

The decomposition of wood mass under conditions of climax spruce stands and related mycoflora in the Krkonoše Mountains

L. JANKOVSKÝ¹, A. VÁGNER², J. APLTAUER¹

¹Mendel University of Agriculture and Forestry, Faculty of Forestry and Wood Technology, Brno, Czech Republic

²Moravian Museum in Brno, Czech Republic

ABSTRACT: The mycoflora was investigated under the conditions of climax spruce stands in the Krkonoše Mountains in relation to wood decomposition. The areas under observation have been affected more or less by air pollution since the eighties. The average mass of deadwood found on the plots is 124 m³ per ha – the mass of fallen trunks is about 32 m³ per ha, mean value from total average. About 128 species of macrofungi were identified that besides others included 43 species of wood-decaying fungi. Also 54 mycorrhizal species were identified. Among the mycorrhizal fungi about 10 species were dominant, such as *Laccaria laccata* (Scop.: Fr.) Cooke, *Lactarius helvus* Fr., *Lactarius mitissimus* Fr., *Lactarius rufus* (Scop.) Fr., *Russula emetica* (Schaeff.: Fr.) Pers. and *Russula ochroleuca* Pers. etc. Concerning the volume of decomposed wood on monitored plots in climax spruce stands, the prevalent wood-decaying fungi are brown rot fungi. The proportion of brown rot fungi in wood decomposition is 60–95% of deadwood mass on the plots of climax spruce stands. A dominant species is *Fomitopsis pinicola* (Sw.: Fr.) P. Karst. causing the brown rot. Concerning the group of white rot fungi, the most important is *Stereum sanguinolentum* (Alb. & Schw.: Fr.) Fr., participating by 17% in wood decomposition on plots damaged by deer.

Keywords: deadwood; wood decomposition; mycoflora; decay; brown rot; white rot; Krkonoše Mountains

Decaying wood in the forest environment is a consequence of tree ageing, death and decomposition as an integral part of forest regeneration (MÍCHAL 1999). Stems and roots of both living and dead trees represent a growth medium and also a niche for a number of specialized organisms. Together with soil, the rotting wood is a niche in the forest, plentiful of species. From the viewpoint of biodiversity it is first of all sizeable stems that are important to bind a wide range of specialized organisms. The decomposition of rotting wood is a process in which many organisms participate with the crucial role in the whole process being played by the group of wood-decaying fungi.

The volume of decaying or dead wood in Central European forests is estimated to range between 50 and 200 m³ per hectare (ALBRECHT 1991). However, the volume of decaying wood largely depends on the forest type, stand age, relief, etc. Studying the situation in Czech nature reserves HORT and VRŠKA (1999) report the share of dead trees in total stock ranging from 8.6% to 47% of total standing volume. Expressed in absolute terms, the volume of rotting wood in these reserves ranged between

50 and 220 m³ per hectare. KORPEL (1988) recorded as much as 85–400 m³ decaying wood mass per hectare in the Carpathian spruce virgin forests.

It is estimated that about 10% of all wood mass is devalued by various kinds of rots. However, the impairment often exceeds 30% (RYPÁČEK 1957). ČERNÝ (1989) claims – after summarizing the research data of 1985 – that it is 6% wood at minimum that is being left behind in the forest as a useless waste due to infestation by wood-decaying fungi. Annual losses due to game and consequent rotting (*Stereum sanguinolentum* [Alb. & Schw.: Fr.] Fr.) amount to several billion Czech crowns. On the other hand, the activity of wood-damaging fungi makes it possible to preserve the continuity of forest ecosystems. Important is first of all a relatively small group of wood fungi specialized in the decomposition of roots and in soil deposited wood biomass whose volume is higher – according to different estimates – than about 1/3 of total wood biomass produced by tree species.

Viewed from the point of further succession, important is the type of decay, i.e. if the wood is decomposed by brown or white rot fungi. Physical and chemical charac-

The authors are grateful for support from project Grant Agency of the Czech Republic PG 096 of the Czech Grant Agency and to the co-workers in project CEC EU SUSBIOFOR PL 971076.

Table 1. Number of species recorded on the permanent research plots

	Alžbětinka	Pašerácký chodník	Sluneční údolí	Pudlava	Modrý důl	Mumlavská hora
Number of species 1999	58	40	43	23	58	7
Number of species 2000	74	41	48	–	71	–
Number of species 1999–2000	81	47	69	23	73	7

teristics of the two types substantially differ (SCHÁNĚL 1966, 1967), thus determining further succession including a possible natural regeneration on the decaying wood. The decomposition of dead wood mass also has a favourable influence on the development of mycorrhiza.

Climax spruce stands in the Krkonoše Mts. were markedly disturbed by air pollution in the 80s. At present, we can see signs of a certain kind of “convalescence” which shows among other things also in the comeback of mycorrhizal fungi such as *Russula mustelina* Fr. At the same time, there are decomposition processes intensively occurring in dead wood. The paper aims at an assessment of the present mycoflora on research plots under study with a special attention being paid to decaying wood.

MATERIAL AND METHODS

RESEARCH PLOTS AND THEIR CHARACTERISTICS

Wood mass decomposition and mycoflora were studied on six permanent research plots 50 × 50 m demarcated in the Krkonoše Mountains by the Institute of Landscape Ecology, Czech Academy of Sciences.

Plot 1 – Alžbětinka – Climax spruce stand in the phase of disintegration, situated below the Pančava meadow above the Pudlava river valley.

Plot 2 – Mumlavská hora – Stand killed by air pollution in the 80s, dead standing trees.

Plot 3 – Pašerácký chodník – Climax spruce stand beneath the upper forest limit above Jelení boudy in the eastern part of the Krkonoše Mts.

Plot 4 – Sluneční údolí – Plot situated in the lower third of the slope above a brook; stand with relatively low air pollution damage.

Plot 5 – Modrý důl – Permanent research plot below the forest limit in Modrý důl locality.

Plot 6 – Pudlava – Stand on the left slope of Labský důl, severely damaged due to air pollution, destructive winds and bark beetle *Ips typographus* L.

