

Česká Zemědělská univerzita
Fakulta životního prostředí
Katedra ekologie a životního prostředí



Biodiverzita a ochrana boreálních lesů

Biodiversity and Protection of the Boreal Forests

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Zasadil, Ph.D.

Vypracovala: Jana Říhová

2008

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, pod vedením Ing. Petra Zasadila, Ph.D. a uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.
V Praze 23.4.2008

Poděkování

Na tomto místě bych ráda vyjádřila poděkování svému vedoucímu bakalařské práce Ing. Petru Zasadilovi, Ph.D. za pomoc a užitečné rady při jejím vypracování.

Abstrakt

Tato práce je zaměřena na biot boreálního lesa (tajgy), popis ekosystému boreálního lesa a jeho ohrožení a možnosti jeho ochrany. Boreální les se nachází mezi 50. – 70. severní rovnoběžkou v Severní Americe a Eurasii. Podmínky k životu jsou zde neobyčejně drsné. Amplituda mezi maximální a minimální teplotou může být až 100 °C. V zimě je půda kontinuálně zmrzlá a tvoří permafrost. Nízká teplota způsobuje pomalou dekompozici a tím malé množství živin v půdě. Důležitou roli v dynamice ekosystému tajgy hrají přirozené disturbance, a to hlavně oheň, vítr, hmyz a houbová onemocnění, které přispívají k přirozené regeneraci lesa a také zvyšují množství odumřelého dřeva, který je klíčový pro mnoho saproxylických organismů. Nejvýznamnější součástí tajgy jsou stromy, hlavně pak jehličnany. V podrostu jsou většinou zastoupeny zakrslé keře a vzácně byliny. Další výraznou součástí této oblasti jsou husté koberec mechů a lišejníků. Skutečné druhové bohatství zde však tvoří houby žijící na dřevě. Na tyto houby je vázáno velké množství bezobratlých živočichů, ať už přímo jako na mikrostanoviště nebo na rozkládající se dřevo. Dřevokazným houbám boreálního lesa je větší pozornost věnována až v poslední době. Význam dřevokazných hub je hlavně v dekompozici dřeva a tím usnadnění koloběhu energie a živin. Dřevokazné houby mohou být využity v ochraně přírody jako indikátory biodiverzity. Živočiškové jsou podobné jak v Eurasii, tak v Severní Americe. Druhy zvířat jsou z velké části určeny převahou jehličnanů. Většina z nich je přímo nebo nepřímo závislá na produkci semen a šišek, což vede k migracím. Ptáci pak migrují nejen za potravou, ale také za příznivějšími klimatickými podmínkami na zimovištích. Velkých býložravců a šelem je zde jen několik druhů, ale je zde vysoká diverzita drobných savců a také je zde velké druhové bohatství hmyzu. Bohužel hmyz zde byl v minulosti velmi opomíjený a stále je dosti neprozkoumaný. Během 19. a 20. století začal být boreální les ohrožován činností člověka, zejména pak rozvojem intenzivního lesnictví a těžbou nerostných surovin. V poslední době se k ohrožujícím faktorům může také přičíst sportovní lov a turistika. Dnes je snaha o záchranu původní dynamiky a biodiverzity tohoto biot. Většina nových lesnických metod se zatím příliš neuplatňuje v praxi.

Klíčová slova: boreální les, tajga, biodiverzita

This thesis deals with the great northern coniferous biome known as the boreal forest or the taiga, especially with the description of this ecosystem, the relevant threats and its protection. The taiga zone occupies the north of Eurasia and North America between 50. – 70. N. There are very harsh conditions for life. Amplitude between maximum and low temperature may be 100 °C. In the cold winter, the taiga soils may freeze to great depth and create permafrost. The climate is too cold for microorganisms to be active, and so leaf decomposition is slow and it is led to low number of nutrients in soil. The important role in boreal ecosystem have natural disturbances such as fire, wind, insect and fungi which is contributing to amount of coarse wood debris (CWD). CWD is important for many saproxylic organisms. Coniferous trees are the most remarkable. Under canopy are usually dwarf shrubs and rarely herbs. Mosses and lichens are other important part of boreal forest. The true species richness are fungi. Fungi decompose dead wood and they are important for nutrient cycle. Dead wood and fungi are important for invertebrates as their microhabitat. In comparison to other species, the attention to the fungi has been paid only recently. Animal species are similar in Eurasia and North America. Most of the animals of the taiga depend on the seeds of conifers directly or indirectly, so it is not surprising that many birds and mammals migrate, either periodically or seasonally, to sites where food is more abundant. Many birds migrate every winter to overwinter. There is only small number of species of large herbivores and carnivores. On the contrary, in the taiga is high diversity of small mammals and there is also great species richness of insect. Unfortunately the study of the biodiversity of boreal insects has been neglected in the past, however some progress has been made recently. During 19th and 20th century the boreal forest have been threatened by human activity such as intensive forest management and mining and industrial activity. The ecology of boreal forest can also be negatively affected by „wilderness tourism“ and „sport hunting“. Forestry practices intended to ensure ecological sustainability have been developed rapidly during the past decade but the new forestry practices are largely untested scientific hypotheses.

Key words: boreal forest, taiga, biodiversity

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Stručná charakteristika biomu boreálního lesa	2
2.1 Co je boreální les.....	2
2.2 Podmínky pro vývoj boreálního lesa.....	3
3. Ekologické a geografické podmínky.....	5
3.1 Klima.....	6
3.1.2 Význam vody a sněhu	6
3.1.3 Teplota jako mezní faktor	7
3.2 Půda.....	8
3.3 Přirozené disturbance	12
3.3.1 Lesní požáry	13
3.3.2 Vývraty a mezery v lesní skladbě	15
3.3.3 Hmyz a houbová onemocnění	16
3.3.4 Další disturbanční faktory	17
4. Rostlinná společenstva	18
4.1 Stromové patro	18
4.1.1 Eurasie.....	19
4.1.1.1 Fennoskandie.....	19
4.1.1.2 Evropská část Ruska – Ruská pláň.....	20
4.1.1.3 Asijská část Ruska.....	20
4.1.2 Severní Amerika.....	21
4.2 Spodní stromové patro	22
4.3 Keříčková společenstva.....	22
4.4 Bylinné patro	23
5. Mechy, lišejníky, houby	24
5.1 Mechy.....	24
5.1.1 Hlavní boreální mechy	24
5.2 Lišejníky.....	26

5.3 Dřevokazné houby	27
5.3.1 Druhová diverzita hub na borovém dřevě	29
5.3.2 Druhová diverzita ve starých smrkových porostech	29
5.3.3 Několik vybraných druhů	31
6. Živočišná společenstva	33
6.1 Obratlovci	33
6.1.1 Savci	34
6.1.4 Ptáci	36
6.1.5 Obojživelníci a plazi	38
6.2 Bezobratlí	38
6.2.1 Brouci	39
6.2.2 Disturbanční druhy	40
7. Hlavní ohrožující faktory	41
7.1 Těžba dřeva	41
7.2 Těžba nerostných surovin	44
7.3 Další faktory	45
8. Ochrana lesů boreální oblasti	46
8.1 Cíle ochrany biodiverzity	46
8.2 Vývoj ochrany biodiverzity	50
7.3 Nové metody lesního hospodářství a ochrany biodiverzity	51
7.3.1 Ponechávání skupin stromů (Green tree retention)	51
7.3.2 Řízené vypalování (Prescribed burning)	52
8.3.3 Ponechávání odumřelého dřeva	53
8.3.4 Koridory	54
8.3.5 Indikační druhy	54
8.3.6 Klíčová lesní stanoviště (Woodland Key habitats)	55
8.4 Rezervace – chráněné území	55
8.5 Institucionální nástroje	56
Závěr	58
Seznam literatury	60

Seznam příloh

Příloha č. 1 Rozšíření hlavních vegetačních formací Země a z něho vyplývající vegetační zonalita

Příloha č. 2 Cirkumpolární rozšíření boreálního lesa

Příloha č. 3 Schématický model rozložení biomasy a energetického toku v jehličnaté tajze

Příloha č. 4 Hlavní druhy stromů boreálního lesa

Příloha č. 5 Biotické zóny, zono – ekotony a sektory a na Sibiři

Příloha č. 6 Schématické znázornění vegetačních zón, subzón a sektorů v Eurasii

Příloha č. 7 Vegetační zóny

Příloha č. 8 Stromy v Severní Americe

Příloha č. 9 Stromy v Eurasii

Příloha č. 10 Biosferické rezervace UNESCO

1. Úvod

Termín biologická rozmanitost neboli biodiverzita zdůrazňuje různorodost a rozmanitost organismů a jejich prostředí. Biologická rozmanitost se jako nová koncepce integrující všechny úrovně živého světa od genů až po ekosystémy objevila v polovině 80. let 20. století (Wilson 1988 in Vačkář 2005). Jak dokazují záznamy v nejrůznějších databázích od té doby, patří výraz biodiverzita v souvislosti s životním prostředím mezi vůbec nejpoužívanější termíny a stal se běžnou součástí slovníku nejen vědců ale i úředníků, řídicích pracovníků a politiků (Plesník in Vačkář 2005). Ale přesto o biodiverzitě v souvislosti s boreálním lesem se příliš nemluví. V minulosti byla biologická rozmanitost tajgy (a mnohdy stále je) pokládána za nízkou. Ani význam pro lidstvo nebyl pokládán za nijak vysoký mimo produkci dřeva. Fennoskandinávský boreální les byl studován již od dob Carla von Linné v 18. století. Stále však v biodiverzitě boreálního lesa zůstává řada neznámých. Skoro nic nevíme o specifických ekologických požadavcích jednotlivých druhů. (HAILA 1994 in KOMONEN 2003)

A přitom pás boreálních lesů obepíná celou severní polokouli a významně se podílí na produkci světových zásob kyslíku a na redukci CO₂. Společně s tropickým deštným lesem tak pomáhá rozhodujícím způsobem udržovat vhodné podmínky pro život na Zemi. Zatímco o úbytku tropických lesů se mluví už dlouho, o podobných problémech v boreálním pásmu se v některých oblastech teprve mluvit začíná (KUSBACH 2005). Bylo dokázáno, že roční produkce boreálního lesa je přes nepříznivé podmínky srovnatelná s produkcí tropických lesů. I biologická rozmanitost je zde dosti vysoká. Nejedná se sice o barevně a velikostně nápadné organismy, ale o organismy důmyslně přizpůsobené k přežití v neobyčejně krutých podmínkách severu, zejména pak bezobratlí a dřevorozkladné houby.

