorrhizae, 2004).

Oznaka: SLO 937-OB137

Barva, površina: Mikoriza je sive barve z oranžnim sijajem (kratke korenine mlajšega tipa so bolj sive). Iz površine izrašča nekaj svetlih kratkih hif. Površina plašča je gladka.

Razrast: Monopodialno-piramidalna.

Izmere (m.os): Dolžina je 2,0 do 5,3 mm, premer je 0,3 mm.

Izmere (n.d.): Nerazvejani deli so ukrivljeni. Dolžina je 0,5 (1,3) mm, premer je 0,2 mm.

Cistidiji: Cistidiji so tipa O (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Premer cistidija je 0,6 do 1,0 μm , premer sten je 0,2 do 0,3 μm , premer sept je 0,2 μm .

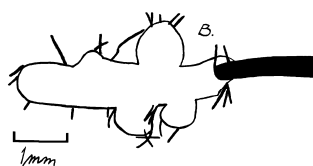
Izhajajoče hife: Premer hif je 0,9 do 1,3 μm , stene hif imajo premer 0,2 do 0,4 μm . Septe so enostavne. Prisoten je mleček.

Plašč: Je svetle barve, na površini je pseudoparenhimatski z oglatimi celicami, na katerih je mreža posebnih hif, P tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Globlje je plašč plektenhimatski, hife so razporejene brez razpoznavnega vzorca, B tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Premer hif znaša 0,7 do 2,0 μm . Stene hif imajo premer 0,2 do 0,6 μm . Prisotne so mlečne hife in mleček. Premer mlečnih hif je 1,2 do 2,7 μm , premer sten je 0,2 do 0,4 μm .

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Ložnice (ob vitalni smreki 1/6).

Identifikacija: Glede na morfološke značilnosti in plašč tipa P (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002) smo določili, da je ektomikoriza SLO 937-OB137 najbolj podobna tipu ~ *Lactarius subdulcis* (Pers.: Fr.) Gray + *Fagus sylvatica* L. Vendar pa ima naš tip ektomikorize premajhen premer izhajajočih hif (2-3 μm) in hif v plašču (2,5-10 μm) ter prevelik premer sten izhajajočih hif in hif v plašču (0,2 μm) (An information system for Characterization and Determination of Ectomycorrhizae, 2004).

Oznaka: SLO 938-OB138



Slika 13: Tip ektomikorize SLO 938-OB138 iz vzorca A1/2

Barva, površina: Mikoriza je belo srebrnkaste barve, ponekod so prisotne rumeno rjave lise. Iz površine izraščajo tanke, kratke hife.

Razrast: Monopodialno-piramidalna.

Izmere (m.os): Dolžina je 2,5 mm, premer je do 0,5 mm.

Izmere (n.d.): Nerazvejani deli so ukrivljeni. Dolžina je do 0,7 mm, premer je do 0,5 mm.

Cistidiji: Cistidiji so kot hife, imajo več sept, so zaokroženi – tipa L (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Premer cistidija je 2,2 do 4,8 μm , premer stene je 0,5 do 1,2 μm .

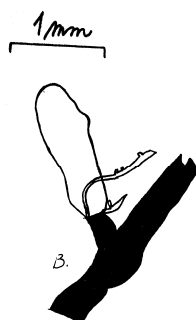
Izhajajoče hife: So svetle barve (hialinske). Stene hif imajo premer 0,6 do 1,2 μm . Premer hif je 3,0 do 4,8 μm . Septe so enostavne. Prisoten je mleček.

Plašč: Plašč je tanjši in svetel. Stene so odebeljene v vmesni plati. Premer hif znaša 3,0 do 6,2 μm . Stene hif imajo premer 0,6 do 1,3 μm . Prisoten je mleček pa tudi mlečne hife (laticifere). Premer mlečnih hif je 2,9 do 4,2 μm , premer sten pa je 0,6 do 1,0 μm .

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Velikega Vrha (ob vitalni smreki 1/6).

Identifikacija: Glede na značilnosti (prisotnost mlečka in mlečnih hif) smo določili, da sodi tip ektomikorize SLO 938-OB138 v rod mlečnic, označili smo ga kot *Lactarius* sp. 1.

Oznaka: SLO 939-OB139



Slika 14: Tip ektomikorize SLO 939-OB139 iz vzorca A2/1

Barva, površina: Mikoriza je belo sive barve, plašč je svetleč. Površina plašča je gladka.

Izmere (m.os): Dolžina je 1,5 mm, premer je 0,5 mm.

Izmere (n.d.): Nerazvejani deli so ravni. Dolžina je do 0,5 mm, premer je do 0,5 mm.

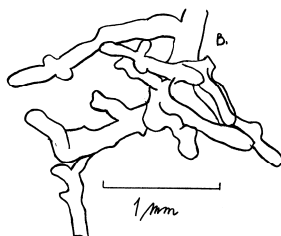
Rizomorfi: Izraščajo z gladko mejo. Tip B (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002), ima kompaktno razporejene hife. Premer rizomorfa je 44,0 μm . Premer hif je 3,0 do 4,3 μm , premer sten pa je 0,7 do 0,9 μm .

Plašč: Plektenhimatski, hife so razporejene brez razpoznavnega vzorca, B tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Premer hif znaša 2,8 do 7,4 μm . Stene hif imajo premer 0,5 do 0,9 μm . Prisoten je mleček in mlečne hife.

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Velikega Vrha (ob vitalni smreki 1/6).

Identifikacija: Glede na značilnosti (prisotnost mlečka in mlečnih hif) smo določili, da sodi tip ektomikorize SLO 939-OB139 v rod mlečnic, označili smo ga kot ***Lactarius sp. 2***.

Oznaka: SLO 940-OB140



Slika 15: Tip ektomikorize SLO 940-OB140 iz vzorca L2/1

Barva, površina: Mikoriza je sive barve z belimi lisami, celotna mikoriza pa ima rumen odtenek. Iz površine plašča izraščajo kratke svetle pa tudi temne (rjave) hife. Površina plašča je gladka.

Razrast: Monopodialno-piramidalna.

Izmere (m.os): Dolžina je 8,0 (4,0) mm, premer je 0,2 (0,7) mm.

Izmere (n.d.): Nerazvejani deli so ukrivljeni. Dolžina je do 0,2 do 4,0 mm, premer je 0,2 mm.

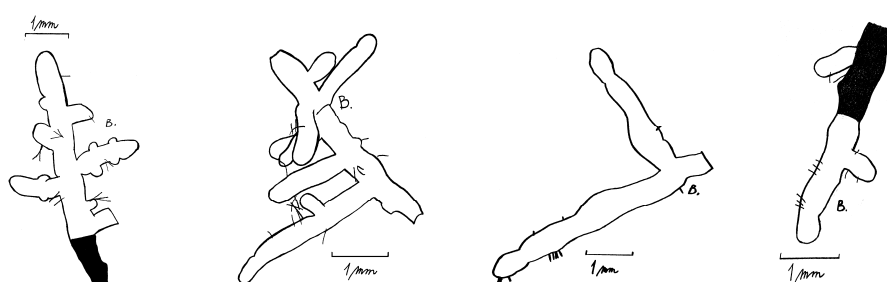
Izhajajoče hife: So svetle barve (hialinske). Stene hif imajo premer 0,2 do 1,1 μm . Premer hif je 0,8 do 1,8 μm . Septe so enostavne, njihov premer je 0,2 do 0,5 μm . Prisotne so tudi dolipore. Pogoste so anastomoze odprtega tipa. Prisotne so novonastale izhajajoče hife. Prisoten je mleček.

Plašč: Je svetle barve, plektenhimatski, hife so razporejene brez razpoznavnega vzorca, B tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Premer hif znaša 1,5 do 2,0 μm . Stene hif imajo premer 0,2 do 0,4 μm . Prisoten je mleček in mlečne hife. Premer mlečnih hif je 0,8 do 1,5 μm , premer sten pa je 0,1 do 0,3 μm .

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Ložnice (ob vitalni smreki 1/6).

Identifikacija: Glede na značilnosti (prisotnost mlečka in mlečnih hif) smo določili, da tip ektomikorize SLO 940-OB140 sodi v rod mlečnic, označili smo ga kot ***Lactarius* sp. 3**.

Oznaka: **SLO 941-OB141**



Slika 16: Tip ektomikorize SLO 941-OB141 iz vzorcev A1/2, B2/1, L2/1, L2/2 (od leve proti desni)

Barva, površina: Mikoriza je oker rjave barve z zlatim sijajem. Plašč je granuliran. Mikoriza je precej debela in kratke korenine so globularne. Iz površine izraščajo temne in svetle tanke hife. Površina plašča je gladka.

Razrast: Monopodialno-piramidalna.

Izmere (m.os): Dolžina je 3,0 (1,0) do 5,5 (27,0) mm, premer je 0,2 do 0,5 (0,6) mm.

Izmere (n.d.): Nerazvejani deli so ravni ali ukrivljeni. Dolžina je 0,1 do 5,0 (8,0) mm, premer je 0,2 (0,1) do 0,5 (0,7) mm.

Cistidiji: Sferični tip – G tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002), dolžina 24,4 μ m, premer na bazalnem delu je 5,9 do 9,7 μ m, premer na apikalnem delu pa je od 1,1 do 2,1 μ m. Stene cistidijev imajo premer 0,3 do 1,3 μ m.

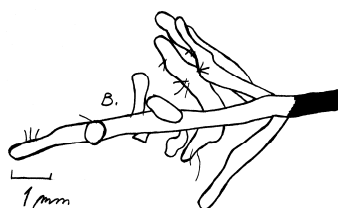
Izhajajoče hife: So rjave barve, nekatere granulirane. Hife imajo zaponke, katerih premer je 1,2 do 3,9 μ m. Premer hif je 2,9 do 4,8 μ m, intraseptalna dolžina znaša od 7,8 do 25,9 μ m. Stene hif imajo premer 0,2 do 1,6 μ m. Septe so enostavne, njihov premer je 0,2 do 0,3 μ m.

Plašč: Je rumeno oranžne barve. Na površini je pseudoparenhimatski, z oglatimi celicami, na katerih so skupki okroglastih celic, K tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Premer oglatih celic je 2,2 do 13,6 μ m, debelina sten teh celic pa je 0,4 do 1,5 μ m. Premer okroglastih celic je 3,2 do 5,0 μ m. Globlje je plašč plektenhimatski, hife razporejene brez razpoznavnega vzorca, B tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Premer hif znaša 2,5 do 4,5 μ m. Stene hif imajo premer 0,2 do 1,6 μ m.

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Velikega Vrha (ob vitalni smreki 3/6 in osuti 4/6) in Ložnice (ob vitalni smreki 2/6).

Identifikacija: Glede na morfološke značilnosti, prisotnost zaponk ter plašč tipa K (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002) smo določili, da ektomikoriza SLO 941-OB141 najbolj ustreza tipu ~ **Piceirhiza nigra**. Do odstopanj pride pri premeru mikoriznega sistema, pri našem tipu je premajhen (0,4-0,6 mm), ter globlje bi moral biti plašč pseudoparenhimatski (An information system for Characterization and Determination of Ectomycorrhizae, 2004).

Oznaka: **SLO 942-OB142**



Slika 17: Tip ektomikorize SLO 942-OB142 iz vzorca A1/1

Barva, površina: Mikoriza je rumenkasto sive barve s svetlejšimi konicami ter z rumenimi lisami (izgledajo kot posip). Iz površine izraščajo kratke svetle hife pa tudi temnejše z ujetimi delci zemlje. Površina plašča je gladka.

Razrast: Monopodialno-piramidalna.

Izmere (m.os): Dolžina je 3,0 do 15,0 mm, premer je 0,2 (0,1) do 0,7 mm.

Izmere (n.d.): Nerazvejani deli so ukrivljeni. Dolžina je 0,1 do 4,0 mm, premer je 0,2 (0,1) do 0,5 mm.

Izhajajoče hife: So svetle barve (hialinske). Stene hif imajo premer 0,2 do 1,6 μm . Premer hif je 0,7 do 3,6 μm , intraseptalna dolžina znaša 2,4 do 28,1 μm . Septe so enostavne, premer je 0,2 do 0,3 μm . Včasih so prisotne tudi dolipore.

Plašč: Od svetle barve (nežno rumene) do temno oker barve (te barve so oglate celice). Na površini je plašč pseudoparenhimatski z oglatimi celicami, na katerih so skupki sploščenih celic, O tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Vmesna plast: prehodni tip med plektenhimatskim in pseudoparenhimatskim, nepravilno oblikovane celice povrhnjice, H tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Globlje je plašč plektenhimatski, hife so razporejene brez razpoznavnega vzorca, B tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Premer hif znaša 1,9 do 9,6 μm . Stene hif imajo premer 0,2 do 1,4 μm .

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Velikega Vrha (ob vitalni smreki 4/6 in osuti 1/6).

Identifikacija: Glede na morfološke značilnosti ter tip plašča O (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002) smo določili, da ektomikoriza SLO 942-OB142 najbolj ustreza tipu ***Russula ochroleuca* (Hall.) Pers. + *Picea abies* (L.) Karst.** Pri naših meritvah je bil premer mikoriznega sistema nekoliko premajhen (0,4-1,5 mm) (An information system for Characterization and Determination of Ectomycorrhizae, 2004).

Oznaka: **SLO 943-OB143**



Slika 18: Tip ektomikorize SLO 943-OB143 iz vzorcev A1/3, A2/1 (od leve proti desni)

Barva, površina: Mikoriza je rjavo oker barve s črnimi lisami. Konice kratkih korenin mikoriznega sistema so svetlejše (belo rumene). Iz površine izraščajo tanke svetle pa tudi temnejše hife z ujetimi delci zemlje. Površina plašča je gladka.

Razrast: Monopodialno-piramidalna.

Izmere (m.os): Dolžina je 2,0 do 8,0 mm, premer je 0,1 do 0,5 mm.

Izmere (n.d.): Nerazvejani deli so ukrivljeni. Dolžina je 0,3 (0,1) do 4,0 mm, premer je 0,2 (0,1) do 0,3 (0,4) mm.

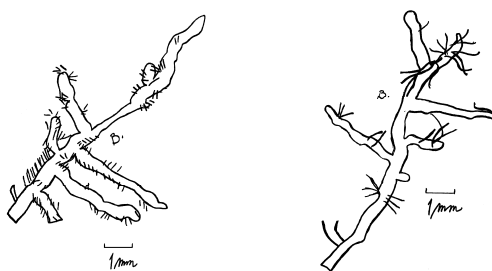
Izhajajoče hife: So oker barve, nekatere so granulirane. Hife imajo zaponke, katerih premer je 3,8 do 4,5 μm . Premer hif je 1,9 do 5,1 μm , intraseptalna dolžina znaša 29,6 μm . Stene hif imajo premer 0,5 do 1,1 μm . Septe so enostavne, prisotne so dolipore.

Plašč: Je svetlo oker ali nežno rumene barve, plektenhimatski, hife so razporejene brez razpoznavnega vzorca, B tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Premer hif znaša 1,6 do 4,4 μm . Stene hif imajo premer 0,5 do 1,2 μm .

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Velikega Vrha (ob vitalni smreki 3/6).

Identifikacija: Glede na značilnosti smo določili, da ektomikoriza SLO 943-OB143 najbolj ustreza tipu *Tylospora fibrillosa* (Burt) Donk + *Picea abies* (L.) Karst. Do odstopanja pride zaradi premajhnega premera izraščajočih hif (2,5-5 μm), pojavljati pa bi se moral plašč tipa C (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002).

Oznaka: **SLO 944-OB144**



Slika 19: Tip ektomikorize SLO 944-OB144 iz vzorcev A1/2, A1/3 (od leve proti desni)

Barva, površina: Mikoriza mlajšega tipa je sivo srebrne barve, ponekod je prisoten zlat sijaj, medtem ko je mikoriza starejšega tipa rjavo srebrne barve. Iz površine izraščajo tanke svetle hife pa tudi temnejše (rjave) z ujetimi delci zemlje. Površina plašča je gladka.

Razrast: Monopodialno-piramidalna.

Izmere (m.os): Dolžina je 4,0 do 15,0 mm, premer je 0,2 do 0,7 mm.

Izmere (n.d.): Nerazvejani deli so ukrivljeni ali zaviti. Dolžina je 0,1 do 7,0 mm, premer je 0,2 do 0,7 mm.

Cistidiji: Premer glave cistidijev je 3,8 do 5,8 μm , premer sten pa je 0,4 do 1,3 μm .

Izhajajoče hife: So svetlejše barve (hialinske), nekatere so granulirane. Hife imajo zaponke, katerih premer je 3,7 do 4,0 μm . Premer hif je 2,2 do 3,9 μm , intraseptalna dolžina znaša 5,7 do 32,4 μm . Stene hif imajo premer 0,5 do 1,5 μm . Septe so enostavne, prisotne pa so tudi dolipore. Debelina sept je 0,7 μm . V hifah so prisotne okrogle strukture, katerih premer je 3,0 μm .

Plašč: Na površini prehoden tip med plektenhimatskim in pseudoparenhimatskim, nepravilno oblikovane celice povrhnjice, H tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Globlje je plašč plektenhimatski, hife so razporejene brez razpoznavnega vzorca, B tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Premer hif znaša 1,9 do 5,1 μm . Stene hif imajo premer 0,5 do 1,2 μm in so odebeljene (rumene barve).

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Velikega Vrha (ob vitalni smreki 2/6 in osuti 1/6).

Identifikacija: Tipa ektomikorize SLO 944-OB144 nismo določili.

Oznaka: **SLO 945-OB145**

Barva, površina: Mikoriza je svetlo oker barve z belimi lisami. Iz površine izraščajo tanke bele hife. Površina plašča je gladka.

Izmere (n.d.): Dolžina je 1,2 mm, premer je 0,2 do 0,3 mm.

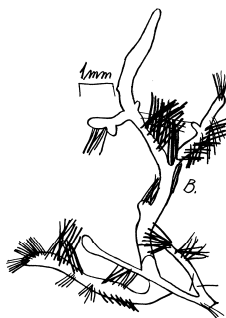
Izhajajoče hife: So svetle barve (hialinske). Stene hif imajo premer 0,1 do 1,0 μm . Premer hif je 0,6 do 4,6 μm . Septe so enostavne.

Plašč: Svetle barve (nežno rumene). Na površini je prehoden tip med plektenhimatskim in pseudoparenhimatskim, nepravilno oblikovane celice povrhnjice, H tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Premer hif znaša 0,9 do 3,1 μm . Stene hif imajo premer 0,2 do 1,1 μm . Premer sept je 0,4 μm .

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Velikega Vrha (ob vitalni smreki 1/6).

Identifikacija: Tipa ektomikorize SLO 945-OB145 nismo določili.

Oznaka: SLO 946-OB146



Slika 20: Tip ektomikorize SLO 946-OB146 iz vzorca B1/1

Barva, površina: Mikoriza je belo oker svetleče barve z belo rumenimi lisami. Iz površine izraščajo tanke svetle (oker) in temne hife z ujetimi delci zemlje. Površina plašča je volnata.

Razrast: Piramidalno-pinaten.

Izmere (m.os): Dolžina je 3,5 do 35,0 mm, premer je 0,2 do 0,7 mm.

Izmere (n.d.): Nerazvejani deli so ukrivljeni ali zaviti. Dolžina je 0,1 do 5,7 mm, premer je 0,1 do 0,4 mm.

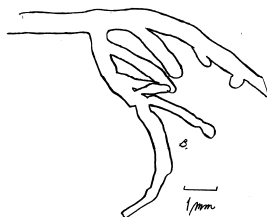
Izhajajoče hife: So svetle barve (nežno rumene). Hife imajo zaponke, katerih premer je 1,6 do 4,7 μm . Premer hif je 0,9 do 7,3 μm , intraseptalna dolžina je 2,5 do 4,6 μm . Stene hif imajo premer 0,2 do 1,2 μm . Septe so enostavne, premer je 0,1 do 0,4 μm . Ponekod so prisotne dolipore. Hife so vretenasto odebeljene, premer sega od 1,7 do 4,6 μm .