The plots were subjected to the inventory of standing dead trees and lying stems. Stem diameter in standing trees is expressed as diameter at breast height $d_{1.3}$; stem diameter in lying trees is expressed as diameter in the stem middle $d_{1.2}$. Volume of dead standing trees was calculated by using tables worked out by the Czech Forest Management Institute and Huber formula. Condition of stems was analyzed by assessing external symptoms and type of decay.

Participation of particular fungi in the process of wood mass decomposition was determined on the basis of assessing the percentage of wood decomposed by particular fungi in selected stems on the sample plots.

The collections of macromycetes are deposited in the herbarium of the Moravian Museum in Brno.

RESULTS

MYCOFLORISTIC RESEARCH

There was a total of 128 macromycetes species determined on the sample plots (Table 3) of which 43 can be considered as wood fungi. Thirty-six species are exclusively bound to wood. The total number of mycorrhizal fungi was 54. Nevertheless, the figure cannot be considered as definitive with regard to the complicated determination of the genera *Cortinarius* and *Dermocybe* where more than 20 representatives of the group are expected to occur in the localities under study.

Table 2. The predominant species of higher fungi in the climax spruce stands in the Krkonoše Mts.

Species
1. <i>Boletus badius</i> (Fr.) Fr.: Fr.
2. <i>Calocera viscosa</i> (Pers.: Fr.) Fr.
3. <i>Dacrymyces stillatus</i> Nees: Fr.
4. <i>Entoloma conferendum</i> (Britz.) Noord.
5. <i>Fomitopsis pinicola</i> (Sw.: Fr.) P. Karst.
6. <i>Gloeophyllum sepiarium</i> (Wulf.: Fr.) P. Karst.
7. <i>Hygrophorus pustulatus</i> (Pers.: Fr.) Fr.
8. <i>Hypholoma capnoides</i> (Fr.) Kummer
9. <i>Hypholoma elongatipes</i> Peck
10. <i>Hypholoma marginatum</i> (Pers.: Fr.) Schroeter
11. <i>Laccaria affinis</i> (Sing.) Bon
12. <i>Laccaria laccata</i> (Scop.: Fr.) Cooke
13. <i>Lactarius helvus</i> Fr.
14. <i>Lactarius mitissimus</i> Fr.
15. <i>Lactarius rufus</i> (Scop.) Fr.
16. <i>Phellinus viticola</i> (Schw.: Fr.) Donk
17. <i>Postia caesia</i> (Schr.: Fr.) P. Karst.
18. <i>Russula emetica</i> (Schaeff.: Fr.) Pers.
19. <i>Russula ochroleuca</i> Pers.
20. <i>Stereum sanguinolentum</i> (Alb. & Schw.: Fr.) Fr.
21. <i>Trichaptum abietinum</i> (Pers. in Gmel.: Fr.) Ryv.

Table 3. A list of species determined on research plots in 1999–2000

Species	E	Research plot					
		1	2	3	4	5	6
1. <i>Amanita battarrae</i> Boud.	M		*			*	
2. <i>Amanita crocea</i> (Quél.) Kühner & Romagn.	M			*			
3. <i>Amanita fulva</i> (Schff.) Pers.	M	*				*	
4. <i>Amanita rubescens</i> Pers. (Fr.)	M					*	
5. <i>Amylostereum areolatum</i> (Fr.) Boidin	D			*			
6. <i>Amylostereum chailletii</i> (Pers.: Fr.) Boidin	S		*				
7. <i>Antrodia heteromorpha</i> (Fr.) Donk	D	*	*	*			
8. <i>Antrodia serialis</i> (Fr.) Donk	D			*			
9. <i>Antrodia sinuosa</i> (Fr.) P. Karst.	D		*		*	*	
10. <i>Armillaria borealis</i> Marxmüller et Korhonen	D			*		*	
11. <i>Armillaria</i> sp.	D		*		*		
12. <i>Boletus badius</i> (Fr.) Fr.: Fr.	M	*	*	*		*	
13. <i>Boletus chrysenteron</i> Bull.	M					*	
14. <i>Byssonectria viridis</i> (Alb. et Schw.: Berk. et Br.) Petch	Pm	*					
15. <i>Calocera furcata</i> (Fr.) Fr.	D		*			*	
16. <i>Calocera viscosa</i> (Pers.: Fr.) Fr.	D	*	*	*	*	*	
17. <i>Chalciporus piperatus</i> (Bull.: Fr.) Bat.	M			*		*	
18. <i>Chlorociboria aeruginascens</i> (Nylander) Dixon	D	*					
19. <i>Clavulina cinerea</i> (Bull.: Fr.) Schroeter	M			*			
20. <i>Clavulina coralloides</i> (L.: Fr.) Schroeter	M	*		*	*	*	
21. <i>Climacocystis borealis</i> (Fr.) Kotl. & Pouz.	D	*		*	*	*	
22. <i>Clitocybe ditopa</i> (Fr.: Fr.) Kummer	S		*				
23. <i>Clitocybe metachroa</i> (Fr.: Fr.) Kummer	S	*					
24. <i>Clitocybe vibecina</i> (Fr.) Quél.	S	*				*	
25. <i>Collybia filamentosa</i> Velen.	S				*		
26. <i>Collybia tuberosa</i> (Bull.: Fr.) Kummer	S		*				
27. <i>Cortinarius acutus</i> Fr.	M	*				*	
28. <i>Cortinarius anomalus</i> (Fr.: Fr.) Fr.	M	*					
29. <i>Cortinarius brunneus</i> Fr.	M	*	*	*			
30. <i>Cortinarius evernius</i> (Fr.) Fr.	M	*				*	
31. <i>Cortinarius paleaceus</i> Fr.	M	*					
32. <i>Cortinarius paleiferus</i> Svrček	M	*		*		*	
33. <i>Cortinarius stemmatus</i> Fr.	M	*					
34. <i>Cortinarius uraceus</i> Fr.	M	*					
35. <i>Crepidotus cesatii</i> (Rab.) Sacc.	D	*	*			*	
36. <i>Cristinia helvetica</i> (Pers.) Parm.	S					*	
37. <i>Cystoderma amianthinum</i> (Scop.: Fr.) K. & M.	S	*	*			*	
38. <i>Dacrymyces stillatus</i> Nees: Fr.	D	*	*	*	*	*	
39. <i>Dermocybe croceoconia</i> (Fr.) Mos.	M		*	*			
40. <i>Dermocybe sanguinea</i> (Wulf.: Fr.) Wünsche	M					*	
41. <i>Enteridium lycoperdon</i>	S		*				
42. <i>Entoloma conferendum</i> (Britz.) Noord.	M	*	*	*		*	
43. <i>Entoloma conferendum</i> (Britz.) Noord.	M	*				*	
44. <i>Entoloma nitidum</i> Quél.	M					*	
45. <i>Exidia pithya</i> Alb. & Schw.: Fr.	D		*			*	
46. <i>Fomitopsis pinicola</i> (Sw.: Fr.) P. Karst.	D	*	*	*	*	*	*
47. <i>Fuligo septica</i> (L.) Wiggers	D	*	*	*			
48. <i>Galerina marginata</i> (Fr.) Kuehn.	D	*		*		*	