Cíle práce:

Cílem této práce je provést literární rešerši se zaměřením na biodiverzitu boreálního lesa a její ochranu, charakterizovat biot boreálního lesa a popsat jeho rostlinná a živočišná společenstva. Dalším cílem práce je podat souhrn hlavních ohrožujících faktorů a možností ochrany biodiverzity v biotu boreálního lesa.

2. Stručná charakteristika biomu boreálního lesa

Boreální les neboli tajga je jehličnatý les tvořících široký pás kolem severní části severní polokoule. „Tajga“ je slovo rusko-mongolského původu (v jakutštině znamená „tia“ les) bylo přijato téměř všemi jazyky světa. Nejběžněji se používá k označení jehličnatých lesů tvořících široký pás kolem severní části severní polokoule v drsných klimatických podmínkách nejsevernějších částí mírného pásu. Jehličnaté lesy, které mohou být označeny jako tajga, se vyskytují také na jihu ve vyšších nadmořských výškách a v subalpínském pásmu hor v tropech (FOLCH & CAMARASA 2000). Boreální les se nachází okolo celé severní polokoule kde se rozkládá na pásu širokém asi 1000 km, který prochází Severní Amerikou a Eurasií (LARSEN 1980). Rozšíření boreálního lesa je znázorněno v příloze č. 1 a 2.

2.1 Co je boreální les

Boreální les pokrývá kolem 10 % souše světa a je nejrozšířenější vegetací severní polokoule mimo tropy. Všechny jehličnaté stromy tajgy mají dlouhé, tenké jehlovité listy s dobře vyvinutou sklerenchymatickou kutikulou (FOLCH & CAMARASA 2000). Převládajícími rody jsou zde smrky (*Picea*), jedle (*Abies*), borovice (*Pinus*), modřiny (*Larix*) a v Severní Americe pak ještě *Tsuga* (*Tsuga*). Opadavé stromy jsou zde převážně z rodů olše (*Alnus*), bříza (*Betula*), topol (*Populus*) a nejsou tolik významné. Boreální lesy, kde převládají smrky, jedle, tsugy a douglasky v Severní Americe – tj. stromy s temně zeleným jehličím – jsou známy jako temná tajga (dark taiga). Lesy, kde převládají dřeviny jako modřiny a většina druhů borovic se světle zeleným jehličím jsou známa jako světlá tajga (light taiga). Ekosystémy tajgy někdy obsahují jehličnany z jiných čeledí, jako např. jalovce (*Juniperus*). Bylinné a mechové patro je většinou druhově chudé. Mechové patro je většinou nápadně dominují zde mechy a/nebo lišejníky. A pokrývají zde zem jako hustými koberec (FOLCH & CAMARASA 2000, HYTTEBORN et al. 2005). Ve většině ekosystémů tajgy je stromová pokrývka hustá a trvá celý rok. Biom tajgy tak vykazuje srovnatelně vysokou úroveň roční produkce navzdory nízké teplotě po jednu polovinu roku. (FOLCH & CAMARASA 2000)

Lesy tajgy mají též velkou důležitost pro lidstvo, neboť jsou největším světovým zdrojem dřeva (FOLCH & CAMARASA 2000) a jsou významné v globálním cyklu uhlíku.

2.2 Podmínky pro vývoj boreálního lesa

Zóny vegetace úzce korelují s průměrnou celkovou bilancí slunečního záření. Záření během vegetačního období je téměř konstantní, jak v oblasti tundry, tak boreálního lesa přesto je mezi nimi ostrý skok. Tento gradient je působen hlavně albedem na jaře. Ve většině boreálního pásu sníh pokrývá koruny jehličnatých stromů a v zimě dochází k silné absorpci záření v protikladu k tundře, kde sněhem pokrytá země záření odráží. Nízké albedo v lese umožňuje rychlejší zahřívání na jaře a tudíž delší období bez mrazu nežli v tundře a pro to je zhruba o 56 dní delší v boreálním lese než v tundře, ačkoliv oba pásy jsou vzdáleny někdy méně než 40 km. (HARE & RITCHIE 1972 in LARSEN 1980)

Stromy v této oblasti rostou jen díky příznivějším klimatickým podmínkám. V porovnání se severskou tundrou dopadá na tuto část polokoule větší množství slunečního svitu. Blíže pólu je léto tak krátké, že žádný strom tam nemá dost času na to, aby vytvořil vyšší kmen a tuhé listí, které by snesly kruté mrazy. Avšak jižněji aspoň třicet dní v roce bývá dostatek světla a teplota také vystupuje nejméně nad 10 °C, což stromům postačí k vývoji. Jinak jsou zde podmínky k životu stále ještě neobyčejně drsné. Teplota v zimě může klesnout až na – 40 °C, tedy ještě níž než při rekordních mrazech v tundře. Sněhové závěje hlubokého sněhu se mohou udržet až půl roku. Hluboké mrazy ohrožují existenci stromů dvojitým způsobem. Voda v buňkách může zmrznout a krystalky ledu potrhají živá pletiva. Nízké teploty také brání v příjmu vody s rozpuštěnými minerálními látkami. I když je zde voda v nadbytku ve formě sněhu, nebo ledu, v pevném skupenství je pro rostliny naprosto nepřijatelná. (LARSEN 1980)

Základní podmínkou pro vývoj krajiny tajgy je vlhké klima, ve kterém množství vody ze srážek je větší než ztráta vypařováním. V typickém lese tajgy se 50 -70 % srážek vypaří a zbývající voda odtéká a tam, kde má odtok překážky, tvoří se mokřady. V tajze východní části střední Evropy např. činí průměrné roční srážky kolem 750 mm, ale vypařuje se pouze kolem 450 mm. V mnoha regionech se v září tvoří stálá vrstva sněhu, která neroztaje do začátku příštího léta. Stromy a keře nemají nové listy do konce května a jsou zde noční mrazy dokonce v červenci. (FOLCH & CAMARASA 2000)

Boreální lesy rostou v oblastech, kde střední teploty v červenci jsou mezi 12 °C a 20 °C – obvykle mezi 15 °C a 18 °C – a průměrné roční srážky v těchto oblastech jsou mezi 200 mm a 1000 mm. Jedním z nejkritičtějších požadavků pro růst tajgy, zejména temné tajgy je vysoká vlhkost vzduchu v letních měsících. Stromy tajgy nemohou růst v aridních oblastech, dokonce ani s hojným zavlažováním. Většina druhů jehličnanů je na druhou stranu mimořádně odolná vůči chladu. Teploty na východní Sibiři v zimě mohou poklesnout až na – 60 °C. V kontinentálních oblastech, kde velmi studené zimy střídá velmi horké léto, ani teplotní rozsah během roku, který může být až 100 °C, nebrání např. modřínu dahurskému (*Larix gmelinii*) a některým jiným jehličnanům v růstu. (FOLCH & CAMARASA 2000)

3. Ekologické a geografické podmínky

Ekosystém boreálního lese je výrazným reprezentatem geografické zóny – a tedy zonobiomem – mezi 50. – 70. severní rovnoběžkou v Severní Americe a Eurasii, přičemž vlivem oceanických větrů a mořských proudů je na západním konci tento biom posunut severněji (Aljaška, západní Kanada, Skandinávie), na východním konci naopak stlačen k jihu (východní Kanada a východní Rusko). Na jižním okraji sousedí se širokolistým opadavým lesem nebo kontinentální stepí. Na severním okraji je tajga omezena tzv. polární hranicí lesa, která zhruba probíhá v místech, kde je v nejteplejším měsíci roku (červenci) ještě průměrná teplota vyšší než 10 °C. Na pacifickém pobřeží Kanady a Spojených států v nižších geografických šířkách vznikl zvláštní ekosystém vždy zelených jehličnatých lesů, jejichž vysoce oceanický klimatický i pravidelně zvlhčený edafon jsou již odlišné od typické tajgy. Roste v nich druhově bohatá směs jehličnanů v luxuriálních formacích o výšce až 100 metrů. (JENÍK 1998)

Tajga na severu přechází v lesotundru a na jihu ve smíšený les (jehličnany, listnáče) nazývaný subtajga. Tato oblast se v Evropě skládá ze dvou geografických regionů, které se odlišují skladbou lesa.

- Fennoskandie tvořená Baltským štítem, pro který je typický obnažený (denudovaný) tektonický kopcovito – hřebenový relief, zahrnující oblast nízkých hor. Jednoznačně zde dominují borová stanoviště.
- Ruská (východoevropská) planina, která je tvořena zejména plochými meziříčními oblastmi a morénovitými kopci, kde jednoznačně dominují smrková stanoviště.

Hranice mezi těmito dvěma kontrastními geografickými oblastmi probíhá např. v západním Rusku přibližně podél administrativní hranice mezi Karelskou republikou a Archangelskou gubernií. Oblast tajgy se dále dělí na severní, střední a jižní tajgovou podzónu, v závislosti na strukturních charakteristikách stanoviště jako je denzita, produktivita a živý porost ovlivněné střídáním severního a jižního klimatu. (GROMTSEV 2002)

3.1 Klima

Hlavní charakteristikou klimatu taigy jsou čtyři roční období – jaro, léto, podzim, zima. (HYTTEBORN et al. 2005)

Dalšími Charakteristické rysy klimatu boreálního lesa jsou (JENÍK 1998):

- Méně než 4 měsíce, ale alespoň 1 měsíc s průměrnou denní teplotou nad 10 °C,
- Značná amplituda mezi maximální a minimální teplotou, na východní Sibiři až 100 °C,
- Poměrně nevysoký roční úhrn srážek (při nízké teplotě však ztráty výparem),
- Maximum srážek v létě

Většina boreálního lesa Eurasie je situována daleko od moře a velká část je v rovině. Z jihu je velká část asijské tajgy chráněna řetězcem pohoří a rovněž od západu je chráněna pohořím Ural. Od severu zde žádná bariéra není a tak zde klimatu dominují masy arktického vzduchu. Průměrná roční teplota je nízká a rovněž tak průměrné roční srážky, klima je charakterizováno jako kontinentální. Léto na Sibiři je krátké, spíše teplé a slunečné. V Evropě je klima tajgy determinováno Atlantickou cyklonou, která dělá klima méně stabilním a deštivým, ale také s periodami teplého počasí (HYTTEBORN et al. 2005). Severní Americe se dá rozdělit na zóny s přímořským klimatem, kontinentální a vysoce kontinentální (WEBER & VAN CLEVE 2005).