Plašč: Na površini je prehoden tip med plektenhimatskim in pseudoparenhimatskim, celice povrhnjice so nepravilno oblikovane, H tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Globlje je plektenhimatski z želatinoznim matriksom med hifami, C tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Stene hif imajo premer 0,2 do 0,7 μm , premer hife pa je 0,9 do 1,9 μm .

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Velikega Vrha (ob vitalni smreki 1/6 in osuti 1/6).

Identifikacija: Tipa ektomikorize SLO 946-OB146 nismo določili.

Oznaka: SLO 947-OB147



Slika 21: Tip ektomikorize SLO 947-OB147 iz vzorca A2/3

Barva, površina: Mikoriza je temno rjave barve z belimi lisami. Konice kratkih korenin mikoriznega sistema so svetlo rjave ali oranžne, na njih pa so prav tako prisotne bele lise. Površina plašča je gladka.

Razrast: Piramidalno-pinaten.

Izmere (m.os): Dolžina je 4,0 do 8,0 mm, premer je 0,2 do 0,4 mm.

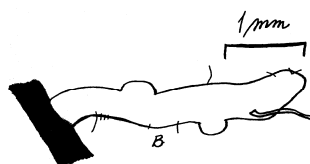
Izmere (n.d.): Nerazvejani deli so ukrivljeni. Dolžina je 0,1 do 2,1 mm, premer je 0,1 do 0,2 mm.

Plašč: Je rjave barve, plektenhimatski, hife so razporejene brez razpoznavnega vzorca, B tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Premer hif znaša 0,6 do 2,1 μm . Stene hif imajo premer 0,5 do 1,0 μm .

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Velikega Vrha (ob vitalni smreki 1/6).

Identifikacija: Tipa ektomikorize SLO 947-OB147 nismo določili.

Oznaka: SLO 948-OB148



Slika 22: Tip ektomikorize SLO 948-OB148 iz vzorca B1/2

Barva, površina: Mikoriza je rumene barve z belo rumenimi lisami. Iz površine izraščajo kratke in tanke svetle hife. Površina plašča je gladka.

Izmere (m.os): Dolžina je 1,2 do 4,2 mm, premer je 0,3 do 0,4 mm.

Izmere (n.d.): Nerazvejani deli so ukrivljeni. Dolžina je 0,1 do 2,0 mm, premer je 0,2 do 0,4 mm.

Plašč: Je svetle barve, plektenhimatski, z želatinoznim matriksom med hifami, C tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Spodnja plast je plektenhimatski, hife so razporejene brez razpoznavnega vzorca, B tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Premer hif znaša 1,5 do 2,7 μm . Stene hif imajo premer 0,2 do 0,9 μm .

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Velikega Vrh (ob osuti 1/6).

Identifikacija: Tipa ektomikorize SLO 948-OB148 nismo določili.

Oznaka: **SLO 949-OB149**



Slika 23: Tip ektomikorize SLO 949-OB149 iz vzorca B1/2

Barva, površina: Mikoriza je rjavo bele ali vijolično bele barve z belimi lisami. Izraščajo kratke in tanke svetle hife. Površina plašča je gladka.

Razrast: Monopodialno-piramidalna.

Izmere (m.os): Dolžina je 5,0 mm, premer je 0,3 do 0,4 mm.

Izmere (n.d.): Nerazvejani deli so ukrivljeni. Dolžina je 0,1 do 1,7 mm, premer je 0,2 do 0,3 mm.

Izhajajoče hife: So svetle barve. Premer hif je 0,6 do 1,5 μm . Stene hif imajo premer 0,2 do 0,4 μm .

Plašč: Je svetlejšje barve. Prehoden tip med plektenhimatskim in pseudoparenhimatskim, nepravilno oblikovane celice povrhnjice, H tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Premer hif znaša 2,4 do 3,9 μm . Stene hif imajo premer 0,5 do 1,9 μm .

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Velikega Vrh (ob osuti 1/6) .

Identifikacija: Tipa ektomikorize SLO 949-OB149 nismo določili.

Oznaka: SLO 950-OB150



Slika 24: Tip ektomikorize SLO 950-OB150 iz vzorca L3/3

Barva, površina: Mikoriza je rjavo rumenkaste barve z zlatim sijajem. Površina plašča je gladka.

Razrast: Monopodialno-piramidalna.

Izmere (m.os): Dolžina je 2,7 do 5,5 mm, premer je 0,4 mm.

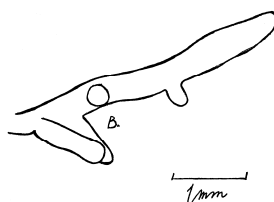
Izmere (n.d.): Dolžina je 1,0 do 2,0 mm, premer je do 0,4 mm.

Plašč: Je svetle barve, zgoraj je pseudoparenhimatski z epidermoidnimi celicami, M tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Globlje je prehoden tip med plektenhimatskim in pseudoparenhimatskim, nepravilno oblikovane celice povrhnjice, H tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Premer hif znaša 0,7 do 1,8 μm . Stene hif imajo premer 0,2 do 0,4 μm .

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Ložnice (ob vitalni smreki 1/6).

Identifikacija: Tipa ektomikorize SLO 950-OB150 nismo določili.

Oznaka: SLO 951-OB151



Slika 25: Tip ektomikorize SLO 951-OB151 iz vzorca L3/3

Barva, površina: Mikoriza je vijolične barve z belimi lisami. Ponekod iz površine izraščajo svetle in temne hife. Površina plašča je gladka.

Razrast: Monopodialno-piramidalna.

Izmere (m.os): Dolžina je 3,0 do 6,2 mm, premer je 0,2 do 0,5 mm.

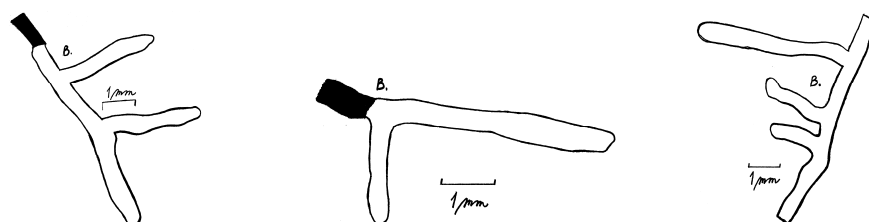
Izmere (n.d.): Dolžina je 0,1 do 4,1 mm, premer je do 0,3 mm.

Plašč: Je oranžno rdečkaste barve, zgoraj je plektenhimatski z mrežno razporeditvijo hif, A tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Globlje je pseudoparenhimatski z oglatimi celicami, L tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Premer hif znaša 1,2 do 2,9 μm . Stene hif imajo premer 0,2 do 0,6 μm , premer sept pa je 0,3 μm .

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Ložnice (ob vitalni smreki 1/6).

Identifikacija: Tipa ektomikorize SLO 951-OB151 nismo določili.

Oznaka: **SLO 952-OB152**



Slika 26: Tip ektomikorize SLO 952-OB152 iz vzorcev L2/1, L2/1, L2/3 (od leve proti desni)

Barva, površina: Mikoriza je oker barve z zlatim sijajem, je globularna. Plašč je gladek.

Razrast: Monopodialno-piramidalna.

Izmere (m.os): Dolžina je 6,0 do 12,0 mm, premer je 0,3 (0,8) mm.

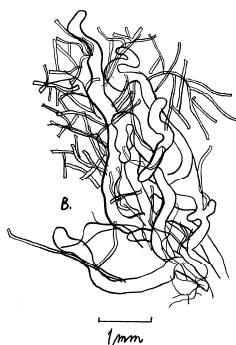
Izmere (n.d.): Nerazvejani deli so ukrivljeni ali ravni. Dolžina je 0,2 do 4,8 mm, premer je 0,3 (0,2) mm.

Plašč: Zgoraj je pseudoparenhimatski z oglatimi celicami, L tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Vmesna plast je prehodni tip med plektenhimatskim in pseudoparenhimatskim, celice povrhnjice so nepravilno oblikovane, H tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Globlje je plektenhimatski, hife so razporejene brez razpoznavnega vzorca, B tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Premer hif znaša 0,9 do 1,7 μm . Stene hif imajo premer 0,1 do 0,7 μm .

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Ložnice (ob vitalni smreki 2/6).

Identifikacija: Tipa ektomikorize SLO 952-OB152 nismo določili.

Oznaka: SLO 953-OB153



Slika 27: Tip ektomikorize SLO 953-OB153 iz vzorca L2/1

Barva, površina: Mikoriza je bele barve, svetleča, s sivimi lisami. Iz površine izraščajo temne hife. Med zavite kratke korenine so ujeti delci zemlje.

Razrast: Iregularno-pinatna.

Izmere (m.os): Dolžina je 2,8 do 11,0 mm, premer je 0,3 mm.

Izmere (n.d.): Nerazvejani deli so zaviti. Dolžina je 3,0 do 9,0 mm, premer je 0,2 mm.

Rizomorfi: Belo rumeni rizomorfi se cepijo v manjše filamente. Tip je B (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Premer rizomorfa je 5,4 do 6,7 μm . Stene hif v rizomorfu imajo premer 0,2 do 0,3 μm , premer hif je 1,0 μm .

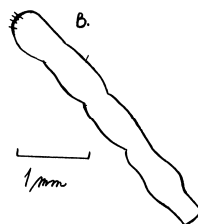
Izhajajoče hife: So svetle barve (hialinske), nekatere granulirane. Prisotne so anastomoze brez hifnega mostička. Hife imajo zaponke, katerih premer je 1,6 do 1,8 μm . Stene hif imajo premer 0,2 do 0,4 μm . Premer hif je 0,7 do 1,7 μm , intraseptalna dolžina znaša 6,1 μm . Značilna je vretenasta delitev hif. Septe so enostavne, premer je 0,3 do 0,5 μm . Prisotne pa so tudi dolipore. Prisotnih je polno kratkih novonastalih hif. Hife se značilno viličasto vejajo.

Plašč: Je svetle barve, plektenhimatski, hife so razporejene brez razpoznavnega vzorca, B tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002).

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Ložnice (ob vitalni smreki 1/6).

Identifikacija: Tipa ektomikorize SLO 953-OB153 nismo določili.

Oznaka: SLO 954-OB154



Slika 28: Tip ektomikorize SLO 954-OB154 iz vzorca L2/1

Barva, površina: Mikoriza je rjave barve, plašč je svetleč. Kratke korenine so globularne. Iz površine izraščajo kratke svetle hife, na površini plašča so ujeti delci zemlje. Površina plašča je gladka.

Izmere (n.d.): Nerazvejani deli so ravni. Dolžina je 0,5 do 6,2 mm, premer je 0,4 mm.

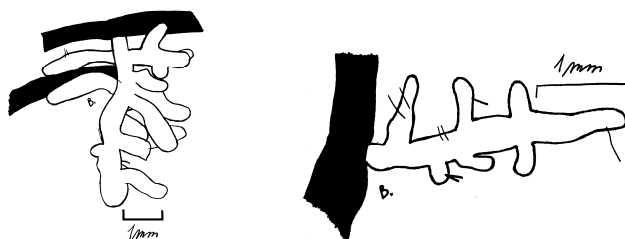
Izhajajoče hife: So svetle barve (hialinske). Stene hif imajo premer 0,2 do 0,3 μm . Premer hif je 0,8 do 1,1 μm .

Plašč: Zgoraj je pseudoparenhimatski z oglatimi celicami, L tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Spodnja plast je prehodni tip med plektenhimatskim in pseudoparenhimatskim, celice povrhnjice so nepravilno oblikovane, H tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Stene hif imajo premer 0,2 do 0,5 μm .

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Ložnice (ob vitalni smreki 1/6).

Identifikacija: Tipa ektomikorize SLO 954-OB154 nismo določili.

Oznaka: SLO 955-OB155



Slika 29: Tip ektomikorize SLO 955-OB155 iz vzorcev L2/2, L3/1 (od leve proti desni)

Barva, površina: Mikoriza je sive barve z zlatim sijajem. Površina plašča je gladka.

Razrast: Monopodialno-piramidalna.

Izmere (m.os): Dolžina je 3,0 do 7,0 mm, premer je 0,3 mm.

Izmere (n.d.): Nerazvejani deli so ukrivljeni. Dolžina je do 5 mm, premer je do 0,3 mm.

Plašč: Zgoraj je pseudoparenhimatski z oglatimi celicami, L tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Vmesna plast: prehoden tip med plektenhimatskim in pseudoparenhimatskim, nepravilno oblikovane celice povrhnjice, H tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002). Premer hif znaša do 1,2 μm . Stene hif imajo premer 0,2 do 0,5 μm .

Pojavljanje: V talnih vzorcih iz Ložnice (ob vitalni smreki 2/6).

Identifikacija: Tipa ektomikorize SLO 955-OB155 nismo določili.

4.2 POPIS TROSNJAKOV VIŠJIH GLIV

Na dan vzorčenja smo opravili popis trosnjakov višjih gliv, da bi izvedli primerjavo med njihovim pojavljanjem in tipi ektomikorize.

Preglednica 7: Popis trosnjakov gliv na raziskovalnih ploskvah Veliki Vrh in Ložnica

LATINSKO IME	SLOVENSKO IME	Veliki Vrh	Ložnica
<i>Amanita citrina</i> (Schff.: Fr.) Gray	citronasta mušica	3	1
<i>Amanita vaginata</i> (Bull.: Fr.) Vitt.	sivi lupinar		1
<i>Calocera viscosa</i> (Pers.: Fr.) Fr.	lepljivi rožički		2
<i>Clitocybe gibba</i> (Pers.: Fr.) Kumm.	rjavkasta livka		10
<i>Clitocybe odora</i> (Bull.: Fr.) Kumm.	janeževa livka		1
<i>Cortinarius bolaris</i> (Pers.: Fr.) Fr.	opečnata koprenka		1
<i>Cortinarius phoenicus</i> (Bull.) Mre.	bagrena koprenka		1
<i>Hygrophorus eburneus</i> (Bull. Ex Fr.) Fr.	bela polževka	4	
<i>Hygrophorus nemoreus</i> (Pers.: Fr.) Fr.	gozdna polževka		12
<i>Hygrophorus poetarum</i> Heim	pesniška polževka		6
<i>Hypholoma sublateritum</i> (Schff.: Fr.) Quel	opečnata žveplenjača		6
<i>Laccaria amethystina</i> (Huds.) Cke	vijoličasta bledivka		3
<i>Laccaria laccata</i> (Scop.: Fr.) Cke.	rdečkasta bledivka		8
<i>Lactarius blennius</i> Fr.	bukova mlečnica		8
<i>Lactarius subdulcis</i> (Pers.: Fr.) Gray	sladkasta mlečnica		14
<i>Lactarius vellerus</i> (Fr.: Fr.) Fr.	polstena mlečnica		65
<i>Lycoperdon perlatum</i> Pers.: Pers.	betičasta prašnica		1
<i>Lycoperdon piriforme</i> Schff.: Pers.	hruškasta prašnica		1
<i>Megacollybia plathyphylla</i> (Pers.: Fr.) Kotl. & Pouz.	širokolistna velekoronovka		2
<i>Oudemansiella mucida</i> (Schrad.: Fr.) Hohn.	sluzasta širokolistka		6
<i>Ramaria flava</i> (Schff.: Fr.) Quél.	rumena griva		1
<i>Russula atropurpurea</i> (Krombh.) Britz.	temnoškrlatna golobica		1
<i>Russula cavipes</i> Britz.	votlobetna golobica		1
<i>Russula emetica</i> (Schff. Fr.) Pers.	bljuvna golobica	3	2
<i>Russula fellea</i> Fr.	žolta golobica		8
<i>Russula ochroleuca</i> (Hall.) Pers.	okrasta golobica		6
<i>Russula vinosa</i> Lindbl.	murkina golobica		7
<i>Scleroderma citrinum</i> Pers.: Pers.	navadna trdokožnica	1	

Na raziskovalni ploskvi Veliki Vrh so se pojavljale le štiri vrste trosnjakov, medtem ko smo jih na raziskovalni ploskvi v Ložnici našli 26. Od 14 tipov ektomikorize, ki smo jih določili, smo našli le eno vrsto trosnjakov, in sicer *Lactarius subdulcis* (14) v Ložnici, ki jim ustrezajo.

4.3 PRIMERJAVA MIKORIZACIJE IN RAZVITOSTI KORENINSKEGA SISTEMA VITALNIH IN OSUTIH SMREK

4.3.1 Število kratkih korenin posameznega tipa ektomikorize v posameznem vzorcu

V preglednici 8 predstavljamo število kratkih korenin posameznega tipa ektomikorize v posameznem vzorcu vitalne in osute smreke Velikega Vrha ter vitalne smreke Ložnice. Izračunan je tudi delež (glede na število vitalnih ektomikoriznih kratkih korenin) in število vseh kratkih korenin posameznega tipa ektomikorize, število vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin za posamezni vzorec ter za vse vzorce skupaj.



Slika 30: Objekt TEŠ, Škalsko, Velenjsko in Šoštanjско jezero (od leve proti desni), v ozadju pa tudi Veliki Vrh in Ložnica (slikano z Uršlje gore)

Preglednica 8: Število kratkih korenin posameznega tipa ektomikorize v posameznem vzorcu ter njihovi deleži

tipi ektomikorize	A1/1	A1/2	A1/3	A2/1	A2/2	A2/3	% tipa ektomik.	B1/1	B1/2	B1/3	B2/1	B2/2	B2/3	% tipa ektomik.	L2/1	L2/2	L2/3	L3/1	L3/2	L3/3	% tipa ektomik.	št. kk tipa ektomik.	% tipa ektomik.	% tipa ektomik. za VV
SLO 930-OB130 - <i>C. geophilum</i>	1206	1255	321	346	200	117	37.4	392	67	130	123	14	73	17.9	209			110			14.8	4563	28.8	31.1
SLO 931-OB131 - <i>Coriarius</i> sp.							1.0															94	0.6	0.7
SLO 932-OB132 - <i>Elaphomyces</i> sp.	212	704	2246	1010	401	477	54.9	91	347	107	75	426	295	30.1								6391	40.4	46.8
SLO 933-OB133 - <i>E. granulatus</i>															37	57	184	28	289		27.6	595	3.8	0.0
SLO 934-OB134 - <i>F. globulifera</i>	15						0.2		64			41		2.4								120	0.8	0.9
SLO 935-OB135 - <i>F. oleifera</i>						2	0.0	216						4.8								218	1.4	1.6
SLO 936-OB136 - <i>L. camphoratus</i>									915					20.5								915	5.8	6.7
SLO 937-OB137 - <i>L. subulcicus</i>															36						1.7	36	0.2	
SLO 938-OB138 - <i>Lactarius</i> sp. 1		25					0.3															25	0.2	0.2
SLO 939-OB139 - <i>Lactarius</i> sp. 2			1				0.0															1	0.0	0.0
SLO 940-OB140 - <i>Lactarius</i> sp. 3															463						21.5	463	2.9	
SLO 941-OB141 - <i>P. nigra</i>	11	131				2	1.6	62	7		219	65		7.9	27	3					1.4	527	3.3	3.6
SLO 942-OB142 - <i>R. ochroleuca</i>	50		2	1		4	0.6			564				12.7								621	3.9	4.5
SLO 943-OB143 - <i>T. fibrillosa</i>	37		7	25			0.7															69	0.4	0.5
SLO 944-OB144		38	101				1.5				101			2.3								240	1.5	1.8
SLO 945-OB145					1		0.0															1	0.0	0.0
SLO 946-OB146				110			1.2	45						1.0								155	1.0	1.1
SLO 947-OB147						52	0.6															52	0.3	0.4
SLO 948-OB148									12					0.3								12	0.1	0.1
SLO 949-OB149									7					0.2								7	0.0	0.1
SLO 950-OB150																			3	0.1		3	0.0	
SLO 951-OB151																			106	4.9		106	0.7	
SLO 952-OB152											40				40		225				12.3	265	1.7	
SLO 953-OB153															228					10.6		228	1.4	
SLO 954-OB154															38					1.8		38	0.2	
SLO 955-OB155																								
št. določljivih ektomik. k. k.	1531	2153	2677	1383	712	748	38.2	806	1419	801	518	481	433	23.9	1042	120	409	188	289	109	15.5	15819	100.0	100.0
št. nedoločljivih ektomik. k. k.	1501	1712	1193	3644	4352	2303	61.0	3871	2467	2093	1941	1684	1695	73.7	2346	496	674	1668	2963	3079	80.8	39684		
št. nemikoriznih k. k.	19	38	26	18	61	22	0.8	60	62	73	100	82	68	2.4	177	25	58	121	61	72	3.7	1143		
št. vseh k. k.	3051	3903	3896	5045	5125	3073	100.0	4737	3948	2967	2559	2247	2196	100.0	3565	641	1141	1977	3315	3260	100.0	56646		

Opomba: A – vitalna smreka Velikega Vrha, B – osuta smreka Velikega Vrha, L – vitalna smreka Ložnice, VV – Veliki Vrh

4.3.2 Pojavljanje vitalnih in neturgescentnih ektomikoriznih, nemikoriznih in vseh kratkih korenin

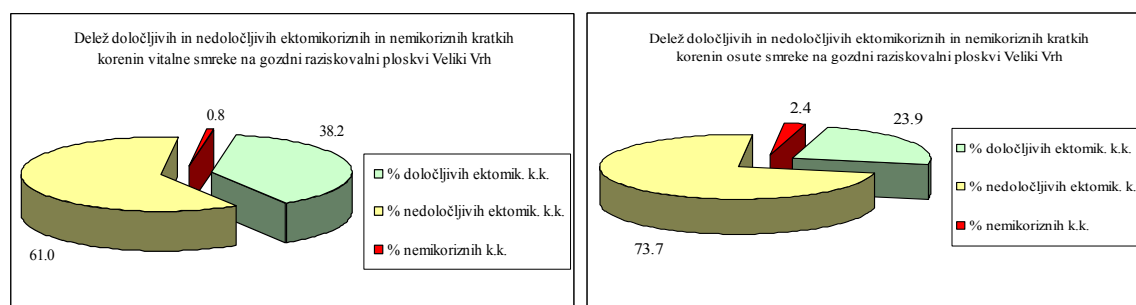
Skupno število kratkih korenin, ki smo jih analizirali v 12 talnih vzorcih Velikega Vrha, je 42.747; v 6 vzorcih Ložnice pa 13.899.