Species	Research plot						
	E	1	2	3	4	5	6
49. <i>Gloeophyllum sepiarium</i> (Wulf.: Fr.) P. Karst.	D	*	*	*	*	*	*
50. <i>Gymnopilus penetrans</i> (Fr.: Fr.) Murr.	D	*					*
51. <i>Gymnopilus picreus</i> (Pers.: Fr.) Karst.	D	*					
52. <i>Gymnopilus sapineus</i> (Fr.) Mre.	D	*					
53. <i>Hericium coralloides</i> (Scop.: Fr.) S.F. Gray	D	*		*			
54. <i>Heterobasidion annosum</i> (Fr.) Bref.	D	*	*	*	*	*	
55. <i>Hygrophoropsis aurantiaca</i> (Wulf.: Fr.) R. Maire	D		*	*			
56. <i>Hygrophorus hypothejus</i> (Fr.: Fr.) Fr.	M	*	*				
57. <i>Hygrophorus olivaceoalbus</i> (Fr.: Fr.) Fr.	M	*	*	*		*	
58. <i>Hygrophorus pustulatus</i> (Pers.: Fr.) Fr.	M	*	*	*	*	*	
59. <i>Hyphodontia alutaria</i> (Burt.) J. Erikss.	D	*					
60. <i>Hypholoma capnoides</i> (Fr.) Kummer	D	*	*	*		*	
61. <i>Hypholoma elongatipes</i> Peck	S	*	*	*		*	
62. <i>Hypholoma fasciculare</i> (Huds.: Fr.) Kummer	D						*
63. <i>Hypholoma marginatum</i> (Pers.: Fr.) Schroeter	S	*	*	*	*	*	
64. <i>Hypholoma myosotis</i> (Fr.) Mos.	S	*					
65. <i>Hypholoma polytrichi</i> (Fr.) Sing.	S	*		*			
66. <i>Hypocrea pulvinata</i> Fuckel	Pm			*		*	*
67. <i>Inocybe striata</i> Bres.	M					*	
68. <i>Inocybe whitei</i> (B. et Br.) Sacc	M					*	
69. <i>Inocybe calamistrata</i> (Fr.: Fr.) Gillet	M					*	
70. <i>Inocybe glabrescens</i> Velen.	M	*					
71. <i>Inocybe napipes</i> J. Lange	M			*		*	
72. <i>Inocybe praetervisa</i> Quéél.	M					*	
73. <i>Inocybe pusio</i> P. Karst.	M					*	
74. <i>Inocybe soluta</i> Velen.	M		*				
75. <i>Laccaria affinis</i> (Sing.) Bon	M	*	*	*		*	
76. <i>Laccaria amethystina</i> (Huds.: Hook) Cooke	M	*					
77. <i>Laccaria laccata</i> (Scop.: Fr.) Cooke	M	*	*	*		*	
78. <i>Lactarius decipiens</i> Quéél.	M	*					
79. <i>Lactarius helvus</i> Fr.	M	*	*	*		*	
80. <i>Lactarius lignyotus</i> Fr.	M	*			*	*	
81. <i>Lactarius mitissimus</i> Fr.	M	*	*	*	*	*	
82. <i>Lactarius necator</i> (Bull. em. Pers.: Fr.) Karst.	M	*	*	*			
83. <i>Lactarius rufus</i> (Scop.) Fr.	M	*	*	*	*	*	
84. <i>Leptoporus mollis</i> (Pers.: Fr.) Pilát	D		*	*			
85. <i>Lycogala epidendrum</i> (L.) Fr.	S	*		*		*	
86. <i>Lyophyllum palustre</i> (Peck) Sing.	S					*	
87. <i>Micromphale perforans</i> (Hofm.: Fr.) S.F. Gray	S	*				*	
88. <i>Mitrula paludosa</i> Fr.	S	*		*		*	
89. <i>Mycena epipterygia</i> (Scop.: Fr.) S.F. Gray	S	*		*			
90. <i>Mycena galericulata</i> (Scop.: Fr.) S.F. Gray	S	*					
91. <i>Mycena galopus</i> (Pers.: Fr.) Kummer	S		*	*		*	
92. <i>Mycena pterigena</i> (Fr.: Fr.) Kummer	S	*					
93. <i>Mycena sanguinolenta</i> (Alb. & Schw.: Fr.) Kummer	S	*					
94. <i>Mycena stippata</i> Maas G. et Schwobel	S		*				
95. <i>Mycena viridimarginata</i> P. Karst.	S					*	
96. <i>Paxillus involutus</i> (Batsch: Fr.) Fr.	M	*					
97. <i>Phellinus nigrolimitatus</i> (Romell) Bourd. & Galz.	D	*		*			