3.1.2 Význam vody a sněhu

Za normálních okolností, jsou-li roční srážky nižší než 400 mm a není zde dodatečná dodávka vody, stromy, obzvláště jehličnany, rostou slabé a zakrslé, jako je tomu v tundrovém lese. Na východní Sibiři, zejména ve středním Jakutsku, však rostou stromy na místech, kde průměrné roční srážky dosahují stěží 300 mm a v některých letech méně než 200 mm. Kontinentální oblasti severozápadní Kanady, kde je umístěna pánev Yukonu, mají také velmi nízké průměrné roční srážky 240 - 260 mm, srovnatelné s mnoha pouštěmi světa. Tyto lesy existují, protože je zde permafrost pod půdami Jakutska a Yukonu a kořeny stromů mohou získat vodu z roztáhlého permafrostu a z kondenzace vody ze vzduchu na chladném povrchu půdy. (FOLCH & CAMARASA 2000)

Tajga je často považována za jedinou (jednotlivou) oblast s vysoce kontinentálním klimatem, ale např. v severní Americe je oblast tohoto biomu velmi proměnlivá. Obsahuje mnoho přidružených ekoklimat, od subhumidní tajgy v préríjních provinciích přes vlhkou tajgu v severním Ontariu po perhumidní (velmi vlhkou) tajgu ve východní Kanadě. Energie, srážky a délka vegetačního období všechny dostačují k růstu stromů na těchto místech, ačkoliv dominantní druhy v lesích se mohou lišit. Sjednocujícím rysem všech těchto ekoklimat je, že jehličnany jsou upřednostňovány před širokolistými opadavými stromy. Širokolisté stromy jsou dominantní nebo kodominantní jedině s jehličnany, kde podmínky jsou subhumidní nebo mírné, kde byly novější lesní požáry a v mokřadech podél řek. (FOLCH & CAMARASA 2000)

Sníh dramaticky snižuje velikost změny mezi teplotou půdy a vrstvy vzduchu nejbližší k půdě, takže sněhová pokrývka je velmi prospěšná pro vegetaci, neboť udržuje půdu teplou a v zimě je půda vždy teplejší než vzduch (v hloubce 50 cm je teplota půdy o 15 - 20 °C vyšší než teplota vzduchu), čímž chrání kořeny rostlin od mrznoucí celiny. Mnoho rostlin tajgy nemůže v extrémně chladných zimách žít bez hladké, sypké, ochranné vrstvy sněhu (která je velmi špatným vodičem tepla), která trvá celou zimu. V Eurasii určuje střední roční teplota a tloušťka sněhové vrstvy rozložení permafrostu. V evropském pásu tajgy, kde průměrná roční teplota je vyšší než 0 °C a srážky v zimě jsou hojné, jižní hranice permafrostu je položena severněji než hranice tajgy v oblasti tundry. Existují však důkazy, že během čtvrtohorního zalednění byl permafrost přítomen v celé dnešní oblasti tajgy v Evropě. Na východ od řeky Jenisej, kde je klima výjimečně kontinentální a sněhové srážky v zimě jsou řídké, jižní hranice permafrostu je posunuta ostřeji na jih. (FOLCH & CAMARASA 2000)

3.1.3 Teplota jako mezní faktor

Typ krajiny tajgy je z velké části dán množstvím energie, kterou využívá. V boreálních lesích je celkové roční množství energie přijaté ze slunečního záření kolem 70 - 100 kcal/cm² a roční energetické bilance mezi zářením přijatým a odraženým je kolem 25 - 30 kcal/cm². Tyto stromy nemohou růst, když průměrná teplota nejteplejšího měsíce je nižší než 10 °C; na dalekém severu je nejteplejší měsíc obvykle červenec, ačkoliv v pobřežních oblastech je to často srpen. Pro lesní krajinu dokonce 10 °C nestačí. (FOLCH & CAMARASA 2000)

Na severu je boreální oblast ohraničena pozicí červencové izoterm 13 °C (čára spojující oblasti, které mají současně tutéž střední teplotu) s výraznějšími odchylkami v oblastech s horskými a oceánickými vlivy. Jižní hranice boreální oblasti v centrální a východní Kanadě je tvořena červencovou izotermou 18 °C. V západních provinciích Saskatchewan a Alberta, ve kterých převládají chladnější podmínky, jižní okraj boreální oblasti leží na sever od této izoterm (18 °C) a směřuje do oblastí, kde jsou roční srážky větší než v jižní části kanadských prérijních provincií. (LARSEN 1980)

Nejhustší nebo boreální lesy s plně zapojenými porosty rostou na jižnějších šířkách (nebo na nižších úrovních úbočí hor) se střední červencovou izotermou 12 °C a 13 °C. V širokém pásu otevřeného boreálního (tundrového) lesa na střední červencové izotermě mezi 13 °C a 10 °C stromy vykazují známky stresu a jsou zakrslé, nízké a vzácné. Vyrůstající letní teploty kombinované s poklesem srážek snižují rozložení jehličnanů. Jako obecné pravidlo může být řečeno, že tmavě zbarvené jehličnany (jedle, smrky, jedlovec) nerostou na plochých rovinách na jih od červencové izoterm 18 °C a 19 °C a vyskytují se pouze v údolích a na stinných svazích. (FOLCH & CAMARASA 2000)

Čím větší výška, tím důležitější je teplota jako ekologický faktor určující fyziologii vegetace. Pouze teploty hrají klíčovou roli v tundře. Jih tundry na východní Sibiři, přilehlé oblasti s identickými teplotními podmínkami mohou podporovat boreální lesy nebo stepi. jako všude jinde na planetě (s výjimkou polárních oblastí), skutečnost, zda tyto oblasti podporují lesní, stepní nebo pouštní ekosystémy, závisí hlavně na vlhkostních podmínkách. Jestliže horský řetězec brání pohybu mas vlhkého vzduchu z oceánu, oblast za horami bude podporovat step, nikoliv les. Rozdíly v půdních třídách mohou také určit, zda jsou vlhkostní podmínky příznivé. Jílovité půdy brání vodě ze srážek prosakovat do půdy a mohou tak na nich růst stromy. Písčité půdy dovolují vodě prosáknout do půdy a tak stromy nemají dost vody, aby rostly. (FOLCH & CAMARASA 2000)

3.2 Půda

Ve skoro celé boreální oblasti jsou roční srážky nízké, ale protože je zde velice nízká evapotranspirace i během léta a srážky jsou soustředěny do vegetačního období, můžeme na toto klima pohlížet jako na vlhké. (FOLCH & CAMARASA 2000)

Velice vzácně může povrch půdy pod stromy vyschnout a způsobit prodloužený vzestup nebo kapilární pohyb půdního roztoku. V zimě je půda kontinuálně zmrzlá a během léta může tající a dešťová voda prosakovat skrz půdu dolů. Díky hustému porostu a zastínění je nad půdním povrchem udržována atmosféra a tak je půdní povrch chráněn před vysokým výparem. Z důvodu kombinace všech těchto faktorů pohybů vody v půdě zde půdní voda skoro vždy směřuje dolů. Postupné loužení je proto velmi rychlé a je nevyhnutelné objevení typu půdy *pedalfer* (EYRE 1966). Během zimy může být půda v tajze zmrzlá do velkých hloubek a začíná roztávat až v pozdním jaře a brzkém létě. Ale kromě vysoce kontinentálních oblastí zde permafrost není běžný. Sezónní zamrzání znamená, že půda má specifické morfologické vlastnosti. Pro aktivitu mikroorganismy je klima příliš chladné a tak dekompozice probíhá velice pomalu a může zabrat několik let. Z tohoto důvodu zde vzniká silná vrstva opadanky. (FOLCH & CAMARASA 2000)

Velikost půdních částic hraje hlavní roli v rozšíření boreálního lesa. Jehličnany upřednostňují lehké půdy, které mají velkou schopnost zadržovat vodu (retenční kapacitu). Písčité půdy, které nedokáží zadržet tolik vody, jsou zabírány borovicí, která nevyžaduje tolik vody. Jedle rostoucí v evropské části tajgy vyžaduje vysokou vlhkost a upřednostňuje jílovité půdy. Půda v tajze je kyselá (pH 3,5 – 4,5). Hlavním důvodem je matečná hornina, která je bohatá na křemen a chudá na zásadité kationty. Odkryvy zásaditých hornin, jako je třeba vápenec, jsou vzácné, ale jsou zajímavé svou odlišností. Dalším důvodem pro kyselost půdy je, že opadanka z jehlic, větví, šišek atd. je velice chudá na minerály (FOLCH & CAMARASA 2000). Opadanka hromadí se na půdním povrchu (O horizont) hraje v tajze důležitou roli. Tento horizont nelze rozdělit na subhorizonty a tak velice záleží na míře rozložení opadu. Rozkladem se vytváří stabilní organická směs, která se smísí s minerálními složkami, které rostliny potřebují ke svému růstu. Živiny uložené v organických zbytcích jsou postupně uvolňovány pomocí činnosti mikroorganismů a zajišťují tak rostlinám plynulý přísun živin. V kyselém prostředí jsou hlavními organismy, které rozkládají odumřelý organický materiál, houby, ačkoliv jsou aktivní pouze při určitých teplotách. Opadanka se skládá hlavně z odumřelých rostlinných zbytků, nejvíce pak z kořenů rostlin. (FOLCH & CAMARASA 2000)

Kořeny představují hlavní objem k získávání omezeného množství živin. Jestliže je permafrost blízko povrchu půdy, je opadanka ještě více důležitá, neboť kořeny nemohou růst ve zmrzlém horizontu. Avšak opadanková vrstva není pro rostliny vždy přínosem. Např. semena borovic, jedlí a jiných stromů, která mají malá semena, nemohou v opadance úspěšně vyklíčit. Proto semenáčky jedle, modřínu a borovice často rostou na dřevě shnilých větví a rozkládajících se kmenů, kde se hrabanka nehromadí. (FOLCH & CAMARASA 2000)