Skupno število kratkih korenin, ki smo jih analizirali, je 56.646 v 18 talnih vzorcih, vzorčenih na dveh izbranih gozdnih raziskovalnih ploskvah. Število vitalnih ektomikoriznih kratkih korenin je bilo 15.819, kar je 27,9 % glede na vse kratke korenine, skupaj pa smo identificirali 26 različnih tipov ektomikorize. Število neturgescentnih ektomikoriznih kratkih korenin je 39.684, kar je 70,1 % glede na vse kratke korenine. Število nemikoriznih kratkih korenin je 1.143, kar je 2,0 % glede na vse kratke korenine.

Preglednica 9: Število vitalnih in neturgescentnih ektomikoriznih, nemikoriznih in vseh kratkih korenin v posameznem talnem vzorcu

oznaka	št. vitalnih ektomik. k.k.	št. neturgescentnih ektomik. k.k.	št. nemikoriznih k.k.	št. vseh k.k.
A1/1	1531	1501	19	3051
A1/2	2153	1712	38	3903
A1/3	2677	1193	26	3896
A2/1	1383	3644	18	5045
A2/2	712	4352	61	5125
A2/3	748	2303	22	3073
$\bar{x} \pm s(\bar{x})$	1534 ± 316,5	2450,8 ± 519,3	30,7 ± 6,8	4015,5 ± 371,3
B1/1	806	3871	60	4737
B1/2	1419	2467	62	3948
B1/3	801	2093	73	2967
B2/1	518	1941	100	2559
B2/2	481	1684	82	2247
B2/3	433	1695	68	2196
$\bar{x} \pm s(\bar{x})$	743 ± 150,5	2291,8 ± 337,3	74,2 ± 6,1	3109,0 ± 418,5
L2/1	1042	2346	177	3565
L2/2	120	496	25	641
L2/3	409	674	58	1141
L3/1	188	1668	121	1977
L3/3	109	3079	72	3260
$\bar{x} \pm s(\bar{x})$	373,6 ± 175,6	1652,6 ± 490,5	90,6 ± 26,6	2116,8 ± 572,5

Opomba: A – vitalna smreka Velikega Vrha, B – osuta smreka Velikega Vrha, L – vitalna smreka Ložnice,
 $\bar{x} \pm s(\bar{x})$ – aritmetična sredina z vzorčnim standardnim odklonom



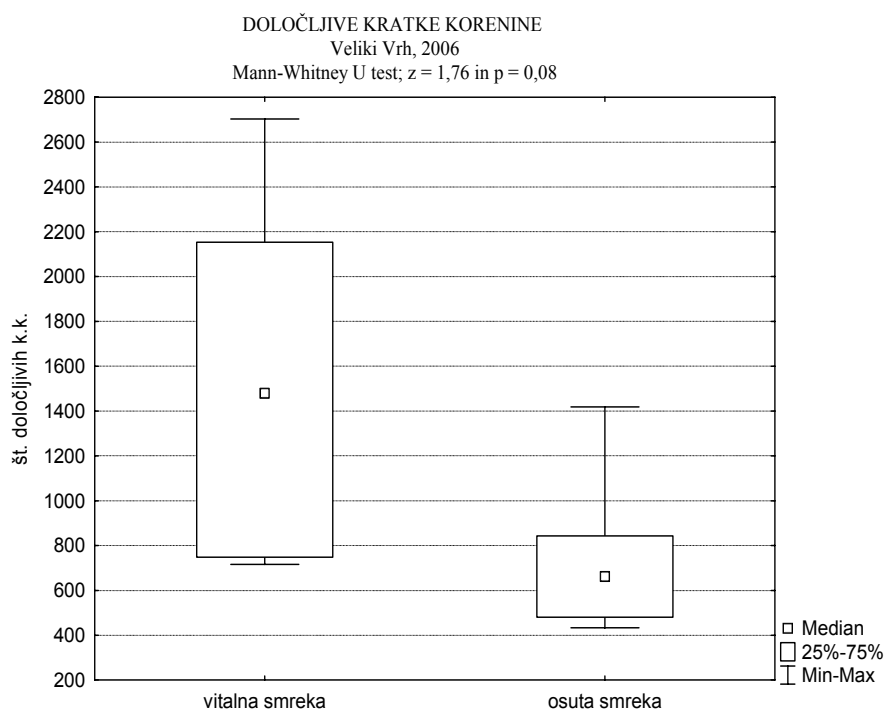
Slika 31: Delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih, nemikoriznih kratkih korenin vitalne in osute smreke na gozdni raziskovalni ploskvi Veliki Vrh

Deleže vitalnih, neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin predstavljamo tudi v grafih (slika 31). Največ je neturgescenčnih ektomikoriznih kratkih korenin (od 61,0 do 73,7 %), kamor pa spadajo kratke korenine, katerih tipa ektomikorize nismo določili zaradi slabo razvite ektomikorize oziroma ker so bile kratke korenine prestare za ustrezno identifikacijo oziroma določitev. Nepričakovano visok je delež nemikoriznih kratkih korenin (korenine, katerih velikost je manjša od 2 mm, brez glivnega plašča in hif) v talnih vzorcih iz Ložnice (4,3 %).

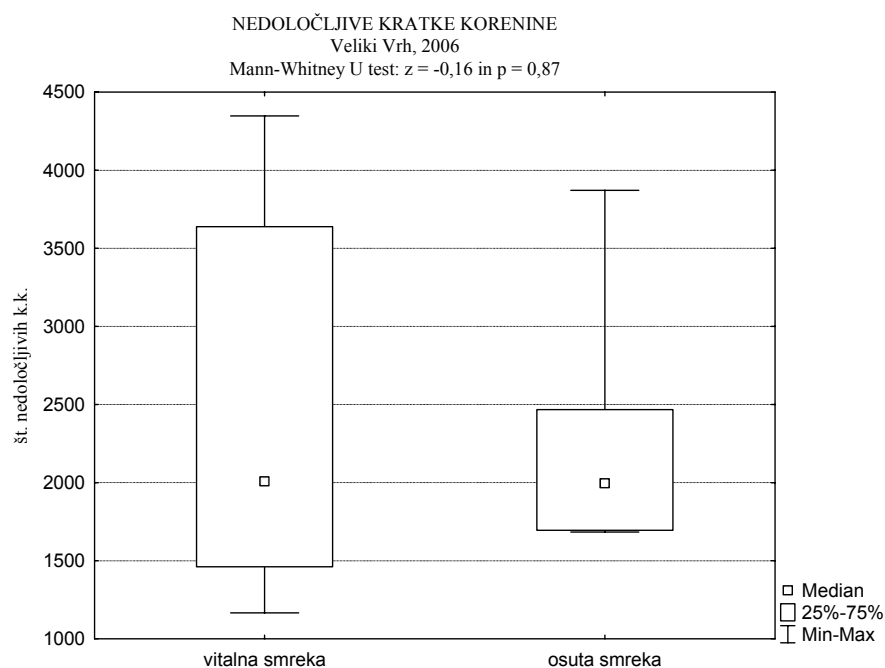
Preglednica 10: Število vitalnih, neturgescenčnih ektomikoriznih, nemikoriznih in vseh kratkih korenin vitalne in osute smreke Velikega Vrha

oznaka	št.	$\bar{x} \pm t_{0,05} * SE$	mediana	minimum	maksimum
vitalne k.k. – vitalna smreka	6	1534,0 ± 813,7	1557	712,0	2677,0
vitalne k.k. – osuta smreka	6	743,0 ± 386,9	659,5	433,0	1419,0
neturgescenčne k.k. – vitalna smreka	6	2450,8 ± 1334,9	2007	1193,000	4352,000
neturgescenčne k.k. – osuta smreka	6	2291,8 ± 867	2017	1684,000	3871,000
nemikorizne k.k. – vitalna smreka	6	30,7 ± 17,4	24,0	18,0	61,0
nemikorizne k.k. – osuta smreka	6	74,2 ± 15,7	70,5	60,0	100,0
vse k.k. – vitalna smreka	6	4015,5 ± 954,5	3899,5	3051,0	5125,0
vse k.k. – osuta smreka	6	3109,0 ± 1075,7	2763,0	2196,0	4737,0

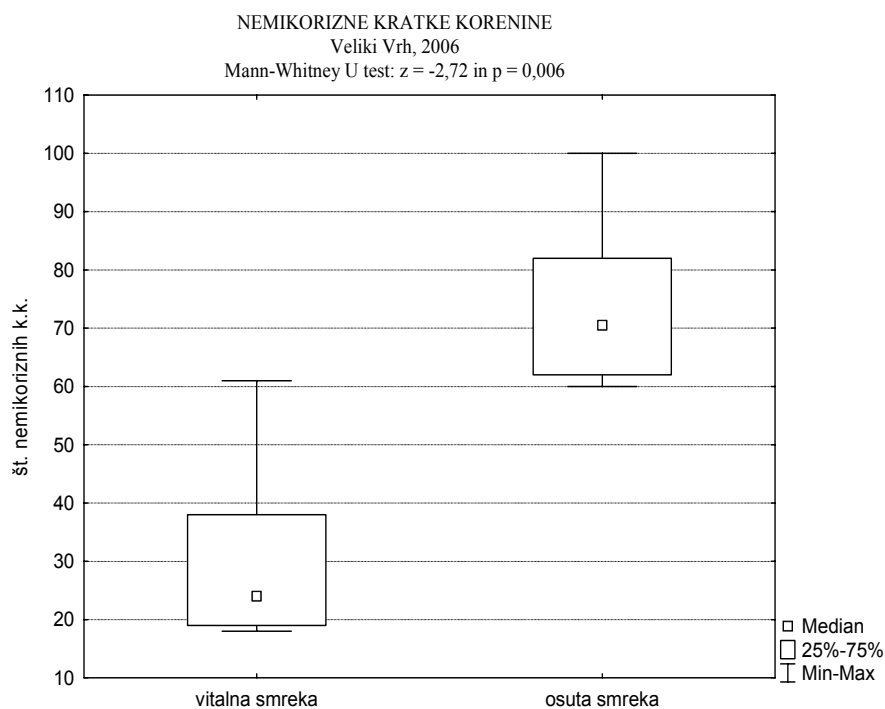
Opomba: $\bar{x} \pm t_{0,05} * SE$ – aritmetična sredina z odklonom zaupanja; med parametri, ki so označeni z rdečo, je statistično značilna razlika



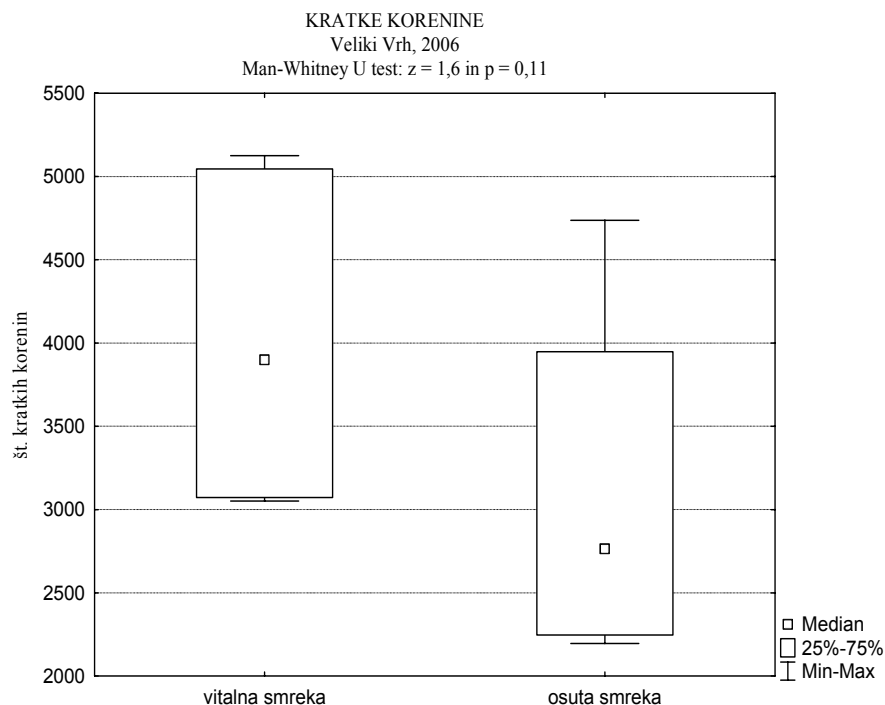
Slika 32: Primerjava števila vitalnih kratkih korenin v talnih vzorcih vitalne in osute smreke Velikega Vrha



Slika 33: Primerjava števila neturgescentnih kratkih korenin v talnih vzorcih vitalne in osute smreke Velikega Vrha



Slika 34: Primerjava števila nemikoriznih kratkih korenin v talnih vzorcih vitalne in osute smreke Velikega Vrha



Slika 35: Primerjava števila vseh kratkih korenin v talnih vzorcih vitalne in osute smreke Velike Vrha

S pomočjo Mann-Whitney U testa smo naredili statistično analizo in ugotovili, da je število nemikoriznih kratkih korenin v talnih vzorcih osute smreke značilno večje kot v talnih vzorcih vitalne smreke ($p = 0,006$).

Mediane oziroma aritmetične sredine ostalih parametrov (vitalnih, neturgescentnih in vseh kratkih korenin) so večje v talnih vzorcih vitalne smreke, vendar so razlike statistično neznačilne. Razlika je še posebej opazna pri vitalnih kratkih koreninah (mediana (vitalna smreka) = 1557 in mediana (osuta smreka) = 659,5), vendar sklepamo, da zaradi velike variabilnosti te razlike nismo uspeli statistično dokazati ($p = 0,08$).

4.4 BIOTSKA PESTROST TIPOV EKTOMIKORIZE V POSAMEZNIH TALNIH VZORCIH

Indekse vrstne diverzitete uporabljamo za merjenje in primerjavo vrstne diverzitete med združbami; uporablja se več načinov izračunavanja indeksov, mi smo uporabili indekse po Atlas in Bartha (1981).

Preglednica 11: Indeksi biodiverzitete tipov ektomikorize v talnih vzorcih raziskovalnih ploskev Veliki Vrh in Ložnica

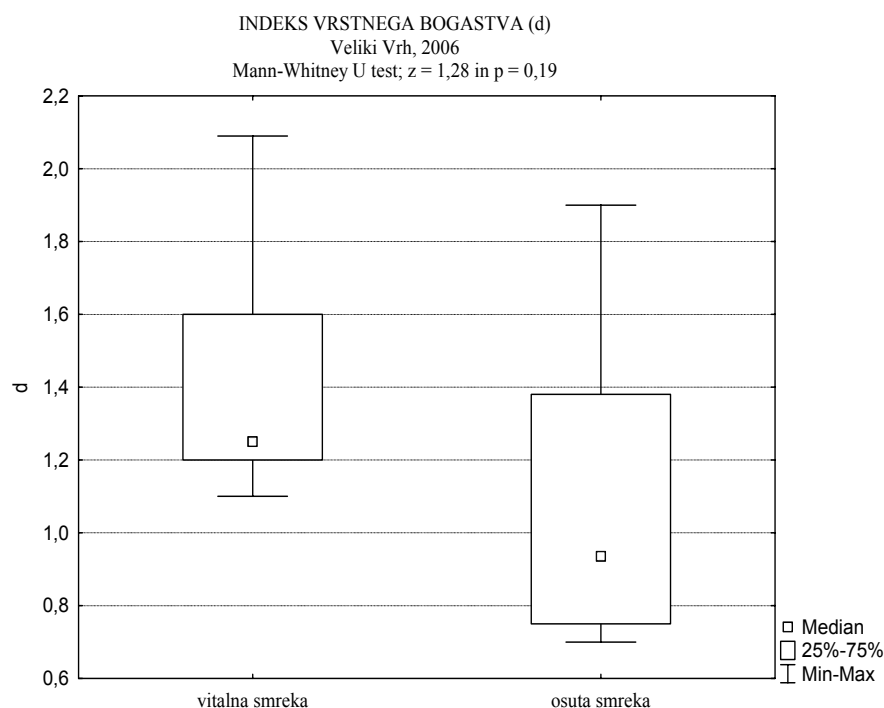
oznaka	d	H	J	e	S	N	% vitalnih ektomik. k.k.	št. vseh k.k.
A1/1	1,6	0,7	0,1	1,0	6	1531	50,2	3051
A1/2	1,2	1,0	0,1	1,4	5	2153	55,2	3903
A1/3	1,2	0,6	0,1	0,8	5	2677	68,7	3896
A2/1	1,3	0,7	0,1	0,9	5	1383	27,4	5045
A2/2	1,1	1,0	0,2	1,6	4	712	13,9	5125
A2/3	2,1	1,1	0,2	1,3	7	748	24,3	3073
$\bar{x} \pm s(\bar{x})$	$1,4 \pm 0,2$	$0,8 \pm 0,1$	$0,1 \pm 0,0$	$1,2 \pm 0,1$	$5,3 \pm 0,4$	$1534,0 \pm 316,5$	$40,3 \pm 8,7$	$4015,5 \pm 371,3$
B1/1	1,4	1,3	0,2	1,9	5	806	17,0	4737
B1/2	1,9	1,0	0,1	1,2	7	1419	35,9	3948
B1/3	0,7	0,8	0,1	1,7	3	801	27,0	2967
B2/1	1,1	1,3	0,2	2,5	4	518	20,2	2559
B2/2	0,8	0,4	0,1	0,9	3	481	21,4	2247
B2/3	0,8	0,9	0,1	1,8	3	433	19,7	2196
$\bar{x} \pm s(\bar{x})$	$1,1 \pm 0,2$	$1,0 \pm 0,1$	$0,2 \pm 0,0$	$1,6 \pm 0,2$	$4,2 \pm 0,7$	$743,0 \pm 150,5$	$23,6 \pm 2,8$	$3109,0 \pm 418,5$
L2/1	2,0	1,5	0,2	1,7	7	1042	29,2	3565
L2/2	1,4	1,1	0,2	1,9	4	120	18,7	641
L2/3	0,4	0,7	0,1	2,3	2	409	35,9	1141
L3/1	0,9	1,0	0,2	2,0	3	188	9,5	1977
L3/3	0,5	0,1	0,0	0,4	2	109	3,3	3260
$\bar{x} \pm s(\bar{x})$	$1,0 \pm 0,3$	$0,9 \pm 0,2$	$0,2 \pm 0,0$	$1,7 \pm 0,3$	$3,6 \pm 0,9$	$373,6 \pm 175,6$	$19,3 \pm 6,0$	$2116,8 \pm 572,5$