Species	Research plot						
	E	1	2	3	4	5	6
98. <i>Phellinus viticola</i> (Schw.: Fr.) Donk	D	*	*	*	*	*	
99. <i>Pholiota adiposa</i> (Fr.) Kummer	D	*	*				
100. <i>Pholiota astragalina</i> (Fr.) Sing.	D					*	
101. <i>Pholiota scamba</i> (Fr.) Kuyp. & Tjall.	Sd	*				*	
102. <i>Pholiota squarrosa</i> (Pers.: Fr.) Kummer	D	*			*	*	
103. <i>Physisporinus sanguinolentus</i> (Alb. & Schw.: Fr.) Pilát	D	*					
104. <i>Pleurocybella porrigens</i> (Pers.: Fr.) Sing.	D	*					
105. <i>Pluteus atromarginatus</i> (Sing.) Kühner	S	*					
106. <i>Porphyrellus porphyrosporus</i> (Fr. in Fr. & Hoek.) Gilb.	M					*	
107. <i>Postia caesia</i> (Schröd.: Fr.) P. Karst.	D	*	*	*	*	*	
108. <i>Postia stiptica</i> (Pers.: Fr.) Juelich	D			*		*	
109. <i>Ramaria fenica</i> var. <i>fumigata</i> (Peck.) Schild	M					*	
110. <i>Russula laricina</i> Velen.	M	*					
111. <i>Russula emetica</i> (Schaeff.: Fr.) Pers.	M	*	*	*	*	*	
112. <i>Russula foetens</i> (Pers.: Fr.)	M		*	*			
113. <i>Russula integra</i> L.: Fr. ss. R. Mre.	M	*					
114. <i>Russula laricina</i> Velen.	M					*	
115. <i>Russula mustelina</i> Fr.	M	*				*	
116. <i>Russula ochroleuca</i> Pers.	M	*	*	*	*	*	
117. <i>Russula paludosa</i> Britz.	M						*
118. <i>Russula puellaris</i> Fr.	M	*					
119. <i>Russula vinosa</i> Lindbl.	M	*				*	
120. <i>Scutellinia scutellata</i> (Linnaeus: St. Amans) Lambotte	D					*	
121. <i>Setulipes androsaceus</i> (L.: Fr.) Antonín	S					*	
122. <i>Skeletocutis carneogrisea</i> David	D	*					
123. <i>Stereum rugosum</i> (Pers.: Fr.) Fr.	D			*			
124. <i>Stereum sanguinolentum</i> (Alb. & Schw.: Fr.) Fr.	D	*	*	*	*	*	
125. <i>Stropharia semiglobata</i> (Batsch: Fr.) Quél.	S					*	
126. <i>Trichaptum abietinum</i> (Pers. in Gmel.: Fr.) Ryv.	D	*	*	*	*	*	*
127. <i>Tricholomopsis decora</i> (Fr.) Sing.	D	*		*		*	
128. <i>Tricholomopsis rutilans</i> (Schff.: Fr.) Sing.	D	*			*	*	

Legend: E – ecology; M – mycorrhizal species, D – wood decaying fungus, S – saprophyte, Sd – saprophyte on decayed wood, Pm – mycoparasitic fungi

Research plot: 1 – Alžbětinka, 2 – Pašerácký chodník, 3 – Sluneční údolí, 4 – Pudlava, 5 – Modrý důl, 6 – Mumlavská hora

From the mycological point of view the localities most abundant in fungal species are Modrý důl and Alžbětinka (Table 1); in contrast, Mumlavská hora appeared to be the poorest locality due its climatic conditions and decline caused by air pollution.

Absolutely dominant of the wood-decaying fungi is the brown rot caused by *Fomitopsis pinicola* (Sw.: Fr.) P. Karst., and to a lesser extent on fallen stems also by *Gloeophyllum sepiarium* (Wulf.: Fr.) P. Karst. (Table 2). *Stereum sanguinolentum* (Alb. & Schw.: Fr.) Fr. has a significant occurrence mainly in stands damaged by deer barking. A frequently occurring species on smallwood is *Trichaptum abietinum* (Pers. in Gmel.: Fr.) Ryv. An entirely common species occurring on the surface of decaying stems is also *Calocera viscosa* (Pers.: Fr.) Fr. or other representatives of *Dacrymycetales*. Some plots such as Modrý důl exhibited an increased occurrence of red rot

caused by *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.; however, fruiting bodies were found only exceptionally in a few cases. Red rot caused by *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. was also recorded in solitary spruce trees above the upper forest limit as the most frequent parasitic wood-decaying fungus.

The mycorrhizal fungi have some 10 dominant species, of which *Laccaria laccata* (Scop.: Fr.) Cooke, *Lactarius helvus* Fr., *Lactarius mitissimus* Fr., *Lactarius rufus* (Scop.) Fr., *Russula emetica* (Schaeff.: Fr.) Pers., and *Russula ochroleuca* Pers. can be mentioned.

INVENTORY OF DECAYING WOOD

The average volume of dead or decaying wood found on the sample plots is 124 m³ per hectare. Of this, the volume of lying stems amounts to about 32 m³ per hectare

Table 4. A survey of numbers and volumes of snags and lying stems on the plots

		Snags		Fallen down stems		In total	
		quantity	volume m ³ without bark	quantity	volume m ³ without bark	quantity	volume m ³ without bark
I. Sluneční údolí	per plot 50 × 50 m	81	21	18	7	99	28
	per ha	324	84	72	28	396	112
II. Alžbětinka	per plot 50 × 50 m	122	24	34	9	157	33
	per ha	488	96	136	36	628	133
III. Modrý důl	per plot 50 × 50 m	68	28	18	–	86	–
	per ha	272	112	72	–	344	–
IV. Pašerácký chodník	per plot 50 × 50 m	176	19	–	–	176	19
	per ha	704	76	–	–	704	–
Average	per ha	447	92	93	32	540	124

(Table 4). However, the conditions of particular plots markedly differ:

The total volume of decaying wood on the sample plot Sluneční údolí is 28 m³ (112 m³ per hectare); of this, the volume of standing dead trees amounts to 21 m³ (84 m³ per hectare; 75% of total decaying wood) and the volume of fallen stems is 7 m³ (28 m³ per hectare; 25% of total decaying wood).

The total volume of decaying wood on the sample plot Alžbětinka is 33 m³ (133 m³ per hectare); of this, the volume of standing dead trees amounts to 24 m³ (96 m³ per hectare; 73% of total decaying wood) and the volume of fallen stems is 9 m³ (36 m³ per hectare; 27% of total decaying wood). This plot exhibited the largest volume of decaying wood. Trees of lower diameter classes prevailed both in the category of standing dead trees and in the category of lying stems.