Charakteristickým typem půdy v tajgách jsou podzolsoly (podzisololy), vyznačující se hromaděním surového humusu a tvorbou eluviálního horizontu. Při zvýšené hladině podzemní vody jsou v tajgách stagnosoly a glejsoly, při špatné přístupnosti minerálních živin a vysokých srážkách jsou běžné organosoly, vedoucí k tvorbě rašelinišť. Na strukturu působí silně arboriturbace, tj. přemísťování vrstev v půdním těle při vývratech stromů. (JENÍK 1995)

a) Podzol

Podzol zaujímá na zemi skoro 480 milionů hektarů a jeho většina nacházející se v mírné a boreální oblasti na severní polokouli je pokryta právě tajgou. Typický dobře vyvinutý podzol se skládá z O organického horizontu s organickým materiálem ležící na minerálovém A horizontu a akumulovaným humifikovaným organickými látkami (FOLCH & CAMARASA 2000). Jakékoliv minerální látky uvolněné zvětráváním, které nejsou využity nenáročnou vegetací, jsou rychle vylouženy pryč. Z důvodu rychlého loužení minerálů a přítomnosti surového humusu se půda stává kyselou a jílové minerály, které byly zpočátku přítomné v matečné hornině, se stávají rozpustnými a nestálými. Následně jsou vyluhovány do spodních vrstev v chemicky nezměněném stavu nebo rozloženy. Při rozkladu se objevují sesquioxidy hliníku a železa - Al_2O_3 , Fe_2O_3 (EYRE 1966). Pod A horizontem se nachází světleji zbarvený E horizont, kde je více odplavena půda nazývaný jako eluviální E horizont (FOLCH & CAMARASA 2000). Tento horizont je skoro celý z písčitého materiálu - křemenných zrn (EYRE 1966). Pod ním je dále nediferencovaný tmavě hnědý nebo černý spodický B horizont (*BHs*), nebo jednolitý eluviovaný organický materiál (*Bh*) na vrcholu akumulovaného horizontu sesquoxidů hliníku a železa (*Bs*) (FOLCH & CAMARASA 2000). V iluviovaném horizontu se nachází jíl a sesquioxidy, které sem byly přesunuty z vrchních horizontů a znovu složením zde vytvořily spodní vrstvu. (EYRE 1966)

Je to způsobeno tím, že půdní substance v těchto nižších vrstvách půdního profilu po setkání s málo zvětralým materiálem přestane být rozpustná a stane se znovu stabilní. (EYRE 1966)

b) Podzoluvisoly

V pásu nacházejícím se na jihu biomu mezi skutečnými podzoly pravé tajgy a luvisoly opadavého lesa, které mají podobné procesy vzniku a které se vyskytují v obou oblastech, podzolizace a iluviace jílu. Jsou nazývány podzoluvisoly. Pokrývají asi 250 milionů hektarů. Jejich většina se nachází v pásmu táhnoucím se od Polska k centrální Sibiři. Přítomnost zmrzlého horizontu nebo dokonce permafrostu velice ovlivňuje vodní režim podzoluvisoly po několik měsíců v roce. Stejně jako u podzolu vysoká kyselost a nízký počet živin a také skutečnou, že jsou zmrzlé po větší část roku znamená, že podzoluvisoly nemohou být prakticky využity jinak než pro lesnictví. (FOLCH & CAMARASA 2000)

c) Histosoly

V tajze jsou přítomny také rašelinné půdy. Za vznik rašelinišť jsou zodpovědné dva příbuzné procesy: vznik rašeliny ve vrchní vrstvě a oglejení nižší vrstvy. Rašelina vzniká, když dochází k rozkladu vegetace za anaerobních podmínek, tedy bez přístupu kyslíku. Jinými slovy půda je natolik nesyčena vodou, že je veškerý vzduch vyhnán. Za těchto podmínek je rozklad organických látek neúplný a tak se hromadí meziprodukty jako je lignin, vosk atd. V hodně bažinatých půdách organický (histický/rašelinný) H horizont je 1 – 2 m silný a obvykle je pod ním minerální vrstva která je podstoupena gley. Vrchoviště (vyvýšená rašeliniště) jsou oligotrofní a kyselá a mnohá jsou tvořena zbytky rašeliničku (*Sphagnum*). Slatiniště (údolní rašeliniště) mají více živin a jsou méně kyselá. (FOLCH & CAMARASA 2000)

d) Glejsoly

Glejsoly vznikají na místech, kde místní reliéf způsobuje podmáčení. Nedostatek vody a kyslíku v půdě může způsobit začátek oglejení. Vnějšími znaky je přítomnost hydrofilní vegetace a půda pak je namodralé, šedavé a olivově zelené barvy. Ve světovém měřítku zaujímají glejsoly asi 625 milionů ha. Asi dvě třetiny se nacházejí v boreální oblasti. Pro růst rostlin jsou nepříznivé z důvodu dlouhotrvajícího zamokření a nedostatek kyslíku zpomaluje růst kořenů. (FOLCH & CAMARASA 2000)

e) Permafrost a Podbur

Půda vzniklá na permafrostu je zcela odlišná. Permafrost je permanentně zmrzlá půda a je typická pro mnoho kontinentálních oblastí Eurasie a Ameriky, zvláště pak v oblasti tajgy a tundry. Zabírají asi 500 milionů ha. Je pro ně charakteristická povrchová akumulace huminových kyselin a oxidů železa, které jsou oba velice mobilní. Zmrzlé půdy tajgy často předvádějí gleifikaci. Zmrzlá půda se obvykle objevuje v okolí tvrdé matečné horniny a je předurčena extrémně chladnými podmínkami, ve kterých se organický substrát rozkládá jen velice pomalu. V permafrostu může voda stoupat nebo klesat v závislosti na období mrznutí nebo tání a na síle permafrostu, který vytváří bariéru pro vodu a způsobuje oglejení. Protože voda se zde může pohybovat na horu i dolů a půda je zde také ovlivňována střídajícím se mrznutím a táním, bývá půdní profil zčásti homogenní. V podobných klimatických podmínkách, ale v lehčích půdách se objevuje odlišný půdní typ v Rusku nazývaný *podbur*. Může vznikat v permafrostních oblastech, kde lehké půdy vytávají do větší hloubky než těžké půdy. *Podbur* je mezistupněm mezi permafrostem a podzolem. *Podbur* má stejně jako permafrost homogenní půdní profil. Navzdory tomu se zde gleifikace nevyskytuje a tam, kde je dobré odvodnění, má voda sklon prosakovat dolů a to může vést ke vzniku podzolu. (FOLCH & CAMARASA 2000)

3.3 Přírozené disturbance

Mnoho studií boreální oblasti zmiňuje důležitou roli ohně, větru, gradací hmyzu a dalších přírozených disturbance. V přírozených lesích dochází ke kontinuálním změnám navzdory relativně stálým klimatickým podmínkám.

Oheň udržuje dynamickou rovnováhu mezi rozložením různých lesních společenstev nebo mezi jejich hlavním podílem a výskytem. Také podporuje regeneraci a obnovu borovicového lesa a předchází vytlačení druhů netolerujících zastínění (borovice) druhy stínomilnými (smrk). Tajga je vlastně mozaikou, která je složena ze společenstev pionýrských rostlin vyrůstajících na otevřených spáleništích a přecházejících do klimaxových společenstev, která jsou málo ovlivňována ohněm. Oheň byl velice silným ekologickým činitelem v přírozené tajze. Je zodpovědný za strukturu a přírozenou dynamiku lesních společenstev. (GROMTSEV 2002)

Polomy byly také běžnou součástí tajgy, kde přirozeně vytvářely mezerovitou strukturu, typickou pro smrkový les.

Disturbance zde vytvářejí mozaiku sukcesních stupňů se širokým rozpětím od relativně stálé dynamické rovnováhy (klimaxu) až po katastrofické odumírání způsobené přirozenými disturbancemi (oheň, vítr, gradace hmyzu) po kterých následuje osídlení pionýrskými rostlinnými společenstvy. (GROMTSEV 2002)

3.3.1 Lesní požáry

Oheň je velice silným činitelem při utváření struktury lesa (GROMTSEV 2002) a je na něj často pohlíženo jako na vůbec nejdůležitější disturbanční faktor boreálního lesa (HYTTEBORN et al. 2005). S několika výjimkami je oheň považován za nezbytnou předběžnou podmínku přirozené regenerace borovice (GROMTSEV 2002). Regenerace obvykle nastane asi 20 let od požáru (LEVIN 1959 in GROMTSEV 2002). Nezbytnými faktory pro úspěšnou regeneraci na spáleništi jsou druhová skladba dřevin, vzdálenost přeživšího lesa a přítomnost semenných stromů, nebo skupin stromů (KORCHAGIN 1954 in GROMTSEV 2002).

Spálenišť mohou být kolonizována také z vlhkých nehořlavých údolí, kde zůstal smrkový les po požáru. Smrk se úspěšně šíří z těchto vlhkých stanovišť pod zápoj ohněm prořídilých borovic.

Stejnověká smrková stanoviště mohou vzniknout jako důsledek kolonizace spálenišť smrkem buď cestou přemístění druhu nebo přímo. (GROMTSEV 2002)

Různověké smrkové porosty vznikají za podobných podmínek (BAKHTIN 1997 in GROMTSEV 2002). Při nahrazení listnatých druhů smrkem se smrk na vypálené ploše objeví za 1 - 3 roky po ohni a celková regenerace skončí po 6 – 40 letech. Listnatý porost vytváří mikroklimatické podmínky pro přežití smrku (GROMTSEV 2002) a smrkové semenáčky tak mohou pouze přežívat pod listnatým zápojem na jílovitých a hlinitých půdách (KORCHAGIN 1954 in GROMTSEV 2002).

Nesmíšený smrk se může vyvinout na místě, kde zůstal dostatek dřevních pozůstatků po požáru (MELEKHOV 1948 in GROMTSEV 2002). Zbytky dřeva vytvářejí ochranu a úkryt pro smrkové semenáčky odlišný od toho pod listnatým zápojem. Semenáčky jsou chráněny před jarním a podzimním mrazem. (GROMTSEV 2002)

Podstatným faktorem je stupeň, do kterého je dřevo spáleno. V Murmanském regionu se stává, že dojde k úplnému shoření organické hmoty a může zde vzniknout trvalá bezlesá pustina. (GROMTSEV 2002)

Věková struktura borovic je na ohni velice závislá. Studie ukazují, že téměř všechny borovice vyrostly po požárech. V mezerách po požáru se vysemení nové borovice, a jak jsou staré borovice nahrazovány novými, vznikají různověké porosty. (GROMTSEV 2002)

Smrková stanoviště na minerálních půdách bývají obvykle ohněm zničena úplně. Na těchto místech se pak vytvářejí stejnověké smrkové porosty (většinou s mezistupněm listnatého lesa) (KAZIMIROV 1973, GUSEV 1978 in GROMTSEV 2002). Bez vnějších disturbancí může smrkový porost existovat v rovnováze jakkoliv dlouhou dobu.