Opomba: A – vitalna smreka Velikega Vrh, B – osuta smreka Velikega Vrh, L – vitalna smreka Ložnice; d – indeks vrstne pestrosti, H – Shannon-Weaverjev indeks vrstne pestrosti, J – indeks izenačenosti, e – indeks uravnoteženosti, S – število tipov ektomikorize v vzorcu, N – število vitalnih ektomikoriznih kratkih korenin, $\bar{x} \pm s(\bar{x})$ – aritmetična sredina z vzorčnim standardnim odklonom

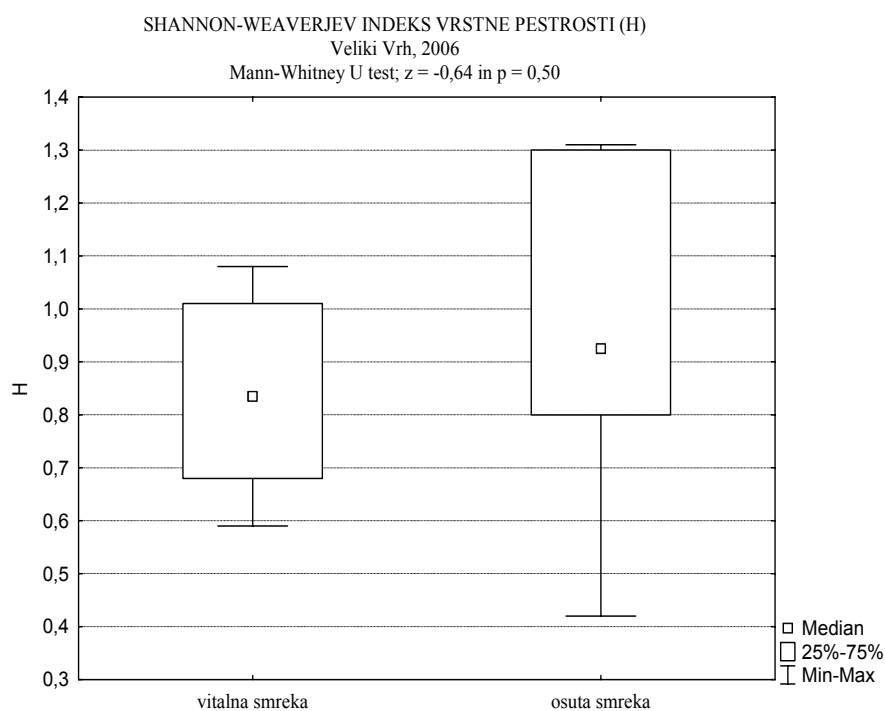
Preglednica 12: Število za indeks vrstne pestrosti (d), Shannon-Weaverjev indeks vrstne pestrosti (H), indeks izenačenosti (J), indeks uravnoveženosti (e) in število tipov ektomikorize v vzorcu vitalne in osute smreke Velikega Vrha

oznaka	št. vzorcev	$\bar{x} \pm t_{0,05} * SE$	mediana	minimum	maksimum
d – vitalna smreka	6	$1,4 \pm 0,4$	1,3	1,1	2,1
d – osuta smreka	6	$1,1 \pm 0,5$	0,9	0,7	1,9
H – vitalna smreka	6	$0,8 \pm 0,2$	0,8	0,6	1,1
H – osuta smreka	6	$1,0 \pm 0,4$	0,9	0,4	1,3
J – vitalna smreka	6	$0,1 \pm 0,0$	0,1	0,1	0,2
J – osuta smreka	6	$0,2 \pm 0,0$	0,1	0,1	0,2
e – vitalna smreka	6	$1,2 \pm 0,3$	1,1	0,8	1,6
e – osuta smreka	6	$1,6 \pm 0,5$	1,7	0,9	2,2
S – vitalna smreka	6	$5,3 \pm 1,1$	5	4,0	7,0
S – osuta smreka	6	$4,2 \pm 1,7$	3,5	3,0	7,0

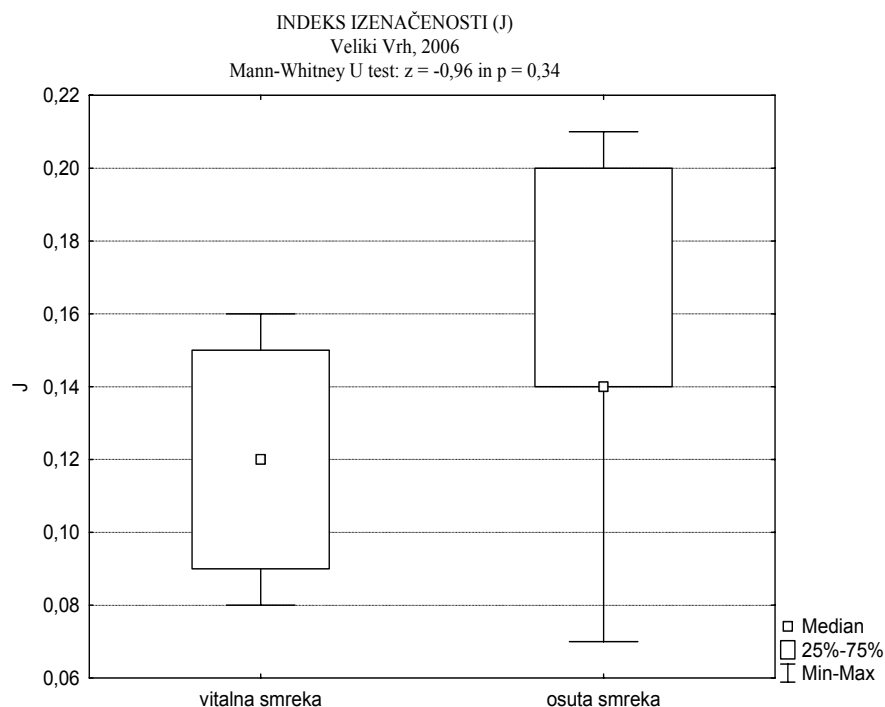
Opomba: d – indeks vrstne pestrosti, H – Shannon-Weaverjev indeks vrstne pestrosti, J – indeks izenačenosti, e – indeks uravnoveženosti, S – število tipov ektomikorize v vzorcu, $\bar{x} \pm t_{0,05} * SE$ – aritmetična sredina z odklonom zaupanja



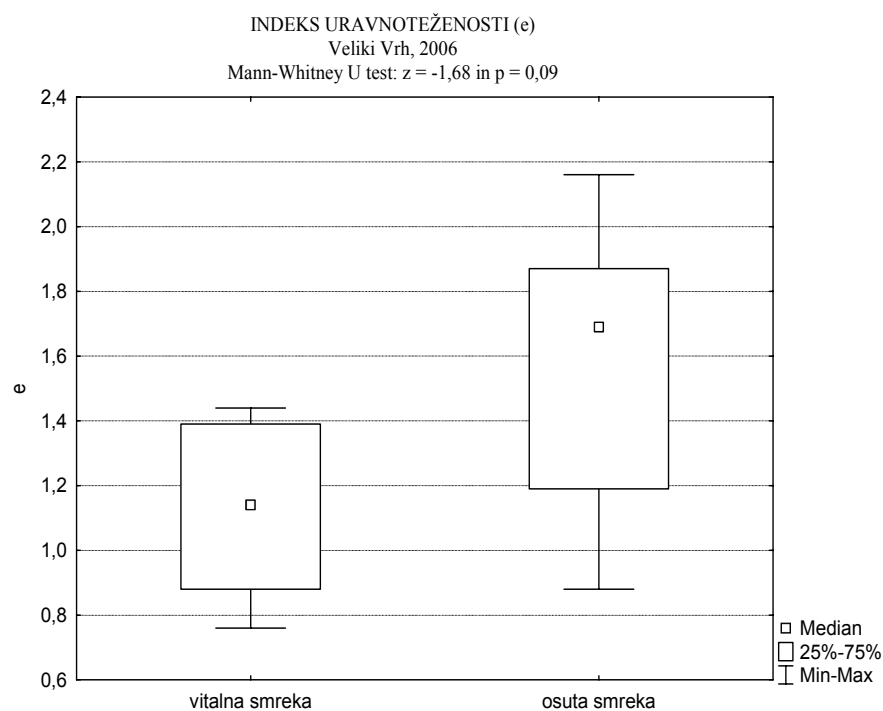
Slika 36: Primerjava indeksa vrstne pestrosti (d) v talnih vzorcih vitalne in osute smreke Velikega Vrha



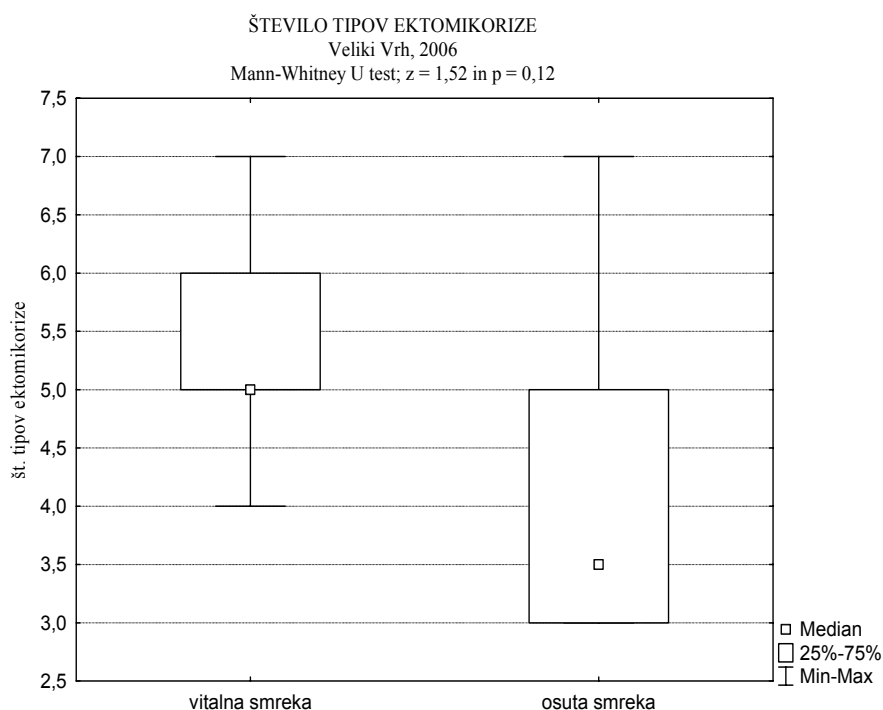
Slika 37: Primerjava Shannon-Weaverjevega indeksa vrstne pestrosti (H) v talnih vzorcih vitalne in osute smreke Velikega Vrha



Slika 38: Primerjava indeksa izenačenosti (J) v talnih vzorcih vitalne in osute smreke Velikega Vrha



Slika 39: Primerjava indeksa uravnoteženosti (e) v talnih vzorcih vitalne in osute smreke Velikega Vrha



Slika 40: Primerjava števila tipov ektomikorize (S) v talnih vzorcih vitalne in osute smreke Velikega Vrha

Indeks vrstnega bogastva (d) za vzorce vitalne smreke Velikega Vrha je $1,4 \pm 0,4$, za vzorce osute smreke Velikega Vrha pa je $1,1 \pm 0,5$. Iz teh podatkov je razvidno, da je indeks vrstnega bogastva pri osutih smrekah nižji kot pri vitalnih smrekah, vendar razlika ni statistično značilna ($p = 0,19$).

Med vsemi indeksi je najbolj uporaben **Shannon-Weaverjev indeks (H)**, ker upošteva relativno pogostost posamezne vrste. Shannon-Weaverjev indeks je za vzorce vitalne smreke Velikega Vrha $0,8 \pm 0,2$, za vzorce osute smreke Velikega Vrha pa je $1,0 \pm 0,4$, razlika ni statistično značilna ($p = 0,52$).

Indeks izenačenosti (J) je za vzorce vitalne smreke Velikega Vrha $0,1 \pm 0,0$ ter za vzorce osute smreke Velikega Vrha $0,2 \pm 0,1$. Ti podatki kažejo, da razlika med indeksoma ni statistično značilna ($p = 0,34$).

Indeks uravnoteženosti (e) za vzorce vitalne smreke Velikega Vrha je $1,2 \pm 0,3$ ter za vzorce osute smreke Velikega Vrha $1,6 \pm 0,5$; razlika med indeksoma ni statistično značilna ($p = 0,09$). Indeks uravnoteženosti je večji za vzorce osute smreke Velikega Vrha.

V talnih vzorcih ob vitalni smreki ($5,3 \pm 1,1$, minimum = 4, maksimum = 7) smo identificirali več **tipov ektomikorize (S)** kot v talnih vzorcih ob osuti smreki ($4,2 \pm 1,7$, minimum = 3, maksimum = 7), razlika ni statistično značilna ($p = 0,12$).

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

5.1.1 Pregled in opisi tipov ektomikorize

V raziskavi smo v 18 talnih vzorcih Velikega Vrh in Ložnice identificirali 26 tipov ektomikorize, od tega je 12 tipov še neopisanih. Osuti in vitalni smreki z gozdne raziskovalne ploskve Veliki Vrh, v imisijskem območju TEŠ, je skupnih devet tipov ektomikorize. Samo ob vitalni smreki se pojavlja pet tipov (*Lactarius* sp. 1, *Lactarius* sp. 2, *Tylospora fibrillosa* (Burt) Donk + *Picea abies* (L.) Karst., SLO 945-OB145, SLO 947-OB147), samo ob osuti pa trije tipi ektomikorize (***Lactarius camphoratus* (Bull.: Fr.) Fr. + *Picea abies* (L.) Karst., SLO 948-OB148, SLO 949-OB149**). Morda so med naštetimi tipi ektomikorize tudi **potencialni kazalniki onesnaženih območij**.

Za primerjavo pa smo analizirali tudi tipe ektomikorize na dveh ploskvah, ki se razlikujeta samo po onesnaženosti (Veliki Vrh – onesnažena ploskev, Ložnica – neonesnažena ploskev). Smrekam z gozdne raziskovalne ploskve Veliki Vrh in Ložnica sta skupna dva tipa ektomikorize (*Cenococcum geophilum* Fr. + *Picea abies* (L.) Karst. in ~ *Piceirhiza nigra*). Samo ob vitalni smreki z gozdne raziskovalne ploskve Veliki Vrh se pojavlja 12 tipov ektomikorize, samo ob smreki z gozdne raziskovalne ploskve Ložnica pa 9 tipov.

V raziskavi so H. Kraigher in sod. (1996) vzorčili ob smrekah na dveh primerljivih ploskvah Zavodnje in Mislinja, ki sta različno onesnaženi. Za tolerantni tip ektomikorize so določili *Paxillus involutus*, za občutljivi tip pa *Hydnum rufescens*; oba omenjena tipa ektomikorize v naših vzorcih nismo identificirali.

V raziskavah ob osuti smreki na Hudobrežnikovem vrhu se je pojavljal tip ***Fagirhiza oleifera* + *Fagus sylvatica* L.** S. Al Sayegh Petkovšek (2005b) ga je povezala s stresnimi razmerami. V naši raziskavi se je omenjeni tip ektomikorize pojavljal le na onesnaženem območju Veliki Vrh (ob vitalni in ob osuti smreki), tako da ga lahko tudi mi povežemo s **stresnimi razmerami**.

Poleg pogostih tipov ektomikorize so nas zanimali tudi tipi ektomikorize, ki se pojavljajo dominantno v talnih vzorcih. Dominanten organizem je tisti, katerega delež je več kot 10 % (Tarman, 1992).

Ob vitalni smreki Ložnice so dominantni tipi *Cenococcum geophilum* Fr. + *Picea abies* (L.) Karst., ***Elaphomyces granulatus* Fr. + *Picea abies* (L.) Karst., *Lactarius* sp. 3, SLO 953-OB153 in SLO 952-OB152**. Razen *Cenococcum geophilum* Fr. + *Picea abies* (L.) Karst., ki je splošno razširjen, se ostali dominantni tipi pojavljajo **izključno na neonesnaženi ploskvi**.

Ob vitalni smreki Velikega Vrha sta dominantna *Cenococcum geophilum* Fr. + *Picea abies* (L.) Karst. (je splošno razširjen) in ***Elaphomyces* sp.**, ki pa se pojavlja v vseh vzorcih tako ob vitalni kot ob osuti smreki Velikega Vrha, torej je značilno dominanten za Veliki Vrh in lahko sklepamo, da je tip ektomikorize, ki je značilen za proučevan sestoj (poškodovane smreke) na Velikem Vrh in ima morda **bioindikatorski značaj**.

Ob osuti smreki Velikega Vrha pa so *Cenococcum geophilum* Fr. + *Picea abies* (L.) Karst., *Elaphomyces* sp., *Lactarius camphoratus* (Bull.: Fr.) Fr. + *Picea abies* (L.) Karst. in *Russula ochroleuca* (Hall.) Pers. + *Picea abies* (L.) Karst. dominantni tipi. Le ***Lactarius camphoratus* (Bull.: Fr.) Fr. + *Picea abies* (L.) Karst.** se pojavlja izključno ob osuti smreki onesnažene ploskve, vendar le v enem vzorcu. Tudi v raziskavi S. Al Sayegh Petkovšek (še neobjavljeni podatki), ki je bila opravljena ob istih osutih smrekah na Velikem Vrh, se je *Lactarius camphoratus* (Bull.: Fr.) Fr. + *Fagus sylvatica* L. pojavljal ob osuti smreki. V splošnem pa je omenjeni tip ektomikorize pogost, čeprav ni dominanten tip, ki se pojavlja v talnih vzorcih ob bukvah v mešanih sestojih (Al Sayegh Petkovšek, 2004).

5.1.2 Popis trosnjakov višjih gliv

Za dobro polovico identificiranih tipov ektomikrize (14) poznamo glivnega partnerja vsaj do rodu in od teh jih slaba polovica sodi v skupino hipogejih (podzemnih) gliv in skupino gliv, ki tvori težje opazne trosnjake. Ta velik delež gliv, katerih trosnjake težko popišemo, poudarja pomen mikoriznih raziskav. Slednje je v raziskavi ugotovil tudi T. Grebenc (2005). Kljub velikemu številu najdenih vrst ektomikorize je bil delež ujemanja vrst trosnjakov in identificiranih tipov ektomikorize relativno nizek, kar se je pokazalo tudi pri naših raziskavah. Dodatno smo potrdili, da je nujno raziskati talne ektomikorizne združbe, ki nam podajajo realnejšo sliko. Od 14 tipov ektomikorize, ki smo jih določili, smo našli le eno vrsto trosnjakov, in sicer *Lactarius subdulcis* (14) v Ložnici, ki jim ustrezajo.

Kratkoživost trosnjakov večine vrst ektomikoriznih gliv in neredno pojavljanje v daljših časovnih obdobjih zahteva daljše spremljanje njihovega pojavljanja. Poleg tega pa številni podatki iz literature kažejo, da pojavljanje trosnjakov ne ustreza pojavljanju tipov ektomikorize na opazovanem območju (Shaw in sod., 1992; Kraigher in sod., 1996; Kraigher, 1997; Jonsson in sod., 1999). Predvsem zaradi nerednega pojavljanja trosnjakov moramo v zmernem pasu vzorčiti na ploskvi vsaj tri do osem let, da dobimo zadovoljivo predstav o populacijski strukturi ektomikoriznih gliv, saj mnoge vrste tvorijo trosnjake zelo redko, lahko tudi manj kot vsakih dvajset let (Grebenc, 2005).