THE CONTRIBUTION OF MACROMYCETES TO WOOD MASS DECOMPOSITION

As for the volume of decomposed wood mass on the studied plots of climax spruce stands the leading fungi

are those of brown rots, whose shares range between 60 and 95% according to the conditions on the plot (Table 5). A dominant species is *Fomitopsis pinicola* (Sw.: Fr.) P. Karst. Practically all decaying stems on the Mumlavská hora plot were infected with the fungus and if expressed by the volume of decaying wood, it was as much as 91% of rotten wood being decomposed by the fungus (Table 5). Its share on other plots was above the boundary of 50%. Another important species of brown rot fungi is *Gloeophyllum sepiarium* (Wulf.: Fr.) P. Karst.; it has the capacity to colonize wood with minimum water content such as standing dead trees in clearings due to air pollution. The fungus also decomposes debarked spruce logs that were left at stumps in clear-cut areas.

The most important white rot fungus is *Stereum sanguinolentum* (Alb. & Schw.: Fr.) Fr. An increased occurrence of the fungus was recorded on the permanent research plots Pašerácký chodník and Sluneční údolí. The proportion of rots caused by *Stereum sanguinolentum* on the plot Sluneční údolí was 17% (Table 5). The main reason for the infection of live trees is mechanical damage to their stems by barking. The infected stems break down and the stand is gradually disintegrated. From the forest-

Table 5. The volume of rotten wood, decayed by dominant species of wood-decaying fungi

	Sluneční údolí		Modrý důl		Mumlavská hora	
	volume (m ³)	(%)	volume (m ³)	(%)	volume (m ³)	(%)
<i>Fomitopsis pinicola</i> (Sw.: Fr.) P. Karst.	6.0	49	8.3	64	8.9	91
<i>Stereum sanguinolentum</i> (Alb. & Schw.: Fr.) Fr.	2.1	17	0	0	0	0
<i>Phellinus nigrolimitatus</i> (Romell) Bourd. & Galz.	0.9	7	0	0	0	0
<i>Trichaptum abietinum</i> (Pers. in Gmel.: Fr.) Ryv.	0.7	6	0	0	0	0
<i>Phellinus viticola</i> (Schw.: Fr.) Donk	0.5	4	0.5	4	0	0
<i>Climacocystis borealis</i> (Fr.) Kotl. & Pouz.	0.4	3	0	0	0	0
<i>Gloeophyllum sepiarium</i> (Wulf.: Fr.) P. Karst.	0	0	0	0	0.6	6
<i>Heterobasidion annosum</i> (Fr.) Bref.	0	0	0.9	7	0	0
Without decay	0	0	1.1	8	0	0
Unidentified brown rot	0.7	6	1.2	9	0	0
Unidentified white rot	1.0	8	1.1	8	0.3	3
Total volume of searching trees	12.3	100	13.1	100	9.8	100

ry point of view, the losses due to *Stereum sanguinolentum* are most serious. Tree breaks offer favourable conditions to bark insects for reproduction and to start their gradation.

Apart from *Stereum sanguinolentum* (Alb. & Schw.: Fr.) Fr., another important fungus participating in the decomposition of smallwood, and partly stem wood mass, is *Trichaptum abietinum* (Pers. in Gmel.: Fr.) Ryv., also a white rot fungus.

Honey fungi were identified on the plots under study only by the symptoms of infection on living stems. The only fruiting bodies found were those of *Armillaria borealis* Marxmüller et Korhonen, always on spruce stems

at a height of about 1.5–3 m. A larger amount of spruce trees infected with the honey fungus was found on the plot Modrý důl.

The rot caused by *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. was detected in the localities of Modrý důl, Sluneční údolí and Pašerácký chodník.

Climacocystis borealis (Fr.) Kotl. et Pouz. infests individual trees and is considered to be an indicator of natural spruce dispersal.

Another interesting fungus is *Phellinus nigrolimitatus* (Romell) Bourd. & Galz. Fruiting bodies of this fungus grow out from the bottom side of rotting stems and therefore the species was originally considered as a sapro-

Table 6. The characteristics of main species of wood destroying fungi

Species	Rot	Ecology	Stage	Importance
1. <i>Amylostereum areolatum</i> (Fr.) Boidin	W	S	II/III	*
2. <i>Antrrodia heteromorpha</i> (Fr.) Donk	W	S	II	*
3. <i>Antrrodia serialis</i> (Fr.) Donk	W	S	II	*
4. <i>Antrrodia sinuosa</i> (Fr.) P. Karst.	W	S	II	*
5. <i>Armillaria borealis</i> Marxmüller et Korhonen	W	P	I	**
6. <i>Armillaria</i> sp.	W	P	I	**
7. <i>Climacocystis borealis</i> (Fr.) Kotl. & Pouz.	W	P	I	**/**
8. <i>Crepidotus cesatii</i> (Rab.) Sacc.	W	S	I	*
9. <i>Exidia pithya</i> Alb. & Schw.: Fr.	W	S	III	*
10. <i>Fomitopsis pinicola</i> (Sw.: Fr.) P. Karst.	B	SP	I	***
11. <i>Galerina marginata</i> (Fr.) Kuehn.	W	S	II/III	*
12. <i>Gloeophyllum sepiarium</i> (Wulf.: Fr.) P. Karst.	B	S	II	**
13. <i>Gymnopilus penetrans</i> (Fr.: Fr.) Murr.	W	S	II	*/**
14. <i>Gymnopilus picreus</i> (Pers.: Fr.) Karst.	W	S	II	*
15. <i>Gymnopilus sapineus</i> (Fr.) Mre.	W	S	II	*/**
16. <i>Heridium coralloides</i> (Scop.: Fr.) S. F. Gray	W	P	I	*
17. <i>Heterobasidion annosum</i> (Fr.) Bref.	W	P	I	**
18. <i>Hypholoma fasciculare</i> (Huds.: Fr.) Kummer	W	S	I/II	**
19. <i>Leptoporus mollis</i> (Pers.: Fr.) Pilát	B	SP	I	*
20. <i>Phellinus nigrolimitatus</i> (Romell) Bourd. & Galz.	W	P	I	*
21. <i>Phellinus viticola</i> (Schw.: Fr.) Donk	W	S	I	*
22. <i>Pholiota adiposa</i> (Fr.) Kummer	W	S	I	*
23. <i>Pholiota astragalina</i> (Fr.) Sing.	W	S	II	*
24. <i>Pholiota squarrosa</i> (Pers.: Fr.) Kummer	W	SP	I	*
25. <i>Physisporinus sanguinolentus</i> (Alb. & Schw.: Fr.) Pilát	W	S	II	*
26. <i>Pleurocybella porrigens</i> (Pers.: Fr.) Sing.	W	S	II	*
27. <i>Postia caesia</i> (Schr.: Fr.) P. Karst.	W	S	I	*
28. <i>Postia stiptica</i> (Pers. Fr.) Juelich	B	SP	I	*
29. <i>Stereum sanguinolentum</i> (Alb. & Schw.: Fr.) Fr.	W	SP	I	***
30. <i>Trichaptum abietinum</i> (Pers. in Gmel.: Fr.) Ryv.	W	S	I/II	**
31. <i>Tricholomopsis decora</i> (Fr.) Sing.	W	S	III	*
32. <i>Tricholomopsis rutilans</i> (Schff.: Fr.) Sing.	W	S	III	*