Pravidelné ničení smrkových stanovišť ohněm a jeho znovu vyrůstání pod borovicovým zápojem zajišťuje, že nedojde k jinak nevyhnutelnému nahrazení borovice smrkem (podle různých autorů in GROMTSEV 2002). Podle MELEKHOVA (1944 a 1980 in GROMTSEV 2002) probíhá v tajze „nekonečná válka mezi borovicovou a smrkovou armádou“. Smrkové porosty ve vlhkých údolích jsou odolné proti ničivým požárům. Tyto porosty se stávají důležitou přirozenou bariérou která brání šíření ohně. Na druhou stranu podle MOZOROVA (1949 in GROMTSEV 2002) „...výsledná změna druhů bude hlavně záviset na půdních podmínkách“. Zde jsou hlavně myšleny bohaté půdy (jílovité, hlinité atd.), které vždy byly a budou zabírány stínomilným smrkem, kdy ostatní chudé půdy (písčité atd.) jsou zabírány borovicí.

Nicméně, regenerace borovice na sekundárních smrkových stanovištích může být umožněna ohněm, bouřkou a dalšími disturbancemi. Smrková stanoviště mohou však být borovicí nahrazena jen na suchých lišejníkových stanovištích, vytvořených několika staletími bez ohně. (KORCHAGIN 1954 in GROMTSEV 2002). Tato situace je ale velice vzácná, protože k požárům lišejníkových stanovišť dochází 1 – 2 x během století (GROMTSEV 2002).

SUJACHEV (1975 in GROMTSEV 2002) se domnívá, že „...borovicová společenstva v podstatě nejsou původní, ale spíše v jistém smyslu dočasná jako třeba březová, nebo osiková stanoviště“ a „kdyby nebylo lidského vlivu, borovice by se na severu nacházela pouze na nejsušších a močálových stanovištích“.

Všechno toto dokazuje důležitou roli ohně jako ekologického činitele regulace vztahu mezi borovicí a smrkem. Oheň kontroluje přirozenou dynamiku původního lesa na minerálních půdách. Na druhou stranu je oheň velice náhodným faktorem. Také nemáme doklady, zda byl oheň tak podstatným faktorem před příchodem člověka. (GROMTSEV 2002)

Charakter a velikost zavalených poranění po požáru předurčují podíl následného odumírání. Oheň způsobuje poranění, která se postupně hojí. Doba hojení může být 1 - 2 roky nebo také 200 let, některá poranění nikdy úplně nezmizí (KORCHAGIN 1954 in GROMTSEV 2002). Nejsou ojedinělé nálezy borovic starých 300 – 350 s 200 let starým zavaleným poraněním po požáru (GROMTSEV 2000 in GROMTSEV 2002). U smrku a břízy bývají spáleniny většinou letální z důvodu tenké kůry a povrchového kořenového systému (GROMTSEV 2002).

Po pozemním požáru ve smrkovém a jedlovém lese les obvykle úplně odumře nebo se zde vytvoří nepravidelné shluky stromů v otevřené lesní krajině. Ve smíšeném lese s dominantní borovicí smrkem a břízou úplně vymřou a stanoviště se změní na chudý borový les. (KORCHAGIN 1954, VYALYKH 1987 in GROMTSEV 2002)

V severní tajze na lišejníkových borových stanovištích „relativně zdravé stromy zesílily fyziologické procesy během období po požáru, jejichž důsledkem bylo 20 – 25 % zvýšení průměrného přírůstku“ a dále: „kmeny poškozené ohněm snížily své metabolické procesy a normální úroveň těchto procesů nebylo dosaženo ani během 8 let po ohni“ (KONOVALOV & SEMENOV 1990 in GROMTSEV 2002). Životaschopnost a odolnost proti dopadům ohně s věkem klesá (KORCHAGIN 1954 in GROMTSEV 2002).

3.3.2 Vývraty a mezery v lesní skladbě

Silný vítr hraje důležitou roli v dynamice přirozeného lesa. Je zvykem rozeznávat vývrat (windthrow) s vývraty kořenů a polom (windbreak) s lámáním kmenů (GROMTSEV 2002).

Vítr je klíčovým faktorem disturbance lesních společenstev. Je to jedna z cest jak dokončit životní cyklus druhů tvořících les. V lese se vyskytuje vítr s různým rozsahem a intenzitou. (SKVORTSOVA 1983 in GROMTSEV 2002).

Obnova pomocí mezer probíhá v primárním smrkovém lese v jižní tajze většinou postupně náhradou listnatými dřevinami (jeřáb, bříza). V dírách po vývratech se vyskytuje specifický půdní komplex s vegetační mikrosukcesí. Vegetační složení se stává stabilním po 80 – 100 letech a stopy po větru zmizí za 300 – 500 let. Vývraty vytváří strukturu, která zvyšuje floristickou diverzitu a fytoceozu a různost věkové struktury stromů ve společenstvu (SKVORTSOVA 1983 in GROMTSEV 2002).

Bylo odhadnuto že kompletní ustálení lesní biogenocenozy (společenstva) trvá 200 – 300 až do 500 let (KARPACHEVSKY 1980 in GROMTSEV 2002). To znamená, že každá část fytoceozy je velice citlivá a každá radikální změna půdy a vegetace v důsledku disturbance se bude napravovat 200 až 500 let (GROMTSEV 2002).

2.3.3 Hmyz a houbová onemocnění

Houby napadající většinou stromy odumřelé a slabé (např. poraněné stromy po požáru) (USKOV 1959 & KRUTOV 1989 in GROMTSEV 2002). Houbové onemocnění může být důvodem pro odumírání starých borovic. Jsou zde nemoci jako *Biatorrella difformis*, rzi: *Cronartium flaccidium* a *Peridermium pini*, *Phelinus pini*. Rozvoj *Onnia leporina* v nižších částech smrkového kmene způsobuje zvýšenou citlivost na vítr. Různověké smrkové porosty jsou většinou infikovány *Fomes annosus* (CHRTOVSKOI 1978 in GROMTSEV 2002). Choroba troudnatec vrstevnatý (*Fomes annosus*), *Heterobasidion annosum* se infikují shluky smrků, které odumírají nebo jsou vyvráceny, u kterých vyvstávají kořeny sousedních stromů a tak usnadňují infekci. Ve výsledku mezery umožňují zintenzivnění rozšiřování infekce. (GUSEV 1978 in GROMTSEV 2002) Dále se vyskytuje rez jehličí např. *Chrysomyxa ledi*, *Chrysomyxa abietis*, které napadají stromy před tím než dosáhnou běžného věku odumírání (GROMTSEV 2002).

YAKOVLEV (1996 in GROMTSEV 2002) objevil, že některé druhy hmyzu jsou schopné usídlit se v života schopném stromě a způsobit jeho smrt. Jedná se převážně o kůrovce *Tomicus piniperda*, *T. minor*, lýkohub smrkový (*Dendroctonus micans*) a krascovité (*Melanophila cyanea*), kteří napadají borovice a kůrovci lýkožrout smrkový (*Ips typographus*) a Lýkožrout šestizubý (*Pityogenes chalcographus*), a tesaříkovití (*Cerambycidae*) z rodu *Tetropium*

napadající smrky. Ve východní Fennoskandii nebyl zaznamenán velký výskyt gradací hmyzu. Hmyz vyvíjející se na jehličí může těžce porušit smrková stanoviště bez způsobení jejich odumírání. Nejdůležitější mezi těmito škůdci jsou pilatky např. pilatka borová (*Diprion pini*) a *Neodiprion sertifer*, motýli např. tmavoskvrnák sosnový (*Bupalus piniarius*) a sosnokaz borový (*Panolis flammea*). (YAKOVLEV 2000 in GROMTSEV 2002)

3.3.4 Další disturbanční faktory

Mohou sem být řazeny abnormality počasí, které poškozují lesní porosty.

Periodické vymírání (chřadnutí) smrku avšak bylo zaznamenáno pouze ve smíšeném lese.

Přebytek vody se také může stát disturbančním faktorem, který eliminuje dospělé stromy ze zamokřených stanovišť v letech kdy jsou zvýšené srážky (ABRAZHKO 1988 in GROMTSEV 2002). Pravděpodobnost několika následujících let se zvýšenými srážkami je ale velice nízká. Dalším potenciálním disturbančním činitelem může být zlomení pod tíhou sněhu, ale jeho rozsah je zanedbatelný (PUGACHEVSKY 1989 in GROMTSEV 2002).

4. Rostlinná společenstva

Na první pohled se boreální les zdá být monotónní. Dlouhé kilometry porostlé hustým jehličnatým lesem kde panuje stín. Podrost je malý nebo žádný. Půda je pokryta humusem nebo opadaným jehličím a mrtvým, rozkládajícím se dřevem. Tmavé, zastíněné kmeny stromů, větve a listí jsou zřídka vystřídány světlejší trávou a bylinami (EYRE 1966). V eurasijské části se nachází méně než 2000 druhů cévnatých rostlin (FOLCH & CAMARASA 2000).

To, že si je vegetace boreálního lesa v Severní Americe a Eurasii nápadně podobná, bylo doloženo mnoha stejnými rody a druhy vyskytujícími se běžně na všech třech kontinentech. Lesy v Severní Americe a Eurasii si jsou tak podobné proto, že je zde prakticky stejné fyzické uspořádání. Korunový zápoj je jedno patro složené z neopadavých, jehličnatých stromů. Větších keřů je obvykle nízký počet a rostou velmi roztroušeně. Ve vegetačním podrostu převládají zakrslé keře a vzácně byliny. Obou je méně než mechů a lišejníků, které zde vytvářejí husté, bohaté a hluboké koberce. Z důvodu svého stále stejného vzhladu severského neopadavého jehličnatého lesa a z toho vyplývajících světelných poměrů les zcela přichází o jarní aspekt tak dobře známý z opadavých lesů mírného pásu, kde mohou na jaře sluneční paprsky volně proniknout k lesní půdě. Na těchto místech pak začnou na jaře velice rychle vyrůstat efemérní rostliny. Les mírného pásu se trochu podobá boreálnímu až během letního období klidu. Mnoho boreálních rostlin má rozsáhlé, často cirkumpolární rozšíření. Stromové druhy bývají často omezeny pouze na jeden kontinent. Zdá se, že areál rostlin tvořící podrost je tedy mnohem širší. Stromy většinou nejsou cirkumboreální, ale mechy a lišejníky většinou bývají a mnohdy jsou i kosmopolitní. Důvody odlišností mezi rozšířením stromů a ostatními vegetačními druhy boreálního lesa nejsou zcela jasné. (LARSEN 1980)

4.1 Stromové patro

Převládajícím druhem stromů jsou jehličnany, které jsou dobře přizpůsobeny drsnému podnebí a mělké kyselé půdě. Jehličnany se nacházejí ve čtyřech hlavních rodech – neopadavé jehličnany smrky (*Picea*), jedle (*Abies*) a borovice (*Pinus*) a opadavý modřín (*Larix*) (Borealforest.org).