5.1.3 Primerjava mikorizacije in razvitosti koreninskega sistema vitalnih in osutih smrek

Parametri, ki opisujejo velikost koreninskega sistema, so večji pri vitalni smreki, vendar razlike niso statistično značilne. Statistično značilno razliko smo dokazali le za število nemikoriznih kratkih korenin.

Naši rezultati se do neke mere ujemajo z ugotovitvami R. Fellnerja in V. Peškove (1995), ki sta proučevala različne sestoje (sestoji bukve, hrasta in smreke) v čeških gozdovih in dokazala povezavo med deležem vitalnih kratkih korenin in deležem močno poškodovanih dreves, vendar z dvema omejitvama. Povezava se je pokazala le, če je bila osutost krošenj vsaj 60-odstotna in če je bilo v talnih vzorcih, ki so jih primerjali, število mikoriznih kratkih korenin podobno.

V prejšnjih raziskavah je bilo dokazano, da so v stresnih razmerah vsi indeksi manjši, iz česar sklepamo, da so populacije slabše prilagojene na stresne razmere (Kraigher, 1999; Kovasc in sod., 2000; Erland in Taylor, 2002; Al Sayegh Petkovšek, 2004; Kraigher in sod., 2007).

Al Sayegh Petkovšek (2004) je določala indekse vrstne pestrosti v talnih vzorcih ob bukvah na onesnaženem območju (osutost bukve 40,7 %, osutost smreke 73 %) in raziskava je pokazala, da je indeks vrstnega bogastva ($3,1 \pm 0,2$) veliko večji kot v naši raziskavi (vitalna smreka Velikega Vrha: $d = 1,4 \pm 0,4$; osuta smreka Velikega Vrha: $d = 1,1 \pm 0,5$). V raziskavi H. Kraigher in sod. (2007), ki je bila narejena na onesnaženem območju Zavodnje ob smrekah, pa je indeks vrstnega bogastva skoraj enak (1,7).

Analiza biotske pestrosti S. Al Sayegh Petkovšek (2004) v talnih vzorcih ob bukvah je pokazala, da med povprečnimi vrednostmi posameznih indeksov za onesnaženo oziroma neonesnaženo območje ni statistično značilnih razlik. Tudi vrednost Shannon-Weaverjevega indeksa ($1,8 \pm 0,1$) je bila večja v raziskavi S. Al Sayegh Petkovšek (2004) in prav tako ($2,4$) v raziskavi H. Kraigher in sod. (2007), ki je bila narejena na onesnaženem območju Zavodnje ob smrekah. Vrednost našega indeksa je bila za vzorce vitalne smreke Velikega Vrha $0,8 \pm 0,2$, za vzorce osute smreke Velikega Vrha pa $1,0 \pm 0,4$.

V primerjavi z indeksom izenačenosti ($0,7 \pm 0,1$), dobljenim v raziskavi S. Al Sayegh Petkovšek (2004) ob bukvah in H. Kraigher in sod. (2007) ob smrekah ($0,5$), je vrednost našega indeksa majhna (vitalna smreka Velikega Vrha: $J = 0,1 \pm 0,0$; osuta smreka Velikega Vrha: $J = 0,2 \pm 0,1$), kar pa nakazuje prisotnost dominantnih tipov ektomikorize.

V raziskavi S. Al Sayegh Petkovšek (2004) ob bukvah je število tipov ektomikorize večje ($10,0 \pm 0,5$) kot v naši raziskavi (vitalna smreka Velikega Vrha: $S = 5,3 \pm 1,1$; osuta smreka Velikega Vrha: $S = 4,2 \pm 1,7$).

Izhodna hipoteza tega diplomskega dela je bila, da je pri vitalnih drevesih raznolikost tipov ektomikorize večja kot pri osutih drevesih. Ugotavljamo, da lahko hipotezo skoraj v celoti sprejmemo, saj sta število tipov ektomikorize in indeks vrstne pestrosti večja v vzorcih vitalne kot v vzorcih osute smreke, vendar nista statistično značilna. Ugotavljamo tudi, da so indeksi raznolikosti v talnih vzorcih smrek nižji kot indeksi, izmerjeni v talnih vzorcih ob bukvah.

5.2 SKLEPI

a) Pregledali smo **56.646 kratkih korenin**. Identificirali smo 26 različnih tipov ektomikorize, od tega 14 do rodu ali vrste:

- *Cenococcum geophilum* Fr. + *Picea abies* (L.) Karst.
- *Cortinarius* sp.
- *Elaphomyces* sp.
- *Elaphomyces granulatus* Fr. + *Picea abies* (L.) Karst.
- ~ *Fagirhiza globulifera*
- ~ *Fagirhiza oleifera*
- *Lactarius camphoratus* (Bull.: Fr.) Fr. + *Picea abies* (L.) Karst.
- ~ *Lactarius subdulcis* (Pers.: Fr.) Gray + *Fagus sylvatica* L.
- *Lactarius* sp. 1
- *Lactarius* sp. 2
- *Lactarius* sp. 3
- ~ *Piceirhiza nigra*
- *Russula ochroleuca* (Hall.) Pers. + *Picea abies* (L.) Karst.
- *Tylospora fibrillosa* (Burt) Donk + *Picea abies* (L.) Karst.;

za preostalih 12 pa nismo našli ustreznega opisa.

b) Za tipa ektomikorize ***Elaphomyce* sp.** in ~ ***Fagirhiza oleifera*** sklepamo, da sta **potencialna pokazatelja onesnaženega območja oziroma stresnih razmer.**

c) Indeksi biodiverzitete tipov ektomikorize v talnih vzorcih ob osutih in vitalnih smrekah so v splošnem nizki, kar je bilo pričakovano. Shannon-Weaverjevi indeksi (H), dobljeni v naši raziskavi, so nižji od indeksov, določenih v talnih vzorcih ob smrekah (Kraigher in sod., 2006) in bukvah (Al Sayegh Petkovšek, 2004).

- d) Hipotezo (v **talnih vzorcih vitalnih smrek je večji delež vitalnih in vseh kratkih korenin, manjši delež nemikoriznih kratkih korenin ter da je raznolikost tipov ektomikorize večja**) smo deloma sprejeli. Ugotavljamo torej, da so mikorizacija in število tipov ektomikorize ter posledično indeks vrstnega bogastva (d) večji v talnih vzorcih vitalnih smrek.
- e) Od 14 tipov ektomikorize, ki smo jih določili, smo popisali le trosnjake vrste ***Lactarius subdulcis*** (14) v Ložnici.

6 POVZETEK

Ektomikoriza je definirana kot mutualistična simbioza kratkih korenin lesnih rastlin in gliv, ki se je razvila predvsem kot prilagoditev na ekosisteme, kjer je malo razpoložljivih hranil. Označuje jo prisotnost treh struktur: glivni plašč, Hartigova mreža (mesto izmenjave med glivo in rastlino) in ekstramatrikalni micelij (hife in rizomorfi, s katerimi sprejemajo hranila in vodo). Mikoriza je pomemben dejavnik pri zmanjševanju stresa, vendar močno onesnaženje povzroči upad deleža mikoriznih kratkih korenin pri drevesih, zmanjšuje vrstno pestrost, povečuje dominantnost posameznih tipov ektomikorize, hkrati pa se pojavljajo nove, tolerantnejše vrste, ki nadomeščajo občutljivejše.

Izvedli smo primerjavo ektomikoriznih talnih združb ob dveh vitalnih in dveh osutih smrekah na gozdni raziskovalni ploskvi Veliki Vrh. Za primerljivo ploskev Ložnica (neonesnaženo območje) smo upoštevali le pojavljanje tipov ektomikorize pri dveh vitalnih smrekah. Analizirali smo število vitalnih, neturgescenčnih, nemikoriznih in vseh kratkih korenin, identificirali in opisali tipe ektomikorize ter izračunali njihovo raznolikost v analiziranih talnih vzorcih. Uporabili smo metodo mikobioindikacije (Kraigher, 1994, 1997; Kraigher in sod., 1996), ki predvideva analizo tipov ektomikorize v standardnem volumnu tal. Sočasno z analizami tipov ektomikorize smo opravili tudi popis trosnjakov višjih gliv, ki je dopolnilna metoda za opisovanje ektomikoriznih združb.

V dvanajstih talnih vzorcih Velikega Vrha (onesnažena ploskev) in šestih Ložnice (neonesnažena ploskev) smo pregledali 56.646 kratkih korenin. Identificirali smo 26 različnih tipov ektomikorize, od tega smo jih 14 pripisali že opisanim do rodu ali vrste, za preostalih 12 pa nismo našli ustreznega opisa. V nalogi predstavljamo kratke opise.

Elaphomyces sp. in ~ *Fagrhiza oleifera* smo identificirali v talnih vzorcih ob vitalni in osuti smreki na onesnaženem območju Velikega Vrha, tako da sklepamo, da predstavljata tolerantna tipa ektomikorize. Za oba omenjena tipa ektomikorize menimo, da sta potencialna kazalnika onesnaženega območja oziroma stresnih razmer. Izključno ob osuti smreki onesnažene ploskve Velikega Vrha pa se pojavlja *Lactarius camphoratus* (Bull.: Fr.) Fr. + *Picea abies* (L.) Karst., vendar ne v dominantnih deležih.

Hipotezo, ki se je glasila, da je v talnih vzorcih vitalnih smrek večji delež vitalnih in vseh kratkih korenin, manjši delež nemikoriznih kratkih korenin ter da je raznolikost tipov ektomikorize večja, smo deloma sprejeli. Število nemikoriznih kratkih korenin je statistično značilno manjše ob vitalni smreki. Ostali parametri (število vitalnih, neturgescentnih in vseh kratkih korenin, indeks vrstnega bogastva (d) in število tipov ektomikorize (S)) so večji oziroma manjši (Shannon-Weaverjev indeks vrstne pestrosti (H), indeks izenačenosti (J) in indeks uravnoteženosti (e)) pri vitalni smreki, vendar niso statistično značilni.

7 VIRI

- Agerer R. 2006. Fungal relationships and structural identity of their ectomycorrhizae. *Mycological Progress*, 5: 67-107
- Al Sayegh Petkovšek S. 1996. Vpliv onesnaževanja in nekaterih rastiščnih dejavnikov na mikorizne sadike smreke. Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 107str.
- Al Sayegh Petkovšek S. 2004. Raznovrstnost tipov ektomikorize v bukovih sestojih različno onesnaženih gozdnih ploskev. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 75: 5-19
- Al Sayegh Petkovšek S. 2005. Vrstna sestava ektomikoriznih talnih združb bukovih sestojev različno onesnaženih gozdnih ploskev. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 76: 5-38
- Al Sayegh Petkovšek S., Batič F., Ribarič Lasnik C. 2006. Biomonitoring gozdnega ekosistema v imisijskem območju TEŠ. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 80: 55-63
- Al Sayegh Petkovšek S., Bienelli Kalpič A., Poličnih H., Pokorny B. 2008. Biomonitoring gozdnega ekosistema po zmanjšanju emisij iz TEŠ. Poročilo DP 2/02/08. Velenje, ERICO Velenje: 122 str.
- Al Sayegh Petkovšek S., Pokorny B. 2006. Glive kot odzivni in akumulacijski bioindikatorji onesnaženosti gozdnih rastišč v Šaleški dolini. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 81: 61-71
- An information system for Characterization and Determination of Ectomycorrhizae. 2004. Agerer R., Rambold G. (eds.). München, Ludwig-Maximilians-Universität München, Department of Biologie I – Systematische Mykologie
<http://www.deemy.de> (avgust 2008): 8 str.

- Arnolds E. 1991. Decline of ectomycorrhizal fungi in Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 35, 2/3: 209-244
- Arnolds E. 1987. Decrease of ectomycorrhizal fungi in the Netherlands in relation to air pollution. V: *Ecology of mycorrhizae and mycorrhizae-forming fungi. Proceeding of the Congress, 1987, Spindleruv Mlyn (CSSR), Prague*. Fellner R. (ed.). Prague, Biological Station Wijster Botany: 1-5
- Arnolds E. 1988. The changing macromycete flora of the Netherlands. *Transactions of the British Mycological Society*, 90: 391-406
- Arzenšek B., Tratnik B., Malovrh B. 2002. *Naše gobe*. Ljubljana, Založba Modrijan: 363 str.
- Atlas R., Bartha R. 1981. *Introduction to mycology*. Reading, Addison-Wesley Publishing Company: 242-244
- Brand F. 1991. Ektomykorrhizen an *Fagus sylvatica*: Charakterisierung und Identifizierung, ökologische Kennzeichnung und unsterile Kultivierung. *Libri Botanici*. Band 2. Eching, IHW-Verlag: 229 str.
- Brunner I. 2001. Ectomycorrhizas: their role in forest ecosystems under the impact of acidifying pollutants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 4, 1: 13-27
- Colour atlas of ectomycorrhizae. 1987-2002. Agerer R. (ed.). 1st-12th part. Schwäbisch Gmünd, Einhorn-Verlag: loč.pag.
- Courtecuisse R. 1999. *Mushrooms of Britain & Europe*. London, Harper Collins: 904 str.

- Cudlin P., Kieliszewska-Rokicka B., Rudawska M., Grebenc T., Alberton O., Lehto T., Bakker M. R., Børja I., Konôpka B., Leski T., Kraigher H., Kuyper T. W. 2007. Fine roots and ectomycorrhizas as indicators of environmental change. *Plant Biosystems*, 141, 3: 406-425
- Curl E. A., Truelove B. 1986. *The rhizosphere*. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, Springer-Verlag: 288 str.
- Descriptions of ectomycorrhizae. 1996-2002. Agerer R., Danielson R. M., Egli S., Ingleby K., Luoma D., Treu R. (eds.). Deutschland, Schwäbisch Gmünd (Einhorn): ilustr.
- Egger K. N. 1995. Molecular analysis of ectomycorrhizal fungal communities. *Canadian Journal of Botany*, 73: 1415-1422
- Erland S., Taylor A. F. S. 2002. Diversity of ectomycorrhizal fungal communities in relation to the abiotic environment. V: *The ecology of ectomycorrhizas*. Van Der Heijden M., Sanders T. (eds.). Berlin, Springer-Verlag: 163-193 (Ecological Studies Series, vol. 157)
- Fellner R. 1993. Air pollution and mycorrhizal fungi in central Europe. V: *Fungi of Europe: investigation, recording and conservation*. Pegler D. N., Boddy L., Ing B., Kirk P. M. (eds.). Kew, Royal Botanic Gardens: 239-250
- Fellner R., Peškova V. 1995. Effects of industrial pollutants on ectomycorrhizal relationship in temperate forest. *Canadian Journal of Botany*, 73, Suppl. 1: S1310-S1315
- Frank AB. 1885. Über die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Bäume durch unterirdische Pilze. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft*, 3: 128-145. Cit. po: Kraigher H. 1996. Tipi ektomikorize – taksonomija, pomen, aplikacije. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 49: 33-66

Fungi of Switzerland: a contribution to the knowledge of the fungal flora of Switzerland.

Vol. 3: *Boletes* and *agarics*. Part 1: *Strobilomycetaceae* and *Boletaceae*. *Paxillaceae*. *Gomphidiaceae*. *Hygrophoraceae*. *Tricholomataceae*. *Polyporaceae* (lamellate): 528 species described, principally from central Switzerland, with drawings of microscopic features and color photographs. 1991. Breitenbach J., Kränzlin F. (eds.). Lucerne, Mykologia: 361 str.

Fungi of Switzerland: a contribution to the knowledge of the fungal flora of Switzerland.

Vol. 5: *Agarics*. Part 3: *Cortinariaceae*. 2000. Breitenbach J., Kränzlin F. (eds.). Lucerne, Mykologia: 338 str.

Garbaye J. 1991. Biological interactions in the mycorrhizosphere. *Experientia*, 47, 4: 370-376

Grebenc T. 2005. Tipi ektomikorize na bukvi (*Fagus sylvatica* L.) v naravnem in gospodarskem gozdu. Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Interdisciplinarni podiplomski študij biotehnologije: 174 str.

Gronbach E. 1988. Charakterisierung und Identifizierung von Ektomykorrhizen in einem Fichtenbestand mit Untersuchungen zur Merkmalsvariabilität in saurer berechneten Flächen. *Bibliotheca Mycologica*, 125: 216 str.

ICP Forests manual: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. 1998. 4th ed. Hamburg, Federal Research Centre for Forestry and Forest Products: loč.pag.

Johansson J. F. 2002. Belowground ectomycorrhizal community structure along a local nutrient gradient in boreal forest in Northern Sweden. Msc Thesis. Uppsala, Swedish University of Agriculture Sciences, Department of Forest Mycology and Pathology: 127 str.

- Jonsson T., Kokalj S., Finlay R. D., Erland S. 1999. Ectomycorrhizal community structure in a limed spruce forest. *Mycological Research*, 103: 501-508
- Jurc D., Piltaver A., Ogris N. 2005. Glive Slovenije : vrste in razširjenost. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, *Silva Slovenica*: 497 str.
- Korotaev A. A. 1993. Untersuchungen der feinwurzelsysteme und Mykorrhiza der durch Luftverunreinigungen geschädigten Fichten. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 112: 111-115
- Koske, R.E., Gemma, J.N. 1992. Fungal reactions to plants prior to mycorrhizal formation. V: *Mycorrhizal functioning: An integrative plant – fungal process*. Allen M. F. (ed.). New York, Chapman & Hall: 3-36
- Košmelj K. 2007. Uporabna statistika. 2. dopolnjena izd. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 239 str.
- Kottke I., Oberwinkler F. 1986. Mycorrhiza of forest trees structure and function. *Trees*, 1: 1-24
- Kraigher H. 1991. Mineralna prehrana mikoriznih smrek na Pohorju. Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 126 str.
- Kraigher H. 1994. Cytokinins and types of ectomycorrhizae on Norway spruce seedlings as indicators of forest site pollution. Doctoral dissertation. Ljubljana, Biotechnical Faculty, Agronomy Department: 156 str.
- Kraigher H., Agerer R., Javornik B. 1995. Ectomycorrhizae of *Lactarius lignyotus* on Norway spruce, characterized by anatomical and molecular tools. *Mycorrhiza*, 5: 175-180

- Kraigher H. 1996. Tipi ektomikorize – taksonomija, pomen, aplikacije. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 49: 33-66
- Kraigher H. 1997. Mikobioindikacija onesnaženosti dveh gozdnih rastišč. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 52: 279-322
- Kraigher H. 1999. Diversity of ectomycorrhizae on Norway Spruce in Slovenia. Phytton : Annales Rei Botanicae, 39: 199-202
- Kraigher H., Al Sayegh Petkovšek S., Grebenc T., Simončič P. 2007. Types of ectomycorrhizae as pollution stress indicators: Case studies in Slovenia. Environmental Monitoring and Assessment, 128: 31-45
- Kraigher H., Batič F., Agerer R. 1996. Types of ectomycorrhizal and mycobioindication of forest site pollution. Phytton: Annales Rei Botanicae, 36, 3: 115-120
- Kugonič N., Stropnik M. 2001. Vsebnosti težkih kovin v tleh in rastlinah na kmetijskih površinah v Šaleški dolini. Letno poročilo DP-24/02/01. Velenje, ERICo Velenje: 183 str.
- Last F. T., Dighton J., Mason P. A. 1987. Successions of sheathing mycorrhizal fungi. Trends in Ecology & Evolution, 2, 6: 157-161
- Marinček L., Zupančič M. 1979. Donos k problematiki acidofilnih bukovih gozdov v Sloveniji (*Querco-Luzulo-Fagetum* ass. nova). Zagreb, Savez društva ekologa Jugoslavije: 715 - 730
- Matočec N., Antonić O., Mrvoš D., Piltaver A., Hatić D., Bukovec D. 2000. An estimate of fir forest health based on mycobioindication: the Križ stream catchment area, Gorski Kotar, Croatia, a case study. Natura Croatica, 9, 1: 15-33