Legend: Rot: W – white rot, B – brown rot

Ecology: S – saprophytic species on dead wood, P – parasitic species, SP – wood-decaying species

Stage: Stage of wood colonization I – primary colonization on living stems, II – secondary colonization on fallen trunks, stumps etc., III – tertiary colonization of wood at advanced, stage of decomposition

Importance: *marginal species, **important decomposer of wood, ***dominant species

phyte. The fructification stage is preceded by a relatively long parasitic stage when the sapwood of infected spruce trees is gradually colonized with honeycomb rot of the fungus.

Hericium coralloides (Scop.: Fr.) S. F. Gray occurred on several old spruce trees in the localities Alžbětinka and Pašerácký chodník. The fungus is known to prefer firs; however, in mountain regions it can also be seen on old spruce stems.

A rare wood-decaying fungus is *Leptoporus mollis* (Pers.: Fr.) Pilát, found on the spruce stems on the permanent sample plots Sluneční údolí and Pašerácký chodník. In the Czech Republic the fungus is known only from mountain regions including the Krkonoše Mts. (KOTLA-BA 1984).

Phellinus viticola (Schw.: Fr.) P. Karst. is a relatively common saprophytic species on the plots under study, decomposing dead branches or colonizing fallen stems.

Pholiota squarrosa was found at the bases of living spruce trees. Along with *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. and *Armillaria* sp. div. the fungus can be classified among spruce root parasites in the conditions of climax spruce stands of the Krkonoše Mts.

Important fungi participating in the liquidation of standing dead trees as originators of so called soft rot on the basal parts of stems are *Gymnopilus penetrans* (Fr.: Fr.) Murr., *G. sapineus* (Fr.) Mre. and *Hypholoma fasciculare* (Huds.: Fr.) Kummer. They attack dead standing trees that have resisted infection for a long time but that fall down due to injury of the stem basal part on the ground-air dividing line. Lying stems can be subjected to colonization by other fungi.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The species diversity on the studied plots of climax spruce stands is not great due to dominant representation of spruce. The range of macromycetes mainly consists of mycorrhizal and wood-decaying fungi, infecting spruce stems at all stages of decomposition.

In 1999, several interesting fungus species were detected on the plots under study: the finding of *Inocybe calamistrata* (Fr.: Fr.) Gillet should be mentioned first as it is a very rare fungus in Bohemia, where it was collected by Pilát in the Šumava Mts. (2 localities) and near the town of Konstantinovy Lázně, and in Moravia (2 localities in the Jeseníky Mts.). In the Alps, its occurrence was recorded at elevations up to 2,350 m. Another interesting finding is *Leptoporus mollis* (Pers.: Fr.) Pilát, a sapwood polypore occurring on spruce in mountain regions. In the Czech territory it is reported from the Krkonoše Mts., Šumava Mts., Jeseníky Mts. and from the Beskids.

A dominant species participating in wood decomposition is *Fomitopsis pinicola* (Sw.: Fr.) P. Karst., brown rot originator. The situation is comparable with similar ecosystems of climax spruce stands in mountain ranges of the Czech Republic that are under the impact of a number of stress factors at the present time. The activation of this fungus can be seen

in the Šumava Mts., where it is one of the main factors causing breaks of dead standing trees left by eight-toothed spruce bark beetles, thus having an important share in the accelerated decomposition of wood mass.

Some plots have dead trees killed by air-pollution standing longer than 10 years with practically no infection. The phenomenon is particularly obvious in mountain ridge extremities where the stands died all of a sudden due to the synergic effect of air pollution and extreme site conditions. These "poles" are then decomposed mainly by fungi attacking roots and stem bases. The trees fall down after more than ten years, most often in consequence of soft rot at the stem base. After having fallen down the trees are further infected and decomposed, most frequently by brown rots caused by *Gloeophyllum sepiarium* (Wulf.: Fr.) P. Karst. and *Fomitopsis pinicola* (Sw.: Fr.) P. Karst.

Another important fungus is *Stereum sanguinolentum* (Alb. & Schw.: Fr.) Fr., frequently occurring in stands that were affected by game barking in the past. The white rot fungus currently occurs in forest ecosystems as a saprophyte on decaying wood. If the stems are mechanically injured, it will also infect living stems and cause their precocious breaks. White rot then provides generally more favourable conditions for natural regeneration. An increased occurrence of the fungus was recorded namely in the vicinity of the sample plots Pašerácký chodník and Sluneční údolí.