Avšak při drsnějších podmínkách neopadavé stromy nejsou schopny přežít zimu jenom proto, že jsou neopadavé. V některých nejsevernějších lesích jsou podmínky v zimě natolik kruté, že pro stromy, které nemají listy, je méně obtížné přežít. V těchto oblastech mohou být dominantní velice pomalu rostoucí opadavé rostliny. Z tohoto důvodu opadavé druhy jako bříza (*Betula* sp.), topol (*Populus* sp.) a modřín (*Larix* sp.) často přežívají na okrajových částech tundry za severním limitem vždyzeleného jehličnatého lesa. (EYRE 1966)

Rozdíly mezi vzhledem stromů tvořící hlavní část porostu jsou minimální, ale podobnost ve vzhledu neznamena zřetelné rozdíly mezi jednotlivými rostlinnými druhy a varietami. Na příklad na severní hranici lesa dosáhly pozice dominantního druhu na různých místech smrk sivý, modřín sibiřský, cedr, jedle balzamová, ale také třeba borovice, smrk černý a osika (HUSTICH 1966, HARE & RITCHIE 1972 in LARSEN 1980). Místní rozdíly jsou patrné nejenom podél alpské hranice, ale v celém lese. Výrazné odlišnosti jsou při postupu od východu k západu, ale také jsou neméně výrazné a významné rozdíly při postupu od severu k jihu. Dá se říci že na některých místech jsou na kratších vzdálenostech větší rozdíly podél osy sever - jih než východ - západ. (LARSEN 1980)

4.1.1 Eurasie

I když se jedná o jeden celek, rozmanitost rostlinných a živočišných druhů je velice vysoká.

4.1.1.1 Fennoskandie

Evropská část je druhově mnohem chudší než asijská část. Velká část Fennoskandie náleží do boreální zóny, ve které jsou dominantní dva jehličnaté druhy: borovice lesní (*Pinus silvestris*) a smrk ztepilý (*Picea abies*) (SIPPOLA 2001) a smrk sibiřský (*Picea obovata*) (GROMTSEV 2002). Stromy tvoří asi 80 % nadzemní biomasy severského boreálního lesa. Na přirozených stanovištích procesy měnící strukturu lesa jako jsou odumírající stromy, které v malém měřítku vytvářejí v lese mezery a velkém měřítku vnější vlivy a rozklad uvolňují živiny zpět do oběhu a regenerace v místech, kde je velký podíl živin vázán ve dřevní hmotě. (SIPPOLA 2001)

Je třeba zmínit hybridogenetickou formu mezi borovicovými druhy společně známé jako *Picea X fennica*. Jako přimíšené druhy se zde vyskytují bříza bělokorá (*Betula pendula*), bříza bradavičnatá (*Betula verrucosa*), bříza pýřitá (*Betula pubescens*) a topol osika (*Populus tremula*). V přirozených lesích se dále mohou vyskytovat olše šedá (*Alnus incana*), olše lepkavá (*Alnus glutinosa*) a vrba jíva (*Salix caprea*), v nejjižnějších oblastech pak lípa srdčitá (*Tilia cordata*), javor mléč (*Acer platanoides*) a další listnaté druhy. (GROMTSEV 2002)

4.1.1.2 Evropská část Ruska – Ruská pláň

Na Ruské planině jsou lesní společenstva tvořena jinými druhy. Od západního Norska k Uralu jsou nejdominantnější borovice lesní (*Pinus silvestris*) a smrk ztepilý (*Picea abies* sin. *Picea excelsa*), ale když pokračujeme na východ přes evropskou část Ruska, zvyšuje se množství výskytu jiných druhů. Jako je například jedle sibiřská (*Abies sibirica*) a modřín sibiřský (*Larix sibirica*) (EYRE 1966). V evropské části svého areálu bývá považován za nezávislý druh *Larix sukaczewii*. Modřínový les pokrývá asi 1/3 mln. ha. Dalším druhem tvořícími lesní společenstva evropské části ruské tajgy je borovice sibiřská (*Pinus sibirica*). Jedlová stanoviště jsou vzácná (Ural) a stanoviště sibiřských cedrů jsou extrémně ojedinělá. (GROMTSEV 2002).

4.1.1.3 Asijská část Ruska

Borovice limba (*Pinus cembra* var. *sibirica*) a smrk sibiřský (*Picea sibirica*) jsou prvními, které se začínají objevovat a čím východněji postupujeme, tím se stromový porost stává bohatším. Nakonec na Sachalinu a Hokkaidu je boreální les zastoupen pouze několika druhy jako je *Abies veitchii*, *Abies sachaliensis* a *Picea ajanensis*. Je zde zastoupeno velké množství vedlejších druhů. Toto je nápadný (nevyřešený) rozdíl mezi boreálním lesem v Evropě a ve východní Asii. Dalším významným rysem asijského boreálního lesa je vysoká početnost modřínu. Několik druhů těchto opadavých jehličnanů je běžných v severním Japonsku, Mandžusku a na jihovýchodní Sibiři, ale těžiště se nachází na východní Sibiři. Od údolí řeky Jenisej k Ochotskému moři a zasahující až k 73 stupni severní šířky je území jehličnatého lesa, který je schopen přežít nejchladnější zimy na severní polokouli. Zdejší les také musí bojovat s velice tenkou vrstvou půdy překrývající permafrost. (EYRE 1966)

Prakticky všude v těchto lesích je dominantní mělce kořenící druh modřín dahurský (*Larix gmelini* syn. *Larix dahurica*). I když je zde častým doprovodným druhem borovice kleč (*Pinus pumila*), zdá se, že nevysoké a neopadavé jehličnany zde nemohou přežít, takže modřín dahurský (*Larix gmelini* syn. *Larix dahurica*) nemá vážnou konkurenci. Tuto dominanci je schopen udržovat přesto, že průměrný roční přírůstek je velice malý. Ačkoliv je tento druh schopen vyvíjet se v dobře rostlé stromy ve velké části svého areálu, nedorůstá více než několika stop na výšku a jedinci, kteří se při prvním pohledu jeví jako mladé stromky, mohou být stoleté stromy. Není jisté, zda by tyto oblasti byly vůbec zalesněny, nebýt velké klimatické a edafické tolerance tohoto stromu. Ačkoliv se stalo zvykem zahrnovat tento modřínový les do pásma boreálního lesa, při přísném dělení na tento les můžeme pohlížet jako na odlišný z důvodu opadavosti jeho dominantního druhu. (EYRE 1966)

Rozdělení biotických zón na Sibiři je blíže popsáno v tabulce v příloze č. 5 a ve schématu v příloze č. 6. Mapky rozšíření stromů v Eurasii jsou uvedeny v příloze č. 9.

4.1.2 Severní Amerika

Rostlinná skladba boreálního lesa Severní Ameriky se více podobá Asii než Evropě. Je zde postupný přechod mezi západní a východní částí sestavy. Na jižní části Laurentinské vysočiny, v provinciích Quebec a Ontario na lépe odvodněných půdách dominuje smrk sivý (*Picea glauca*) a jedle balzámová (*Abies balsamea*) spolu se smrkem černým (*Picea mariana*) a *Larix laricina* na místech se zdrženým odtokem. Borovice Banksova (*Pinus banksiana*) je rovněž běžná na chudších nebo vlhčích půdách, které jsou nevyhovující pro náročnější druhy. Na druhou stranu prochází směrem k západu přes severní část kanadských provincií Manitoba, Saskatchewan a Alberta se tyto jižní dominanty stávají méně častými a na konec v Britské Kolumbii a na Severní Aljašce mají příležitost borovice pokroucená (*Pinus contorta* var. *murrayana*), *Abies lasiocarpa* a mnoho dalších západních druhů. (EYRE 1966)

Mapky ozšíření stromů v Severní Americe jsou uvedeny v příloze č. 8.

4.2 Spodní stromové patro

Nejběžnějším keřovitým jehličnanem v boreální oblasti je jalovec. V Evropě a Severní Americe je to pak jalovec obecný (*Juniperus comunis*) a na Sibiři jalovec obecný nízký (*Juniperus communis* subsp. *Alpina* syn. *Juniperus sibirica*). (FOLCH & CAMARASA 2000)

Na dálném východě v Rusku je jalovec zastoupen řadou dalších málo známých druhů. Jalovec je náročný na světlo, a proto je typický pro světlé jehličnaté lesy. Když se v borovém lese začne objevovat smrk a postupně se rozšiřuje, jalovci se nedostává dostatek světla a umírá (FOLCH & CAMARASA 2000). Olše šedá (*Alnus incana*) a olše keřovitá (*Alnus fruticosa*) jsou dalšími keřovitými druhy které mohou dorůst i stromové výšky. Na Aljašce se pak v raných stádiích sukces vyskytuje *Alnus crispa* a v pozdější době je následována smrkem sitkou (*Picea sitchensis*). K olším se mohou připojovat další stromy jako například borovice zakrslá (*Pinus pumila*) na východní Sibiři a Dálném východě. Dále se mohou vyskytovat keřovité formy javoru jak je *Acer ukurunduense* v Asii a javor klasnatý (*Acer spicatum*) v Severní Americe. V Severní Americe se na lesních okrajích a v raných stádiích sukcese mohou vyskytnout keře nebo nízké stromky jako jsou *Prunus pennsylvanica*, střemcha viržinská (*Prunus virginiana*), muchovník olšolistý (*Amelanchier alnifolia*), *Prunus nigra*, líska rohatá (*Corylus cornuta*), svída výběžkatá (*Cornus stolonifera*), škumpa jedovatá (*Rhus radicans*). (FOLCH & CAMARASA 2000)

4.3 Keříčková společenstva

Nejběžnějšími keříky tajgy jsou brusinky (*Vaccinium vitis-idaea*) a opadavé borůvky (*Vaccinium myrtillus*). V Severní Americe jsou pak borůvky nahrazeny blízkým příbuzným *Vaccinium myrtilloides*. Borůvky i brusinky rostou v Eurasii a brusinky se vyskytují i v Severní Americe. Brusinky jsou méně citlivé na chlad než borůvky. To vysvětluje nízkou početnost borůvek na východní Sibiři kde je extrémně kontinentální klima. V rašeliništích a v otevřených podmáčených lesích se vyskytují klikvy (*Vaccinium oxycoccos*) v Eurasii a v Severní Americe kanadské brusinky (*Vaccinium macrocarpon*) a *Vaccinium angustifolia* ve vlhkých kanadských lesích. (FOLCH & CAMARASA 2000)