- Mejstrik V. 1989. Ectomycorrhizae and forest decline. Agriculture, Ecosystems and Environment, 28: 325-337
- Meyer F. H. 1989. Symbiosen: Mycorrhiza. Progress in Botany, 51: 375-390
- MOP-GURS. 2007. Šaleška dolina. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor RS, Geodetska uprava Republike Slovenije.
<http://www.realis.si> (avgust 2007): 1 str.
- Moser M. 1978. Die Rohrlinge und Blatterpilze. Stuttgart, Gustav Fisher Verlag: 532 str.
- Okolje. 1985. Sluga M. (ed.). 2. pop. izd. Ljubljana, Cankarjeva založba: 279 str.
- Phillips R. 1988. Mushrooms and other fungi of Great Britain and Europe. London, Basingstone, Oxford, Pan Books Ltd, Macmillan Publisher Ltd: 287 str.
- Plassard C., Lambilliotte R., Taty M. – V., Corratgé C., Zimmermann S., Sentenac H. 2004. Large scale identification of genes in the fungus *Hebeloma cylindrosporum* paves the way to molecular analyses of solute exchanges in ectomycorrhizal symbiosis. Povzetek predavanja, European Forest Genomics Network. (avgust 2004) www.genosilva.org/(12.11.2004), 2 str.
- Pokorny B. 2003. Notranji organi in rogovje srnjadi (*Capreolus capreolus* L.) kot bioindikatorji onesnaženosti okolja z ioni težkih kovin. Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 193 str.
- Read D. J. 1991. Mycorrhizas in ecosystems. Experientia, 47, 4: 376-390
- Ritter T., Kottke I., Oberwinkler F. 1986. Nachweis der Vitalität von Mykorrhizen durch FDA-Vitalfluorochromierung. Biologie in unserer Zeit, 16, 6: 179-185

- Rotnik U. 2007. Poročilo o proizvodnji, vzdrževanju in ekoloških obremenitvah okolja TE Šoštanj v letu 2006. Šoštanj, Termoelektrarna Šoštanj: 147 str.
- Shaw P. J. A., Dighton J., Poskitt J., McLeod A. R. 1992. The effect of sulphur dioxide and ozone on the mycorrhizas of Scots pine and Norway spruce in a field fumigation system. *Mycological Research*, 96: 785-791
- Simard S. W., Perry D. A., Jones M. D., Myrold D. D., Durall D. M., Molina R. 1997. Net transfer of carbon between tree species with shared ectomycorrhizal fungi. *Nature*, 388: 579-582
- Smith S., Read D. J. 2008. *Mycorrhizal symbiosis*. 3rd ed. San Diego, Academic Press: 787 str.
- Stropnik Z., Tratnik B., Seljak G. 1988. Naše gobje bogastvo. Ljubljana, Mladinska knjiga: 609 str.
- Svetina M. 1999. Geokemična študija vnosa kadmija v tla v Šaleški dolini. Doktorska disertacija. Ljubljana, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo: 164 str.
- Tarman K. 1992. Osnove ekologije in ekologija živali. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 546 str.
- Taylor A. 1995. Ectomycorrhizal response to environmental perturbation. V: *Proceedings of the International Colloquium on Bioindication of Forest Site Pollution: Development of Methodology and Training (BIOFOSP)*. Avgust 22-31, 1995, Ljubljana, Slovenia. Kraigher H., Batič F., Hanke D. E., Agerer R., Grill D. (eds.). Ljubljana, Slovenian Forestry Institute, Biotechnical Faculty, Agronomy Department: 173-179

Treu R. 1990. Charakterisierung und Identifizierung von Ektomykorrhizen aus dem Nationalpark Berchtesgaden. Berlin-Stuttgart, J. Cramer: 196 str.
(Bibliotheca Mycologica, Band 134)

Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh. 1996.
Uradni list Republike Slovenije, 6, 68: 5773

Vilhar U. 2001. Pestrost tipov ektomikorize na naravnem mladju smreke na Pokljuki.
Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 73 str.

Vrščaj D. 1990. Glive: od Triglava do Jadrana. Ljubljana, Kmečki glas: 415 str.

Vuković N. 2003. Bioindikacija stresa na različnih gozdnih rastiščih z izpostavljanjem enoletnih sadik smreke. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 56 str.

Weiss M. 1988. Ektomykorrhizen von *Picea abies* Synthese, Ontogenie und Reaktion auf Umwelttschhadstpfte. Dissertation. München, Ludwig-Maximilians-Universität München, Fakultät für Biologie: 141 str.

Wöllmer H., Kottke I. 1990. Fine root studies in situ and in the laboratory. Environmental Pollution, 68, 3-4: 383-390

ZAHVALA

Mentorici prof. dr. Nini Gunde Cimerman in somentorici prof. dr. Hojki Kraigher hvala za vse napotke in popravke s katerimi se je to delo izboljšalo, recenzentki prof. dr. Marjani Regvar za hiter popravek dela in prilagodljivost.

Posebna zahvala gre delovni mentorici dr. Samar Al Sayegh Petkovšek, ter ERICo Velenje, Inštitut za ekološke raziskave d.o.o., ki so mi omogočili, da je to delo sploh nastalo. Samar hvala za vso požrtvovalnost in nasvete, ter novo znanje, ki ste mi ga posredovali.

Hvala tudi Danilu za obdelavo risb in še kaj, Mateji za lektoriranje in ostale nasvete, ter Alešu in Zoranu za tiskanje. Mirjani, Roku in Tjaši za lepe spomine na študijske dni.

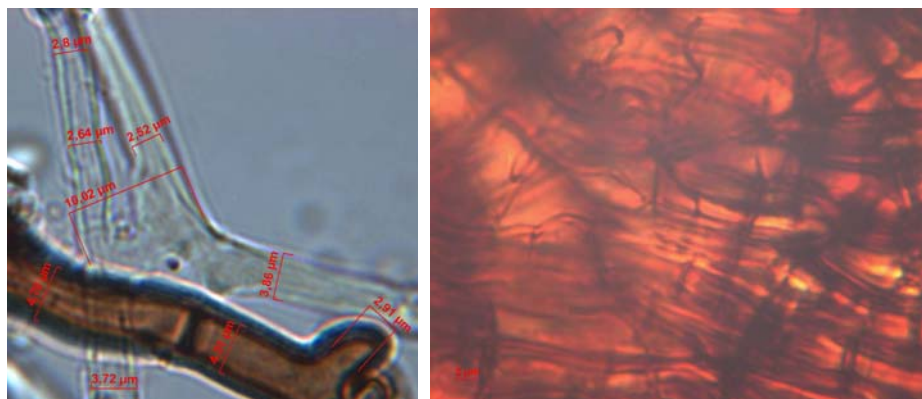
Mama in ate hvala, ker sta mi omogočila študij, vsa finančna zasluga gre vama. Andrej tebi hvala za vso pomoč, vzpodbudo, ter prenašanje skozi vsa ta leta. Najini mali žabici pa hvala, ker si *finiš* še pospešila.

Hvala tudi vsem ostalim zaradi katerih v življenju napredujem in postajam še boljša.

PRILOGA

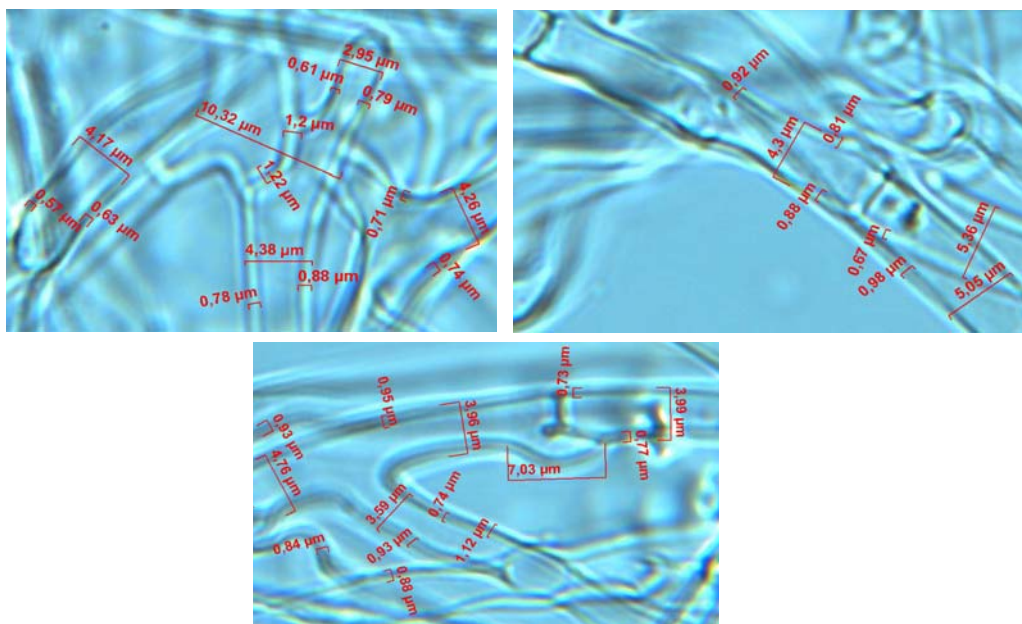
Priloge A: Tipi ektomikorize, ki so se pojavljali v vzorcih osutih in vitalnih smrek gozdnih raziskovalnih ploskev Veliki Vrh in Ložnica, vzorčenih dne 26.9.2006

Priloga A 1: SLO 930–OB130



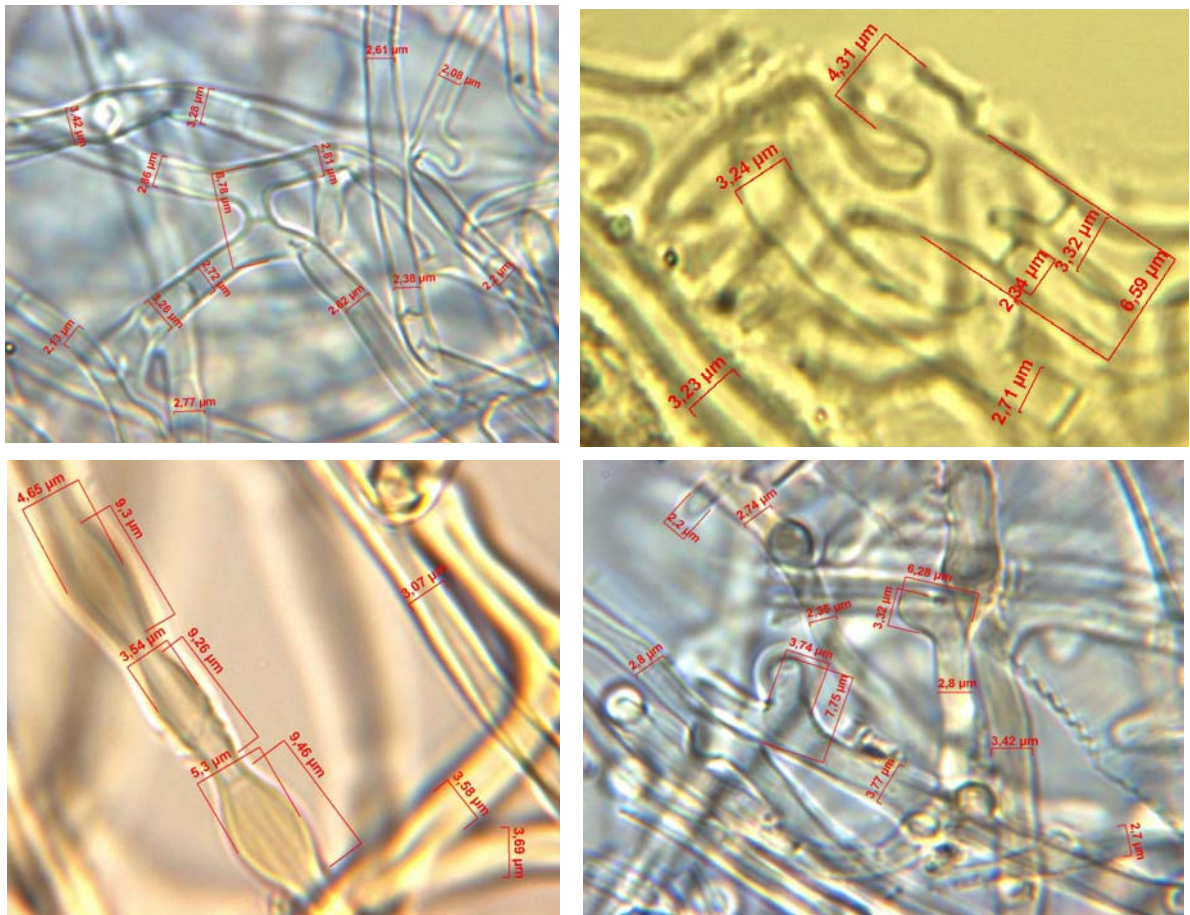
LEVO – anastomoza odprtega tipa, DESNO – G tip plašča (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002)

Priloga A 2: SLO 931–OB131



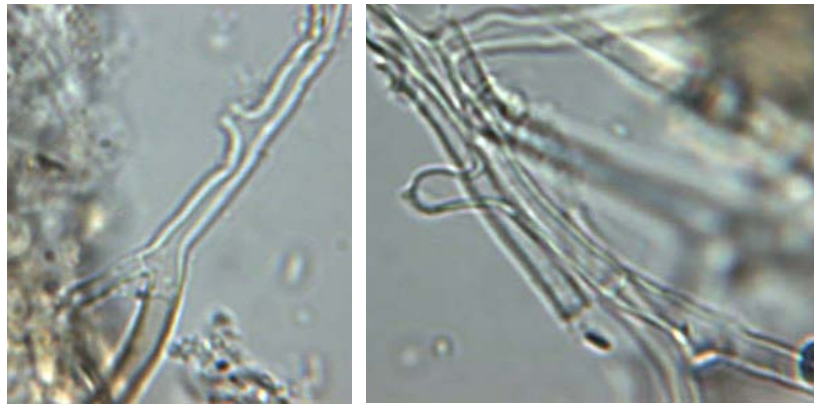
LEVO ZGORAJ – anastomoza zaprtega tipa, DESNO ZGORAJ – hifa z doliporo, SPODAJ – hifa z zaponko

Priloga A 3: SLO 932–OB132



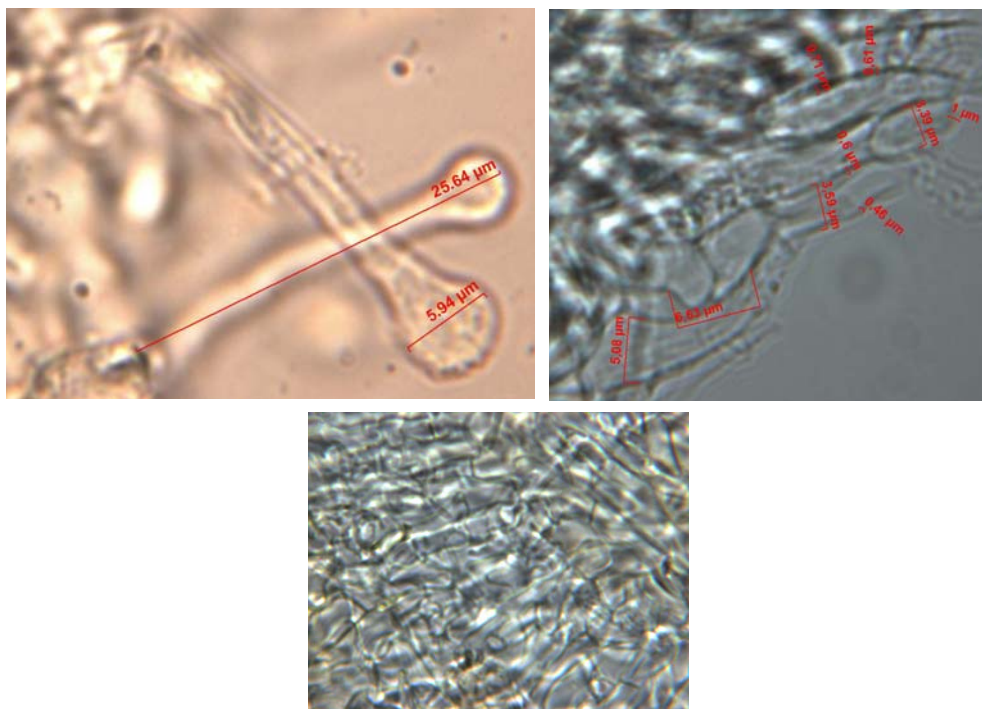
LEVO ZGORAJ – anastomoza s hifnim mostičkom zaprtega tipa, na sliki je vidna tudi novonastala izhajajoča hifa, DESNO ZGORAJ – anastomoza odprtega tipa, to je tudi poseben tip anastomoze, kjer je ena ali več hif krajših, LEVO SPODAJ – vretenasto odebeljena hifa, DESNO SPODAJ – številne novonastale izhajajoče hife

Priloga A 4: SLO 933-OB133



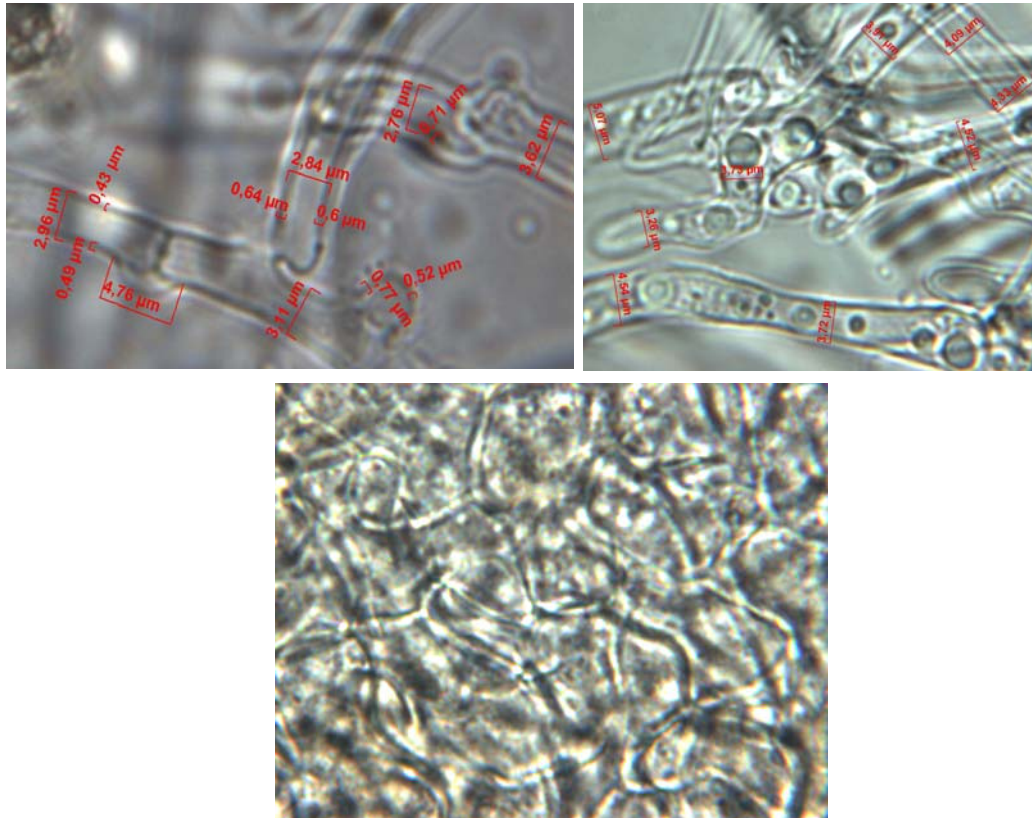
LEVO – hifa, ki se viličasto veja, DESNO – novonastala izhajajoča hifa