The situation is strongly influenced by the existing decomposition of stands, initiated by air-pollution load in the 80s. The phenomenon is most obvious on the plot Mumlavská hora with still intact dead standing trees killed by air pollution that gradually break off. The Pudlava plot is strongly affected by opening the windward edge of the stand due to the liquidation of bark beetle disaster in the vicinity of the plot. In contrast, Sluneční údolí plot must be considered as the most preserved stand with a number of important fungus species signalling the stand's natural character. In this locality, a number of stems showed the occurrence of *Phellinus nigrolimitatus* (Romell) Bourd. & Galz.; identified were also living tree stems with honeycomb rot of the fungus. Similarly, *Climacocystis borealis* (Fr.) Kotl. & Pouz. also indicates the autochthonous character of spruce in this locality. *Leptoporus mollis* (Pers.: Fr.) Pilát and *Hericium coralloides* (Scop.: Fr.) S. F. Gray on living stems of old spruce trees are worth mentioning as well. The Alžbětinka locality is of a similar character but is more afflicted by stand disintegration due to air pollution.

References

- ALBRECHT L., 1991. Die Bedeutung des toten Holzes im Wald. Forstw. Cbl., 110: 106–113.
- ČERNÝ A., 1989. Parazitické dřevokazné houby. Praha, SZN: 99.
- HORT L., VRŠKA T., 1999. Podíl odumřelého dřeva v pralesovitých útvarech v ČR. In: VRŠKA T. (ed.), Význam a funkce odumřelého dřeva v lesních porostech. Sbor. ref. NP Podyjí, Vranov nad Dyjí: 75–86.
- KORPEL Š., 1988. Pralesy Slovenska. Bratislava, Veda: 465.

KOTLABA F., 1984. Zeměpisné rozšíření a ekologie chorošů v Československu. Praha, Academia: 194.
MÍCHAL I., 1999. Ponechávání odumřelého dřeva z hlediska péče o biologickou rozmanitost. In: VRŠKA T. (ed.), Význam a funkce odumřelého dřeva v lesních porostech. Sbor. ref. NP Podyjí, Vranov nad Dyjí: 9–18.

RYPÁČEK V., 1957. Biologie dřevokazných hub. Praha, Academia: 205.
SCHÁNĚL L., 1966. Heterogenous laccase production by mycelium of white-rot fungi. Biol. Plant., 8: 302–308.
SCHÁNĚL L., 1967. A new polyphenoloxidase test for distinguishing between wood-rotting fungi. Biol. Plant., 9: 41–48.

Received 4 July 2001

Rozklad dřevní hmoty v podmínkách klimaxových smrčín porostů v Krkonoších a návazná mykoflóra

L. JANKOVSKÝ¹, A. VÁGNER², J. APLTAUER¹

¹Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta, Brno, Česká republika

²Moravské zemské muzeum, Brno, Česká republika

ABSTRAKT: V podmínkách horských klimaxových smrčín Krkonoš byla sledována mykoflóra ve vztahu k tlejícímu dřevu. Monitorované porosty jsou v menší či větší míře ovlivněny působením imisí v osmdesátých letech. Průměrná hmota mrtvého, resp. tlejícího dřeva, zjištěná na zkusných plochách, je 124 m³ na ha, z toho hmota ležících kmenů je asi 32 m³ na ha. Celkem bylo determinováno 128 druhů makromycetů, z toho 43 druhů dřevních hub. Mykorhizních hub bylo determinováno 54 druhů, dominantními druhy je zhruba 10 druhů. Zmínit je možné *Laccaria laccata* (Scop.: Fr.) Cooke, *Lactarius helvus* Fr., *Lactarius mitissimus* Fr., *Lactarius rufus* (Scop.) Fr., *Russula emetica* (Schaeff.: Fr.) Pers. a *Russula ochroleuca* Pers. Z hlediska objemu rozkládané dřevní hmoty na sledovaných plochách klimaxových smrčín výrazně převažují houby hnědého tlení, jejichž podíl je podle podmínek na ploše 60–95 %. Dominantním druhem je troudnatec pásovaný *Fomitopsis pinicola* (Sw.: Fr.) P. Karst. Z hub bílého tlení je nejvýznamnější pevník krvavějící *Stereum sanguinolentum* (Alb. & Schw.: Fr.) Fr. Na plochách poškozených zvěří činil podíl této houby na dekompozici dřeva až 17 %.

Klíčová slova: mrtvé dřevo; rozklad dřeva; mykoflóra; tlení; hnědá hniloba; bílá hniloba; Krkonoše

Klimaxové smrčiny Krkonoš byly výrazně narušeny působením imisí v osmdesátých letech. V současnosti je možné sledovat známky jakési „rekonvalescence“, které se projevují mimo jiné návratem mykorhizních hub, jako je např. holubinka kolčaví *R. mustelina*. Zároveň intenzivně probíhají dekompoziční procesy odumřelého dřeva. Cílem práce je zhodnotit současnou mykoflóru na zkoumaných plochách především ve vztahu k tlejícímu dřevu a k probíhajícím procesům obnovy lesních ekosystémů.

Dekompozice dřevní hmoty a mykoflóra byla sledována na šesti trvalých výzkumných plochách 50 × 50 m, vytvořených ÚEK AV ČR v Krkonoších. Na plochách byla provedena inventarizace stojících souší a ležících kmenů. Průměr kmenů u stojících kmenů vyjadřuje výčetní tloušťka $d_{1,3}$, u ležících kmenů průměr ve středu kmene $d_{1/2}$. K výpočtu hmoty souší byly použity tabulky ÚLT a Huberův vzorec. Stav kmenů byl analyzován na základě rozboru vnějších symptomů a zhodnocení typu rozkladu dřeva.

Celkem bylo na zkusných plochách determinováno 128 druhů makromycetů, z toho 43 druhů je možné označit jako houby dřevní, 36 druhů je výlučně vázaných na dře-

vo. Mykorhizních druhů hub bylo determinováno 54. Počet mykorhizních druhů je však otevřen s ohledem na komplikovanou determinaci rodů *Cortinarius* a *Dermocybe*, kdy lze předpokládat, že na lokalitách je více než 20 zástupců této skupiny. Za dominantní mykorhizní houby je možné považovat zhruba 10 druhů. Zmínit je možné druhy *Laccaria laccata* (Scop.: Fr.) Cooke, *Lactarius helvus* Fr., *Lactarius mitissimus* Fr., *Lactarius rufus* (Scop.) Fr., *Russula emetica* (Schaeff.: Fr.) Pers. a *Russula ochroleuca* Pers.