V boreální oblasti se dále nachází mnoho druhů rodu *Ledum* (Ericaceae). V Eurasii je nejčastější rojovník bahenní (*Ledum palustre*), v Severní Americe *Ledum groenlandicum*. Typickou rostlinou lesa severní Evropy je vřes (*Calluna vulgaris*). Vřes se vyhýbá konkurenci s ostatními rostlinami tím, že roste na chudých a kyselých půdách. Má velice důmyslně přizpůsobené listy ke snížení ztrát vody tím, že jsou ve tvaru ruliček a chrání průduchy před přímým prouděním vzduchu a evaporací. (FOLCH & CAMARASA 2000)

Na suchých stanovištích s kyselou půdou se vyskytuje další druh čeledi Ericaceae medvědice lékařská (*Arctostaphylos uva-ursi*). Dále pak v severoamerické tajze libavka (*Gaultheria procumbens*), Zimolez severní (*Linnea borealis*), dřín kanadský (*Cornus canadensis*) a *Prunus pumila*. (FOLCH & CAMARASA 2000)

4.4 Bylinné patro

Zelené byliny z čeledi hruštičkovité (Pyrolaceae) hrají důležitou roli v ekosystému boreálního lesa. Jsou to například hruštička okrouhlolistá (*Pyrola rotundifolia*), *Pyrola asarifolia*, zimolez okoličnatý (*Chimaphila umbellata*), hruštice jednostranná (*Orthilia secunda*), *Orthilia obtusata* a jednokvítka velevětý (*Moneses uniflora*). Běžné jsou šťavel kyselý (*Oxalis acetosella*) a pstroček (*Mainthemon*). Podmínky boreálního lesa jako je stín vedly k tomu, že tyto rostliny si vytvořily podobné adaptace ve svém habitusu a morfologii, jako je například samoopylení (FOLCH & CAMARASA 2000). V bylinném patře se také vyskytují cévnaté kryptogamní rostliny. Nejvýznamnější jsou kapradiny jako je hasivka orličí (*Pteridium aquilinum*), Papratka samice (*Arthirium filix-femine*), kapraď samec (*Dryopteris filix-mas*), *D. austriaca*, *Gymnocarpium dryopteris*, *G. Jessoense*, *Diplazium sibiricum*, etc. Jejich laločnaté listy jsou dobře adaptované na stinné podmínky boreálního lesa. V boreální oblasti je rovněž mnoho přesliček (*Equisetum*) - přeslička luční (*Equisetum pratense*), přeslička rolní (*E. arvense*) a přeslička lesní (*E. sylvaticum*). Dále zde můžeme najít palavuně (*Lycopodium*) plavuň pučivá (*Lycopodium annotinum*), plavuň vidlačka (*L. clavatum*), a (*L. obscurum*). (FOLCH & CAMARASA 2000)

5. Mechy, lišejníky, houby

Mechy a lišejníky vytvářejí v boreálním lese husté koberce. Lišejníky jsou rekordmany v přežití na nepříznivých místech. Houby hrají klíčovou roli v rozkladu odumřelého organického materiálu a návratu živin zpět do koloběhu.

5.1 Mechy

Klimatické a geomorfologické podmínky boreální oblasti s pomalou dekompozicí vedou ke konkurenci o zdroje mezi stromy a mechorosty. Mechorosty jsou úspěšné ve vlhkých a podmáčených oblastech které jsou pokryty močály a rašeliništi. V těchto oblastech pak dominují mechy. (FOLCH & CAMARASA 2000)

VELLAK et al. (2002) uvádí, že vzdálenost od nejbližšího kmene má významný efekt na druhové bohatství přízemní vrstvy a bylinného patra. Počet mechorostů se zvětšuje se vzdáleností od kmene, naopak počet druhů cévnatých rostlin je nejvyšší v blízkém okolí kmene. Struktura vegetace je determinována součinností několika biotických a abiotických faktorů. Stromové patro má nejsilnější vliv na rozmístění bylinného a mechového patra.

5.1.1 Hlavní boreální mechy

Srpnatka háčkovaná (*Drepanocladus uncinatus*) roste na vlhké zemi, bázích stromů, na mrtvém dřevě a bázemi chudých horninách. Je to hydrofyt (adaptovaný na vodu). Tento mech je přítomný téměř všude. Může se vyskytovat v rovinné tajze, subalpinském lese nebo bažinách. (FOLCH & CAMARASA 2000, KREMER & MUHLE1998)

Dalšími epigeickými mechy jsou například (FOLCH & CAMARASA 2000, KREMER & MUHLE1998):

- Rokytník skvělý (*Hylocomium splendens*) vyskytující se na okrajích lesů, na horských lukách, rašeliništích a vřesovištích.
- Trávník Scheberův (*Pleurozium scheberi*) rostoucí na kyselých půdách, zvláště v jehličnatých lesích a na vřesovištích. Rozšířen je od nížin až nad stromovou hranici.

- Pérovec hřebenitý (*Ptilium crista-castensis*) roste na kyselém surovém humusu jehličnatých lesích, stinných místech a vřesovištích.
- Kostrbatec tříkoutý (*Rhitidiadelphus triquetrus*) se vyskytuje na nepříliš bazických, zastíněných stanovištích.
- Dvouhrotec chvostnatý (*Dicranum scoparium*) je široce rozšířen na lesních a vřesovištních půdách, na skalách a v xerothermních trávnících. Rozšířen je od nížin až po horní hranici lesa.

Mohli bychom jmenovat ještě mnoho dalších druhů mechů, které jsou většinou cirkumpolárně rozšířeny a podobně jako srpnatka háčkovaná mají velký rozsah rozšíření a substrátu.

Mechy z čeledi Splachnaceae rostou pouze na hnilících rostlinách a zvířecích pozůstatcích (FOLCH & CAMARASA 2000). Sem patří například (FOLCH & CAMARASA 2000, KREMER & MUHLE 1998):

- rod *Splachnum* – Volatka baňatá (*Splachnum ampullaceum*) roste na silně rozložených, vždy vlhkých výkalech herbivorů.
- Rod *Tetraplodon* spp., roste na výkalech predátorů a na mrtvolách malých živočichů. Například souzubka mechovitá (*Tetraplodon mnioides*) roste na výkalech malých zvířat, zvláště na rašeliništích a balvanitých svazích. (FOLCH & CAMARASA 2000, KREMER & MUHLE 1998)

Některé boreální mechy rostoucí na skalách jsou vápnomilné, jako *Timmia megapolinata* a *Seligeria diversifoliata*. Druhy z čeledi Grimmiaceae jsou acidofilní. Jsou limitovány kyselými půdami. Většina mechů tajgy jsou acidofilní nebo tolerují kyselý podklad. Epifytické mechy jsou většinou úzce vázány na určitá stanoviště, např. *Neckera pennata* je epifytem smrku. (FOLCH & CAMARASA 2000)

Ke každému stádiu dekompozice dřeva se zde nacházejí specifická společenstva mechů. Na Dálném východě jsou prvními mechy rostoucí na padlých kmenech mechy epifytické, a to ty, které na něm rostly, když byl ještě na živu. (FOLCH & CAMARASA 2000, KREMER & MUHLE 1998)

Jako například zploštěnec sleziníkový (*Homolia trichomanoides*) euroasijský druh rostoucí na bázi kmenů. Epifytické druhy mizí během pozdní a střední dekompozice dřeva, ale druhy charakteristické pro bázi kmene pokračují v růstu. (FOLCH & CAMARASA 2000, KREMER & MUHLE1998)

Druhy typické pro hnijící dřevo se začínají objevovat později. Mezi tyto druhy můžeme zařadit *Oncophorus wahlenbergii*, *Eurhynchium pulchalum*, *Dickranum congestum* a čtyřzoubec průzračný (*Tetraxis pellucida*) vyskytující se na mrtvém dřevě, na pískovcových skalách a na stěnách po těžbě rašeliny (FOLCH & CAMARASA 2000, KREMER & MUHLE1998). Když je dřevo rozložené, přicházejí druhy typické pro půdu, jako je kostrbatec tříkoutý (*Rhytidiadelphus triquetrus*). V Kanadě pak můžeme najít baňatku obecnou (*Brachythecium salebrosum*) a *Eurhynchium pulcheum*. (FOLCH & CAMARASA 2000)

5.2 Lišejníky

V mechové vrstvě se mohou někdy vyskytnout lišejníky. Lišejníky podobně jako některé mechy v suchých obdobích upadají do klidového stádia (poikilohdry) a pokračují v růstu jakmile se objeví voda. Mechy jako rašeliník (*Sphagnum*) a další potřebují stále vodu (nonpoikilohydrous), a proto rostou nejlépe na vlhkých místech. Pro lišejníky, které jsou schopné odolávat suchu, nejsou vlhká stanoviště příliš vhodná. Mají výhodu na místech, kde se suché vlhké podmínky střídají jako jsou třeba skalní odkryvy, nebo suché a exponované minerální půdy. (FOLCH & CAMARASA 2000)

Lišejníky jsou životním společenstvím houby a řasy. Lze rozlišit tři typy růstových forem (KREMER & MUHLE1998):

- 1) Korovité lišejníky – jejich stélka je tak pevně srostlá s podkladem (substrátem), že ji nelze oddělit nebo jen velmi těžko.
- 2) Lupenité lišejníky – stélka je více nebo méně zaokrouhlená a skládá se z lupenitých laloků, které mají zřetelně rozlišenou lícovou a rubovou stranu.
- 3) Keříčkovité lišejníky – stélka je stužkovitá nebo okrouhlého průřezu a většinou je bohatě rozvětvena.