Priloga A 5: SLO 934-OB134

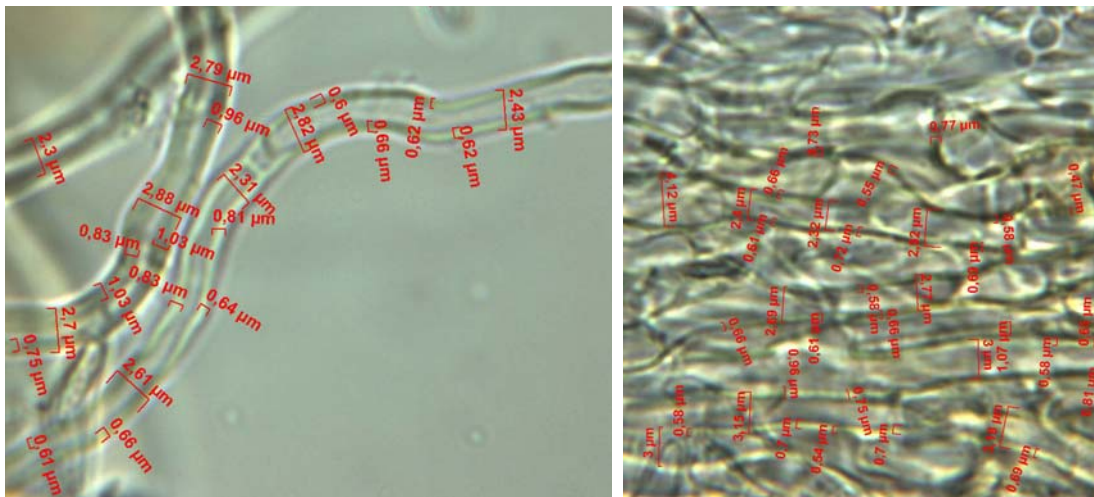


LEVO ZGORAJ – cistidiji tipa N (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002), DESNO ZGORAJ – hife plašča, kjer je zelo dobro vidna tudi zaponka, SPODAJ – plektenhimatski, hife so razporejene brez razpoznavnega vzorca, B tip plašča (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002)

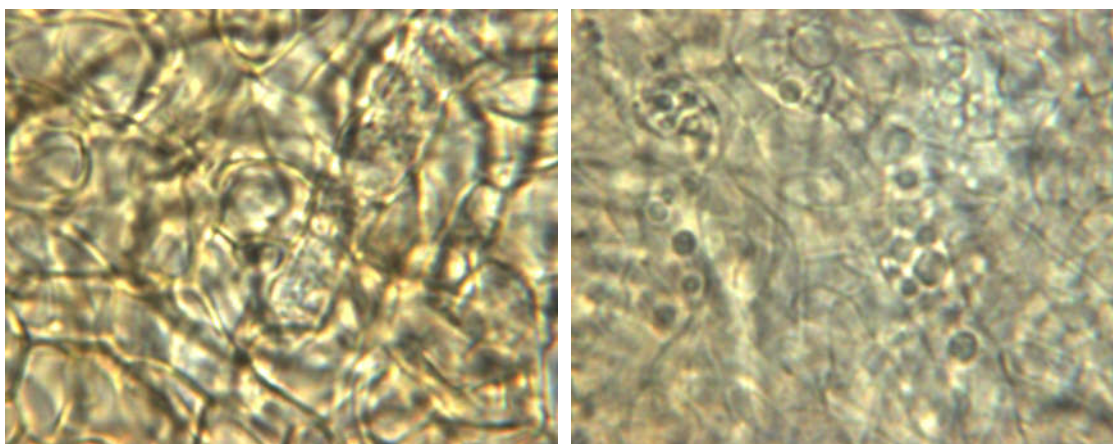
Priloga A 6: SLO 935-OB135



LEVO ZGORAJ – izhajajoča hifa z zaponko in doliporo ter novonastala izhajajoča hifa, DESNO ZGORAJ – izhajajoče hife, v katerih je polno maščobnih kapljic, SPODAJ – prehoden tip plašča med plektenhimatskim in pseudoparenhimatskim, celice povrhnjice so nepravilno oblikovane, H tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002)

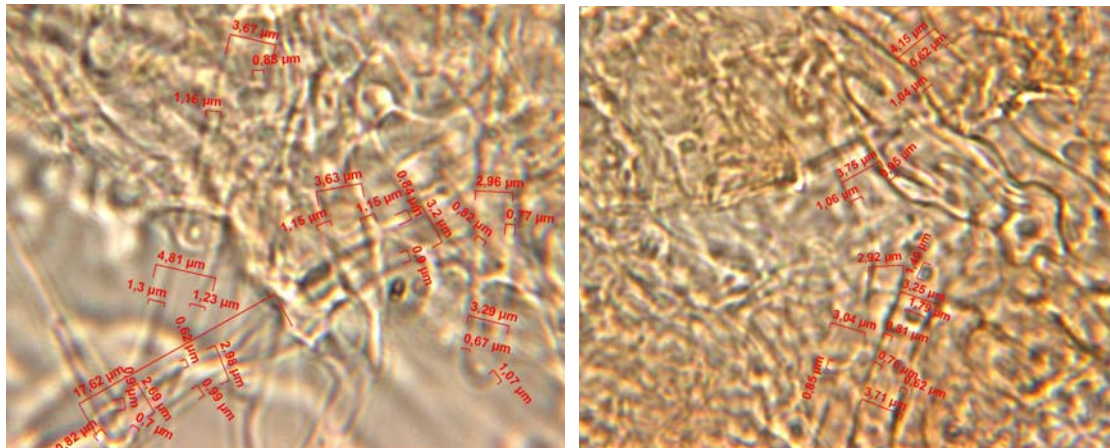


Priloga A 8: SLO 937-OB137



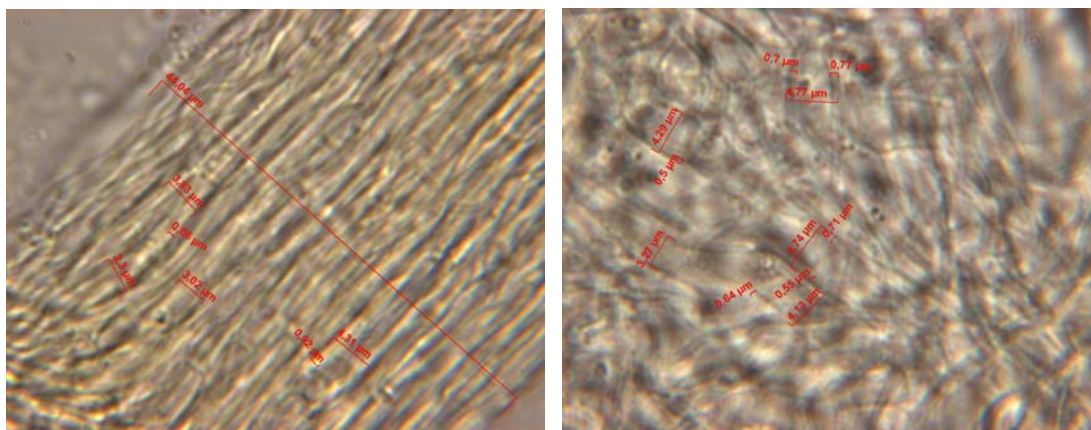
LEVO IN DESNO – pseudoparenhimatski tip z oglatimi celicami, na katerih je mreža posebnih hif, P tip plašča (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002) in mleček

Priloga A 9: SLO 938-OB138



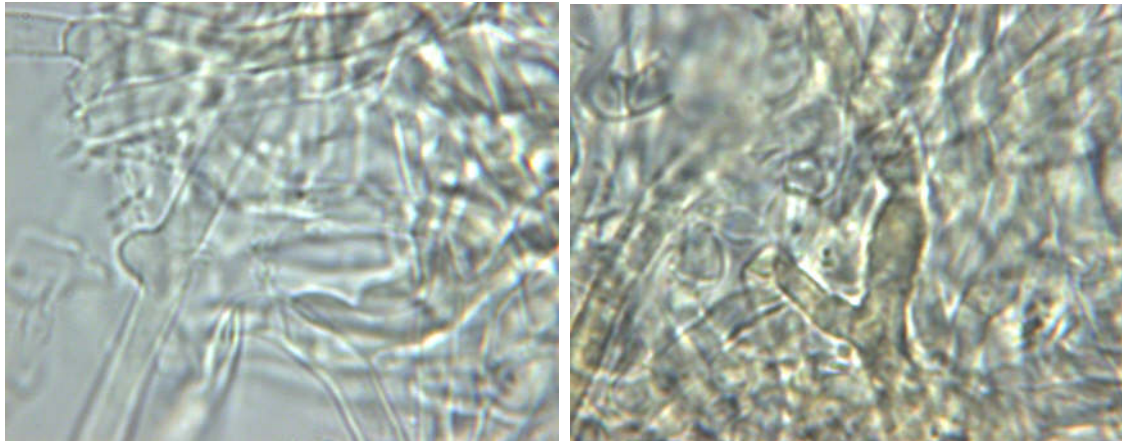
LEVO – izhajajoče hife in cistidiji, ki so kot hife, imajo več sept, so zaokroženi – tipa L (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002), DESNO – plašč, prisotne so mlečne hife (laticifere) in mleček

Priloga A 10: SLO 939-OB139



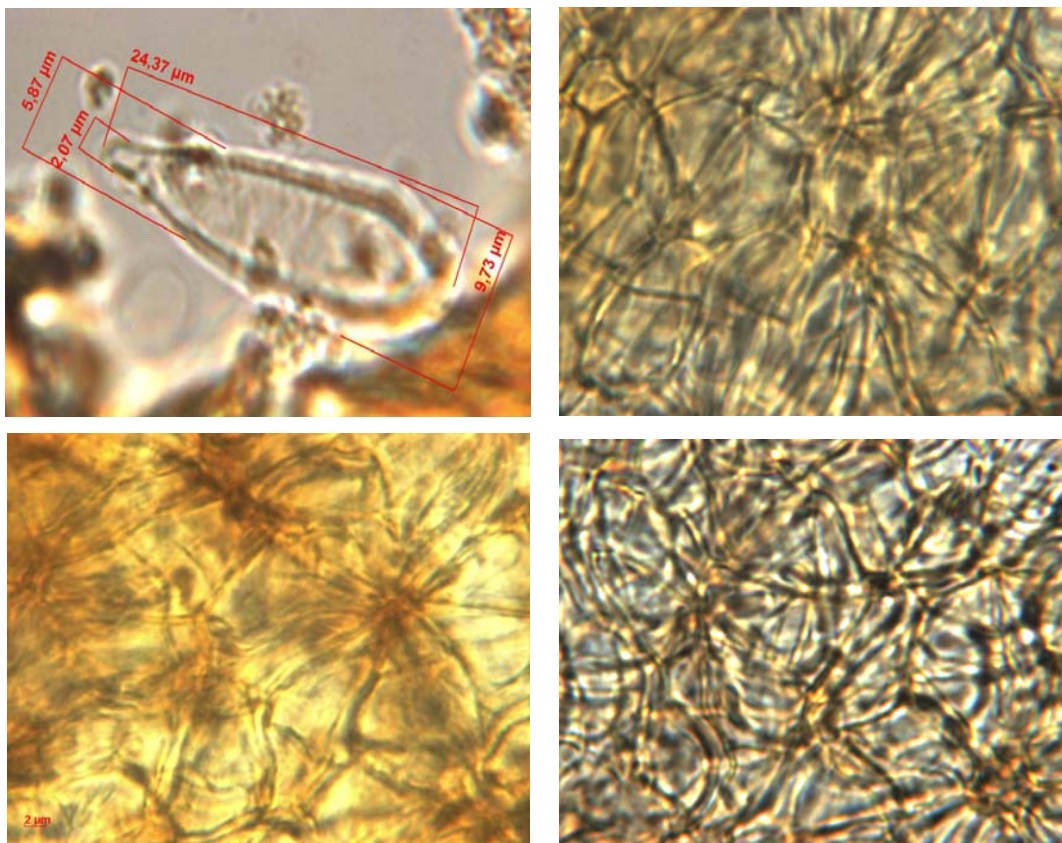
LEVO – rizomorf, B tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002), DESNO – plektenhimatski tip, hife so razporejene brez razpoznavnega vzorca, B tip plašča (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002) in mleček

Priloga A 11: SLO 940-OB140



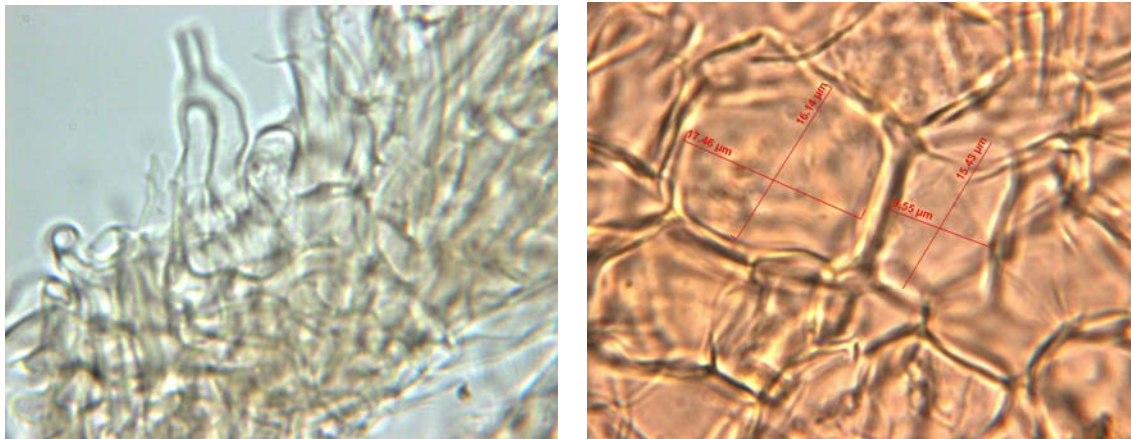
LEVO – izhajajoče hife in novonastala izhajajoča hifa, DESNO – plektenhimatski tip, hife so razporejene brez razpoznavnega vzorca, B tip plašča (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002), vidne so tudi laticifere (ena se viličasto veja)

Priloga A 12: SLO 941-OB141



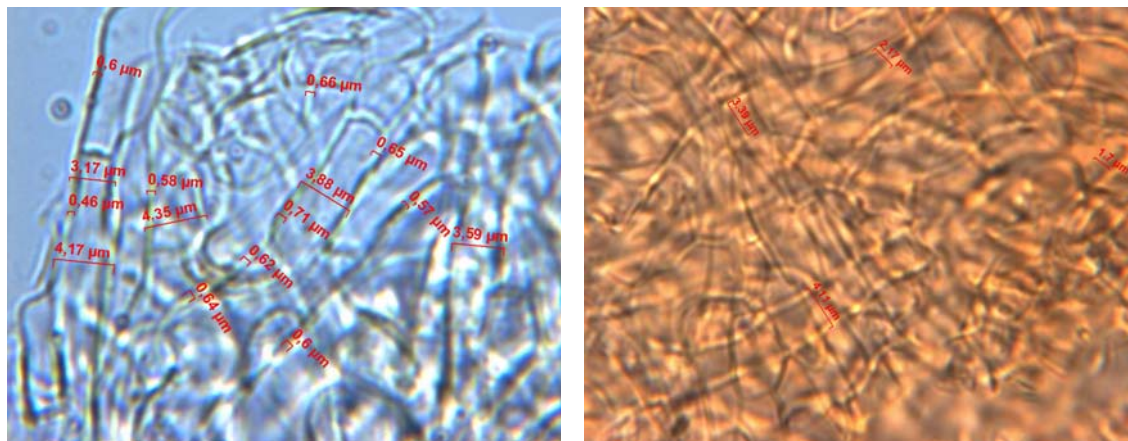
LEVO ZGORAJ – sferični tip cistidijev, G tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002), DESNO ZGORAJ, LEVO IN DESNO SPODAJ – pseudoparenhimatski, z oglatimi celicami, na katerih so skupki okroglastih celic, K tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002)

Priloga A 13: SLO 942-OB142



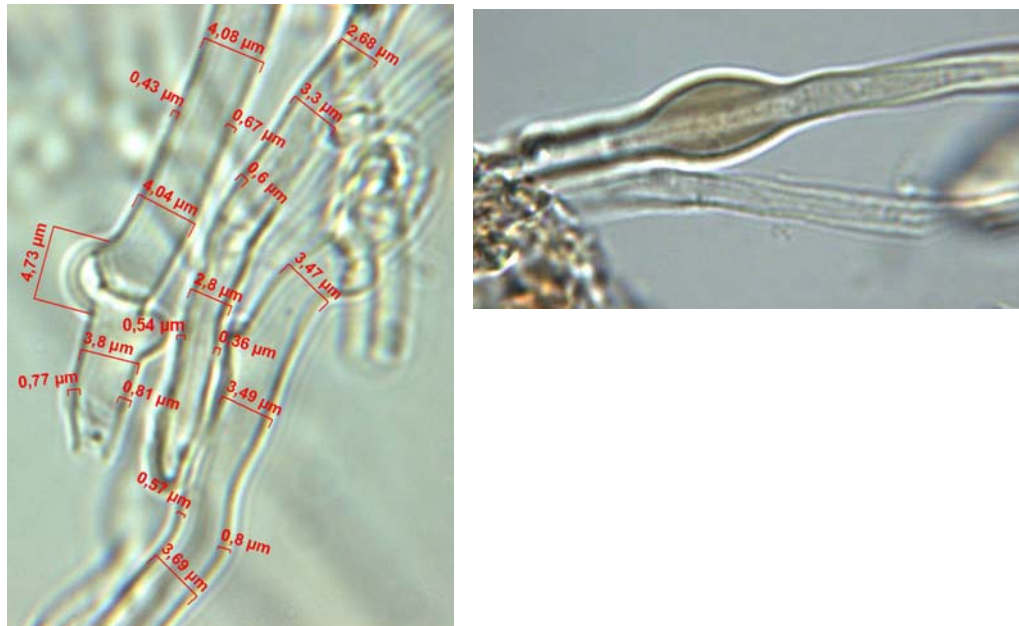
LEVO – izhajajoče hife, DESNO – pseudoparenhimatski tip z oglatimi celicami, na katerih so skupki sploščenih celic, O tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002)

Priloga A 14: SLO 943-OB143



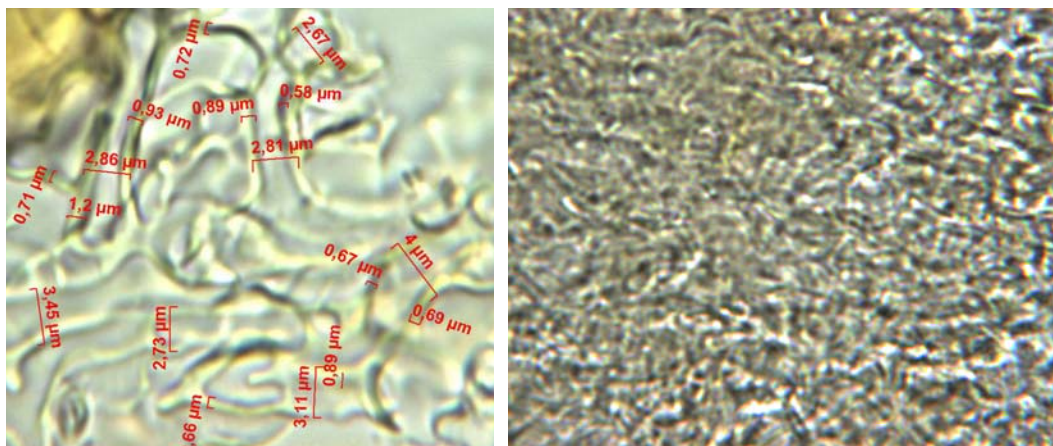
LEVO – izhajajoče hife, videna je tudi dolipora, DESNO – plektenhimatski tip, hife so razporejene brez razpoznavnega vzorca, B tip plašča (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002)