Z mykologického hlediska byly nejbohatšími lokalitami Modrý důl a Alžbětinka, nejméně bohatou byla Mumlavská hora.

Průměrná hmota mrtvého, resp. tlejícího dřeva, zjištěná na zkusných plochách, je 124 m³ na ha, z toho hmota ležících kmenů je asi 32 m³ na ha. Situace na jednotlivých plochách se však výrazně liší. Celková hmota tlejícího dřeva např. na ploše Sluneční údolí činila 28 m³ (112 m³ na ha), z toho hmota stojících souší byla 21 m³ (84 m³ na ha; 75 % z celkového množství tlejícího dřeva), hmota padlých kmenů pak 7 m³ (28 m³ na ha; 25 % z celkového tlejícího dřeva). Na ploše

Alžbětinka činila celková hmota tlejícího dřeva 33 m³ (133 m³ na ha), z toho hmota stojících souší byla 24 m³ (96 m³ na ha; 73 % z celkového množství tlejícího dřeva), hmota padlých kmenů byla vyčíslena na 9 m³ (36 m³ na ha; 27 % z celkového množství tlejícího dřeva). Na této ploše byl zjištěn nejvyšší objem tlejícího dřeva.

Z hlediska objemu rozkládané dřevní hmoty na sledovaných plochách klimaxových smrčín výrazně převažují houby hnědého tlení, jejichž podíl je podle podmínek na ploše 60–95 %. Dominantním druhem je troudnatec pásovaný *Fomitopsis pinicola*. Na ploše Mumlavská hora byl touto houbou infikován prakticky každý tlející kmen, vyjádřeno podílem hmoty tlejícího dřeva bylo touto houbou rozkládáno 91 % ležícího dřeva. Na dalších plochách se tento podíl pohyboval nad hranicí 50 %. Z hub hnědého tlení je významnějším druhem ještě trámovka plotní *Gloeophyllum sepiarium*. Ta je význačná svou schopností kolonizovat dřevo s minimální vlhkostí, jako jsou stojící souše na imisních holinách. Tato houba rozkládá rovněž smýcené odkorněné kmeny smrku, které byly ponechány na holinách u pařezu.

Z hub bílého tlení je nejvýznamnější pevník krvavější *Stereum sanguinolentum*. Zvýšený výskyt této houby byl zaznamenán na trvalých výzkumných plochách Pašerácký chodník a Sluneční údolí. Na ploše Sluneční údolí činil podíl hnilob pevníku krvavějšího 17 %. Hlavní příčinou infekce živých kmenů je jejich mechanické poškození loupáním. Na rozkladu dřevní hmoty nehroubí (částečně i kmenů) se vedle pevníku krvavějšího *Stereum sanguinolentum* významnou měrou podílí bránovítec jedlový *Trichaptum abietinum*.

Červená hniloba kořenovníku vrstevnatého *Heterobasidion annosum* byla zjištěna na lokalitách Modrý důl, Sluneční údolí a Pašerácký chodník. Plodnice byly zjištěny pouze na ploše Modrý důl na jednom ze smrků přímo na trvalé výzkumné ploše. V podobném rozsahu byla zjištěna rovněž infekce smrků václavkami.

Za významné houby, které se podílejí jako původci tzv. měkkého tlení bazální části kmenů na likvidaci stojících souší, je možné označit především druhy *Gymnopilus penetrans*,

G. sapineus a *Hypholoma fasciculare*. Díky narušení bazální části kmenů na rozhraní země – vzduch se vyvracejí i po dlouhá léta neinfikované souše. Tento jev je zřejmý především v extrémních hřebenových partiích, kde porosty náhle odumřely v důsledku synergického působení imisí a extrémních stanovištních podmínek. Po pádu na zem jsou pak kmeny dále infikovány a rozkládány; nejčastěji hnědou hnilobou trámovky plotní a troudnatce pásovaného.

Druhá diverzita na sledovaných plochách klimaxových smrčín není vysoká s ohledem na dominantní zastoupení smrku. Spektrum makromycetů tvoří především mykorhizní a dřevokazné houby, infikující smrkové kmeny ve všech stupních rozkladu. Přesto bylo na sledovaných plochách zjištěno několik zajímavých druhů hub. V první řadě je třeba zmínit nález *Inocybe calamistrata* (Fr.). V Čechách je to velmi vzácná houba, kterou sbíral na Šumavě (dvě lokality) a u Konstantinových Lázní Pilát, na Moravě jsou dvě lokality v Jeseníkách, v Alpách vystupuje až do výšky 2 350 m n. m. Dalším zajímavým nálezem je *Leptoporus mollis* (Pers.: Fr.) Pilát, bělochoroš měkký, který se vyskytuje v horských oblastech na smrku. Z našeho území je znám z Krkonoš, Šumavy, Jeseníků a Beskyd.

Zachycený stav je silně ovlivněn stávajícím rozpadem porostů, iniciovaným imisní zátěží v osmdesátých letech. Tento fenomén je nejzřetelnější na ploše Mumlavská hora, kde stále stojí intaktní imisní souše, které se postupně rozlamují. Plocha Pudlava je silně ovlivněna otevřením návětrné hrany porostu v důsledku likvidace kůrovcové kalamity v jejím okolí. Naopak za nejzachovalejší porost s řadou významných druhů hub, které signalizují přirozenost porostu, je třeba považovat Sluneční údolí. Zde byl na řadě kmenů zjištěn ohňovec ohraničený *Phellinus nigrolimitatus*; identifikovány byly i živé kmeny s voštinovou hnilobou této houby. Rovněž plstnateček severský *Climacocystis borealis* indikuje autochtonnost smrku na této lokalitě. Dále je třeba zmínit i *Leptoporus mollis* a *Hericium alpestre* na živých kmenech starých smrků. Obdobný charakter má i lokalita Alžbětinka, která je však více postižena rozpadem porostů v důsledku působení imisí.

Corresponding author:

Dr. Ing. LIBOR JANKOVSKÝ, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav ochrany lesů a myslivosti, Lesnická 37, 613 00 Brno, Česká republika
tel.: + 420 5 45 13 41 16, fax: + 420 5 45 13 41 16, e-mail: jankov@mendelu.cz