Priloga A 17: SLO 946-OB146



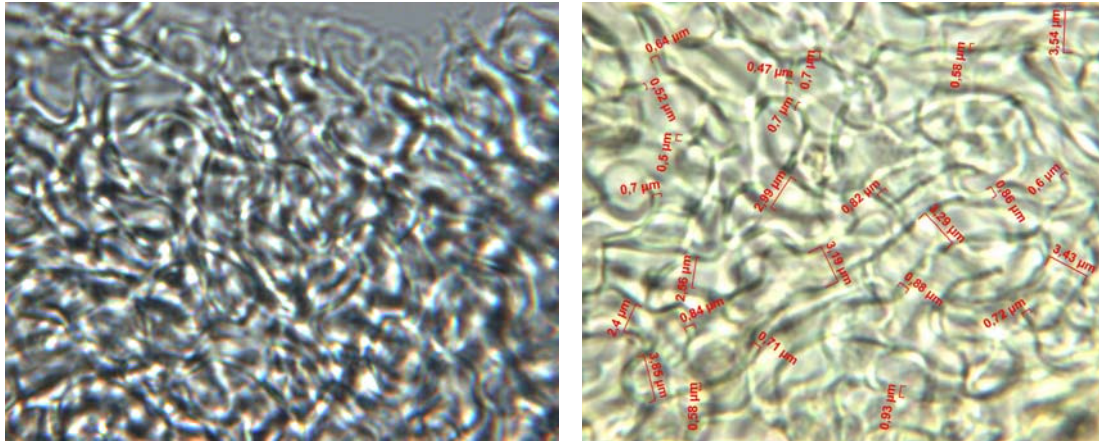
LEVO – izhajajoče hife in zaponka, DESNO – vretenasto odebeljena hifa

Priloga A 18: SLO 948-OB148



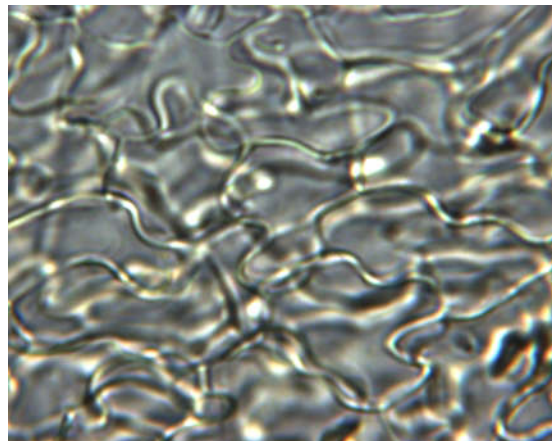
LEVO IN DESNO – plektenhimatski tip plašča, z želatinoznim matriksom med hifami, C tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002)

Priloga A 19: SLO 949-OB149



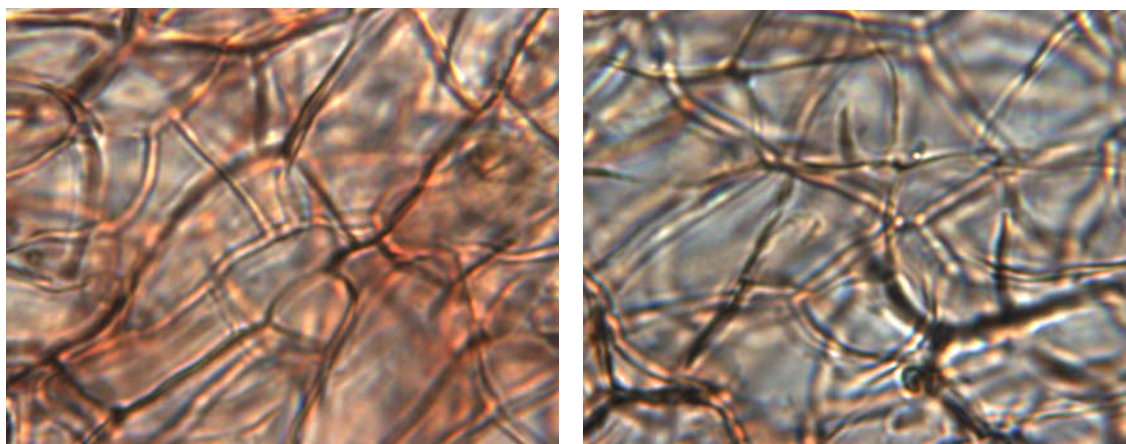
LEVO IN DESNO – prehoden tip plašča med plektenhimatskim in pseudoparenhimatskim, celice povrhnjice so nepravilno oblikovane, H tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002)

Priloga A 20: SLO 950-OB150



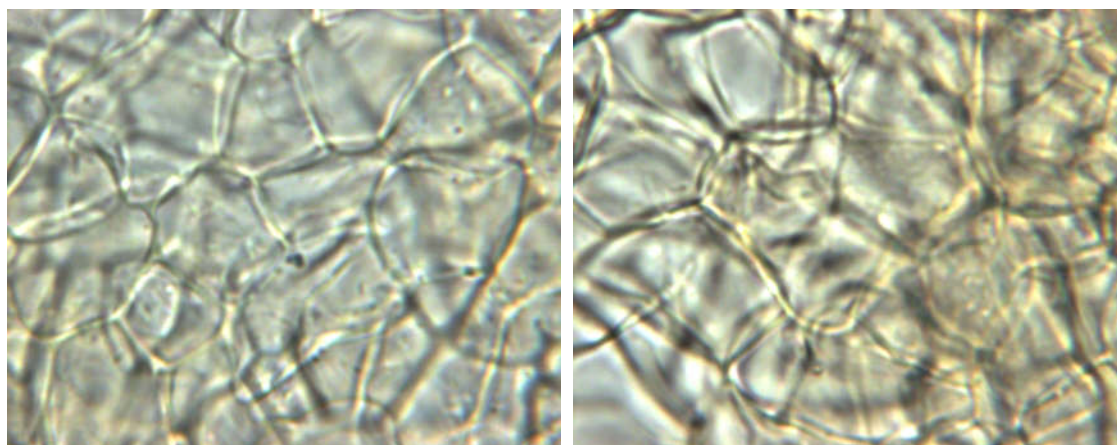
Pseudoparenhimatski tip plašča z epidermoidnimi celicami, M tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002)

Priloga A 21: SLO 951-OB151



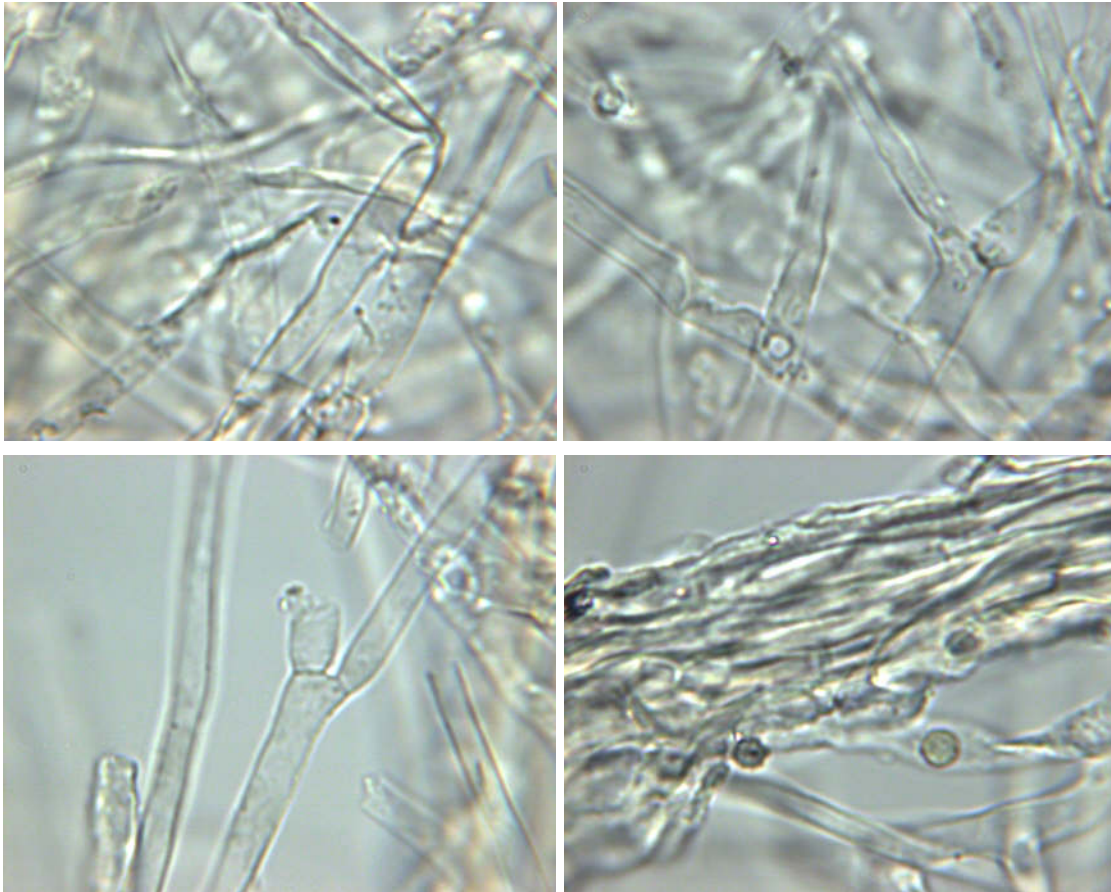
LEVO IN DESNO – pseudoparenhimatski tip plašča z oglatimi celicami, L tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002)

Priloga A 22: SLO 952-OB152



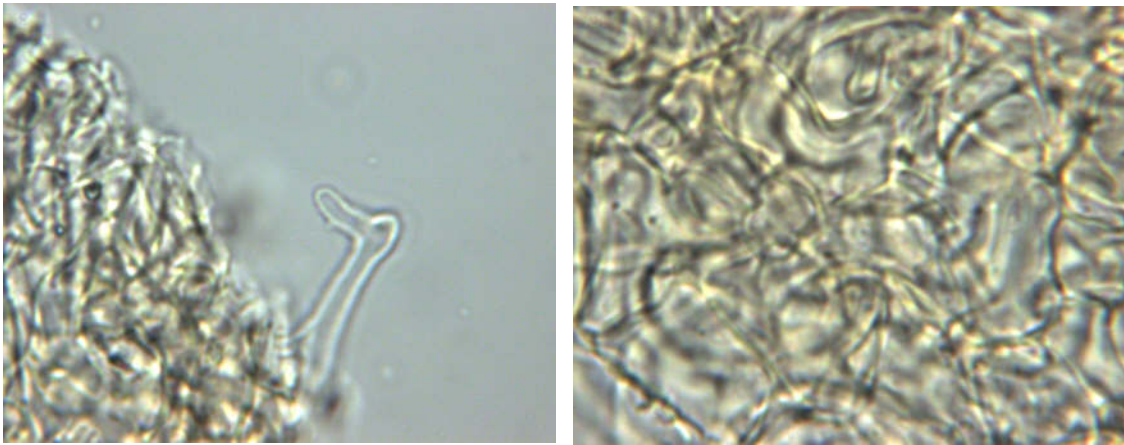
LEVO IN DESNO – pseudoparenhimatski tip plašča z oglatimi celicami, L tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002)

Priloga A 23: SLO 953-OB153



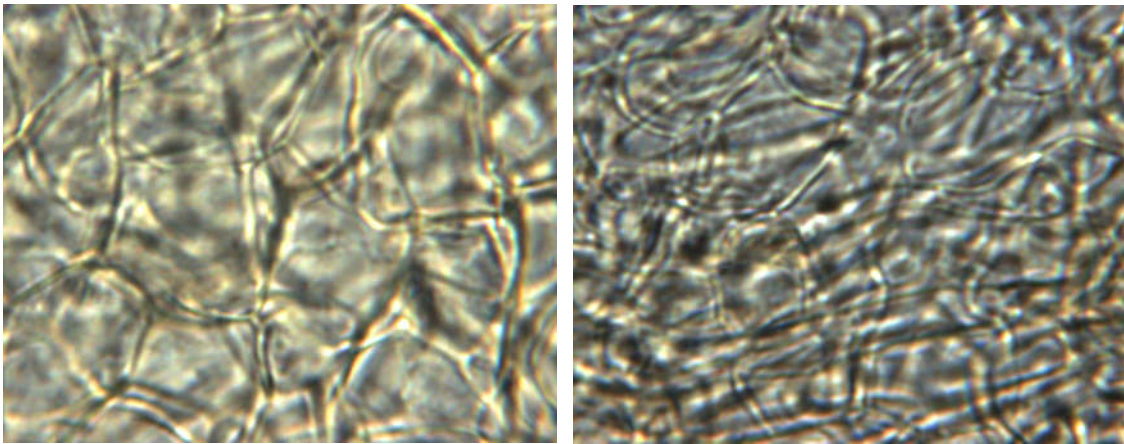
LEVO ZGORAJ – izhajajoče hialinske hife in anastomoza odprtega tipa, brez hifnega mostička, DESNO ZGORAJ IN LEVO SPODAJ – izhajajoče hialinske hife, vidimo tudi hife, ki se značilno viličasto vejajo, DESNO SPODAJ – rizomorf, B tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002)

Priloga A 24: SLO 954-OB154



LEVO – izhajajoča hialinska hifa, DESNO – prehoden tip plašča med plektenhimatskim in pseudoparenhimatskim, celice povrhnjice so nepravilno oblikovane, H tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002)

Priloga A 25: SLO 955-OB155



LEVO – pseudoparenhimatski tip plašča z oglatimi celicami, L tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002), DESNO – prehoden tip plašča med plektenhimatskim in pseudoparenhimatskim, celice povrhnjice so nepravilno oblikovane, H tip (Colour atlas of ectomycorrhizae, 1987-2002)

Priloga B 1: Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu A1/1, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu A1/1

	število kratkih korenin	%
SLO 930-OB130	1206	78.77
SLO 932-OB132	212	13.85
SLO 934-OB134	15	0.98
SLO 941-OB141	11	0.72
SLO 942-OB142	50	3.27
SLO 943-OB143	37	2.42
določeni tipi ektomik.	1531	50.18
ostalo	1501	49.20
nemikorizno	19	0.62
SKUPAJ	3051	

Priloga B 2: Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu A1/2, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu A1/2

	število kratkih korenin	%
SLO 930-OB130	1255	58.29
SLO 932-OB132	704	32.70
SLO 938-OB138	25	1.16
SLO 941-OB141	131	6.08
SLO 944-OB144	38	1.76
določeni tipi ektomik.	2153	55.16
ostalo	1712	43.86
nemikorizno	38	0.97
SKUPAJ	3903	

Priloga B 3: Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu A1/3, število in delež vitalnih in neturgescentnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu A1/3

	število kratkih korenin	%
SLO 930-OB130	321	11.99
SLO 932-OB132	2246	83.90
SLO 942-OB142	2	0.07
SLO 943-OB143	7	0.26
SLO 944-OB144	101	3.77
določeni tipi ektomik.	2677	68.71
ostalo	1193	30.62
nemikorizno	26	0.67
SKUPAJ	3896	

Priloga B 4: Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu A2/1, število in delež vitalnih in neturgescentnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu A2/1

	število kratkih korenin	%
SLO 930-OB130	346	25.02
SLO 932-OB132	1010	73.03
SLO 939-OB139	1	0.07
SLO 942-OB142	1	0.07
SLO 943-OB143	25	1.81
določeni tipi ektomik.	1383	27.41
ostalo	3644	72.23
nemikorizno	18	0.36
SKUPAJ	5045	

Priloga B 5: Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu A2/2, število in delež vitalnih in neturgescentnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu A2/2

	število kratkih korenin	%
SLO 930-OB130	200	28.09
SLO 932-OB132	401	56.32
SLO 945-OB145	1	0.14
SLO 946-OB146	110	15.45
določeni tipi ektomik.	712	13.89
ostalo	4352	84.92
nemikorizno	61	1.19
SKUPAJ	5125	

Priloga B 6: Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu A2/3, število in delež vitalnih in neturgescentnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu A2/3

	število kratkih korenin	%
SLO 930-OB130	117	15.64
SLO 931-OB131	94	12.57
SLO 932-OB132	477	63.77
SLO 935-OB135	2	0.27
SLO 941-OB141	2	0.27
SLO 942-OB142	4	0.53
SLO 947-OB147	52	6.95
določeni tipi ektomik.	748	24.34
ostalo	2303	74.94
nemikorizno	22	0.72
SKUPAJ	3073	

Priloga B 7: Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu B1/1, število in delež vitalnih in neturgescentnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu B1/1

	število kratkih korenin	%
SLO 930-OB130	392	48.64
SLO 932-OB132	91	11.29
SLO 935-OB135	216	26.80
SLO 941-OB141	62	7.69
SLO 946-OB146	45	5.58
določeni tipi ektomik.	806	17.01
ostalo	3871	81.72
nemikorizno	60	1.27
SKUPAJ	4737	

Priloga B 8: Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu B1/2, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu B1/2

	število kratkih korenin	%
SLO 930-OB130	67	4.72
SLO 932-OB132	347	24.45
SLO 934-OB134	64	4.51
SLO 936-OB136	915	64.48
SLO 941-OB141	7	0.49
SLO 948-OB148	12	0.85
SLO 949-OB149	7	0.49
določeni tipi ektomik.	1419	35.94
ostalo	2467	62.49
nemikorizno	62	1.57
SKUPAJ	3948	

Priloga B 9: Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu B1/3, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu B1/3

	število kratkih korenin	%
SLO 930-OB130	130	16.23
SLO 932-OB132	107	13.36
SLO 942-OB142	564	70.41
določeni tipi ektomik.	801	27.00
ostalo	2093	70.54
nemikorizno	73	2.46
SKUPAJ	2967	

Priloga B 10: Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu B2/1, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu B2/1

	število kratkih korenin	%
SLO 930-OB130	123	23.75
SLO 932-OB132	75	14.48
SLO 941-OB141	219	42.28
SLO 944-OB144	101	19.50
določeni tipi ektomik.	518	20.24
ostalo	1941	75.85
nemikorizno	100	3.91
SKUPAJ	2559	

Priloga B 11: Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu B2/2, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu B2/2

	število kratkih korenin	%
SLO 930-OB130	14	2.91
SLO 932-OB132	426	88.57
SLO 934-OB134	41	8.52
določeni tipi ektomik.	481	21.41
ostalo	1684	74.94
nemikorizno	82	3.65
SKUPAJ	2247	

Priloga B 12: Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu B2/3, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu B2/3

	število kratkih korenin	%
SLO 930-OB130	73	16.86
SLO 932-OB132	295	68.13
SLO 941-OB141	65	15.01
določeni tipi ektomik.	433	19.72
ostalo	1695	77.19
nemikorizno	68	3.10
SKUPAJ	2196	

Priloga B 13: Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu L2/1, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu L2/1

	število kratkih korenin	%
SLO 930-OB130	209	20.06
SLO 933-OB133	37	3.55
SLO 940-OB140	463	44.43
SLO 941-OB141	27	2.59
SLO 952-OB152	40	3.84
SLO 953-OB153	228	21.88
SLO 954-OB154	38	3.65
določeni tipi ektomik.	1042	29.23
ostalo	2346	65.81
nemikorizno	177	4.96
SKUPAJ	3565	

Priloga B 14: Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu L2/2, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu L2/2

	število kratkih korenin	%
SLO 933-OB133	57	47.50
SLO 937-OB137	36	30.00
SLO 941-OB141	3	2.50
SLO 955-OB155	24	20.00
določeni tipi ektomik.	120	18.72
ostalo	496	77.38
nemikorizno	25	3.90
SKUPAJ	641	

Priloga B 15: Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu L2/3, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu L2/3

	število kratkih korenin	%
SLO 933-OB133	184	44.99
SLO 952-OB152	225	55.01
določeni tipi ektomik.	409	35.85
ostalo	674	59.07
nemikorizno	58	5.08
SKUPAJ	1141	

Priloga B 16: Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu L3/1, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu L3/1

	število kratkih korenin	%
SLO 930-OB130	110	58.51
SLO 933-OB133	28	14.89
SLO 955-OB155	50	26.60
določeni tipi ektomik.	188	9.51
ostalo	1668	84.37
nemikorizno	121	6.12
SKUPAJ	1977	

Priloga B 17: Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu L3/2, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu L3/2

	število kratkih korenin	%
SLO 933-OB133	289	100.00
določeni tipi ektomik.	289	8.72
ostalo	2965	89.44
nemikorizno	61	1.84
SKUPAJ	3315	

Priloga B 18: Število in delež kratkih korenin posameznega tipa v vzorcu L3/3, število in delež vitalnih in neturgescenčnih ektomikoriznih in nemikoriznih kratkih korenin ter število vseh kratkih korenin v vzorcu L3/3

	število kratkih korenin	%
SLO 950-OB150	3	2.75
SLO 951-OB151	106	97.25
določeni tipi ektomik.	109	3.34
ostalo	3079	94.45
nemikorizno	72	2.21
SKUPAJ	3260	