Na skalních odkryvech nejlépe rostou korovité lišejníky jako je *Dimelaena oreina* a *D. carpon* a někdy lupenité lišejníky jako je *Arcotoparmalia centrifuga*. Na skalách vytvářejí tenkou vrstvu organického materiálu který zadržuje vodu. Tato vrstva narůstá, protože z důvodu kombinace kyselé povahy lišejníků a žulové skály zpomalují rozklad mrtvé rostlinné hmoty. (FOLCH & CAMARASA 2000)

Korovité lišejníky bývají nahrazovány lupenitými lišejníky, například *Umbilicaria dilenii* a někdy také mechy a podkladový organický substrát se brzy začne stávat silnějším. Nyní se mohou začít objevovat keříčkovité lišejníky, které vyžadují hlubší organickou vrstvu a lepší vlhkostní podmínky. Tento proces může být přerušen ohněm nebo deštěm a sněhem obsahujícím vysoké hodnoty SO₂, který je pro mechy a lišejníky velice toxický. (FOLCH & CAMARASA 2000)

Když začne být oblast kolonizována, objevuje se rod *Cladonia* – *Cladonia mitis*, *C. rangiferina*, dutohlávka horská (*C. stelaria*) a na dalekém severu *Cetraria cucullata*, Puklérka sněžná (*C. nivalis*) druh arkticko – alpinský a puklérka islandská (*C. islandica*), která je rozšířena od nížin až nad horní hranici lese v horách a až do Arktidy. (FOLCH & CAMARASA 2000, KREMER & MUHLE 1998)

Stanoviště, na kterých se lišejníkům opravdu daří, je kůra stromů a spadlé dřevo. Někteří autoři se domnívají, že epifytické lišejníky mohou ochránit stromy před dřevokaznými houbami díky kyselinám, které vylučují jako je *usnic acid* a *pulvinic acid*, které působí antibioticky proti dřevokazným houbám. Mechy jako terčovka brázditá (*Parmelia sulcata*) a terčovka bublinatá (*Hypogymnia physode*) dobře rostou na větvích jehličnanů a jsou schopné zcela pokrýt mrtvé nebo odumírající větve. Například v západokanadské tajze mechy *Bryoria* rostou zavěšeny na mrtvých větvích jehličnanů a jsou překryty lupenitými druhy, které jsou zbarveny světle. (FOLCH & CAMARASA 2000)

5.3 Dřevokazné houby

Houby obývající dřevo jsou důležitou součástí boreálního lesa – usnadňují koloběh energie a živin uložených ve dřevě (RAYNER & BODDY 1988 in LINDGREN 2001).

Také poskytují stanoviště pro ostatní organismy žijící na rozkládajícím se dřevě, jako jsou další houby, mikrobi, hlístice a členovci (podle různých autorů in LINDGREN 2001).

Mnohé dřevorozkladné huby patří mezi houby tmavé hniloby, které rozkládají pouze celulózu. Ponechávají lignin nezměněný a produkované zbytky mohou zůstat stabilně v půdě. Houby bílé hniloby rozkládají všechny hlavní složky dřeva případně rozkládají dřevo úplně. Kmeny s hnědou hnilobou poskytují mikrostanoiviště pro růst jehličnatých semenáčků. Zbytky tmavé hniloby vylepšují vlastnosti půdy včetně kapacity zadržetí vody, pH a půdní teploty. Rozkládající se dřevo poskytuje podstatný substrát pro zakládání ectomykorhizy. Neplatí, že stromy usnadňují existenci chorošů, ale v určitém rozsahu jsou stromy závislé na choroších, zvláště v severských oblastech. (JUNNINEN 2007)

Většina běžných dřevokazných hub patří mezi bazidiomycety spolu s několika askomycety, které jsou často členy čeledi dřevnatkovité (Xylariaceae) (GILBERTSON 1980, HAWKSWORTH et al. 1983 in LINDGREN 2001). Hlavní a také nejznámější částí společenstva dřevorozkladných hub jsou choroše (RENVALL et al. 1991a in LINDGREN 2001). Choroše jsou taxonomicky polyfyletickou skupinou (HIBBETT & DONOGHUE 1995 in LINDGREN 2001). Celkový počet druhů chošů na Zemi je odhadován na 1500 (LEIF RYVARDEN in JUNNINE 2007) a nedávný výzkum ve Finsku odhalil celkově 230 druhů (NIEMELÄ 2005 in JUNNINE 2007). Mnohé dřevorozkladné huby se používá jako indikátory přírodní hodnoty lesních stanovišť (SIPPOLA 2001). Bývají rozlišovány do dvou skupin: indikátory starých lesních porostů a indikátory pralesního porostu. Zatímco indikátory starého lesního porostu preferují stará, přirozeně obnovená lesní stanoviště se stromy s velkým průměrem kmene., tak pralesní indikátory jasně preferují nejstarší jehličnaté lesy beze stop lidského zásahu. Obě tyto skupiny zahrnují druhy, které jsou ve Finsku klasifikovány jako ohrožené (KONTIRANTA & NIEMELÄ 1996 in SIPPOLA 2001). Význam dřevokazných hub spočívá v tom že zvyšují množství coarse woody debris (CWD) „hrubý dřeví materiál“ pozůstatky po odumřelých stromech které mohou být nazývány jako mrtvé nebo odumřelé dřevo.

Houby jsou v ekosystému tajgy podstatné nejen z důvodu rozkladu odumřelého organického materiálu, ale také z důvodu vytváření mykorhyzy (symbiotického vztahu) s kořeny cévnatých rostlin. 70 % - 90 % rostlin tajgy se účastní mykorhizy obvykle se zygomycetami, ale jehličnany mykorhizu většinou vytvářejí s basidiomycetami (a příležitostně s askomycetami). (FOLCH & CAMARASA 2000)

5.3.1 Druhov diverzita hub na borovm dev

Střední a pozdní rozkladnı stupeň odumřelého dřeva je hostitelem vysoké bohatosti les obývajících hub (podle různých autorů in SIPPOLA 2001). Tabulka 1. uvádí indikační druhy starých lesních porostů a pralesních porostů s dominantní borovicí. Pıtomnost listnatých strom prokazatelne zvestuje druhove bohatství devorozkladnych hub v borovm lese (SIPPOLA 2001). Choroovıte houby na odumrelm dev z opadavých a jehličnatých strom hostí velké množství bezobratlých, což prıspıv k jejich diverzitě v boreální oblasti (podle různých autorů in SIPPOLA 2001).

Tab. 1. Indikační druhy v lese s dominantní borovicí (LINDGREN 2001)

Druhy starého lesního porostu	Indikátory pralesa
<i>Anomoporia kamtschatica</i>	<i>Amyloporia crassa</i>
<i>Chaetodermella luna</i>	<i>Antrodia albobrunnea</i>
<i>Crustoderma dryinum</i>	<i>Antrodia infirma</i>
<i>Gleoporus taxicola</i>	<i>Antrodia primaeva</i>
<i>Irpicodon pendulus</i>	<i>Dichomitus squalens</i>
<i>Junghuhnia luteoalba</i>	<i>Gleophyllus protractum</i>
<i>Leptoporus mollis</i>	<i>Hyphodintia curvispora</i>
<i>Odonticium romellii</i>	<i>Phlebia cornea</i>
<i>Oligoporus sericeolollis</i>	<i>Postia hibernica</i>
<i>Phaeolus schweinitzii</i>	<i>Skeletocutis jelicii</i>
<i>Phellinus nigrolimitatus</i>	<i>Skeletocutis lenis</i>
<i>Phellinus pini</i>	<i>Skeletocutis stellae</i>
<i>Phellinus viticola</i>	<i>Tyromyces canadensis</i>
<i>Phlebia cretacea</i>	
<i>Phlebia seriolis</i>	
<i>Postia lateritia</i>	
<i>Postia leucomellella</i>	
<i>Pseudomerulius aureus</i>	
<i>Sistotremastrum sueticum</i>	
<i>Sparassis crispa</i>	

5.3.2 Druhov diverzita ve starych smrkovych porostech

Nejbeznejım druhem na smrku byl *Trichoptum abietinum*, *Phellinus viticola* a *Fomitopsis pinicola* (SIPPOLA et al. 2001 in SIPPOLA 2001). Mnoho z techto beznych choro jsou vyznamne pro diversitu brouk v boreálním lese. (ESSEES et al. 1997 in SIPPOLA 2001)

Tabulka 2. uvádí indikační druhy starých lesních porostů a pralesních porostů s dominantním smrkem. Na *Trichoptum abietinum* a *Fomitopsis pinicola* byla zaznamenána obzvláště vysoká diverzita brouků (ESSEES et al. 1997 in SIPPOLA 2001). *Fomes fomentarius* byl nejběžnějším druhem na odumřelém dřevě opadavých stromů (Sippola 2001). Při porovnání Finska a Karelské republiky byl zjištěn v roce 2001 troudnatec troudový (*Fomes fomentarius*) jako nejpočetnější druh v obou studovaných oblastech. Druhým nejpočetnějším druhem byl *Trichoptum abietinum*, dále pak *Phellinus igniarius* a *Phellinus viticola* (LINDGREN 2001). Na smrkových stanovištích je větší druhová diverzita. Při připojení břízy zvláště za přítomnosti osiky vzrůstá diverzita chorošů. Některé druhy se vyskytují výlučně pouze na osice např. *Phellinus populicola*, *P. tremulae*, *Inocutis rheades*, *Rigidoporus corticola* a občasně *Ginoderma lipsiense*, *Postia alni*. (SIPPOLA 2001)

Tab. 2. indikační druhy v lese s dominantním smrkem (LINDGREN 2001)

Druhy starého lesního porostu	Indikátory pralesa
<i>Anomoporia bombycina</i>	<i>Amylocystis lapponica</i>
<i>Anrodia pulvinascens</i>	<i>Amyloporia crassa</i>
<i>Asterodon ferruginosus</i>	<i>Antrodia infirma</i>
<i>Crustoderma dryinum</i>	<i>Antrodiella citrinella</i>
<i>Fomitopsis rosea</i>	<i>Cystostereum murrayi</i>
<i>Gloiodon strigosus</i>	<i>Diplomitoporus crustulinus</i>
<i>Leptoporus mollis</i>	<i>Junghuhnia collabens</i>
<i>Onnia leporina</i>	<i>Laurilia sulcata</i>
<i>Perennioporia subacida</i>	<i>Lepiota lignicola</i>
<i>Phaeolus schweinitzii</i>	<i>Phlebia centrifura</i>
<i>Phellinus chrysoloma</i>	<i>Skeletocutos lenis</i>
<i>Phellinus ferrugineofuscus</i>	<i>Skeletocutis stellae</i>
<i>Phellinus lundellii</i>	
<i>Phellinus nigrolimitatus</i>	
<i>Phellinus viticola</i>	
<i>Postia guttulata</i>	
<i>Postia lateritia</i>	
<i>Postia placenta</i>	
<i>Pycnoporellus fulgens</i>	
<i>Skeletocutis odora</i>	

5.3.3 Několik vybraných druhů

- Ohňovec borový (*Phellinus pini*) tento choroš je jasně specializován na živé borovice (*Pinus sylvestris*), kde způsobuje hnilobu kořenů. Ohňovec borový (*Phellinus pini*) je ekologicky podstatný při rozkladu hnilobě odolného tvrdého borového dřeva. Toto například pomáhá datlu černému (*Dryocopus martinus*) ve vytváření hnízda na živých borovicích. Tyto dutiny jsou později využívány sýcem rousným (*Aegolius funereus*), kunou lesní (*Martes martes*), hoholem severním (*Bucephala clangula*), rorýsem obecným (*Apus apus*) a dalšími ptáky. Borovice může stát dvě stě let po smrti i více. (ROUVINEN unpubl. in LINDGREN 2001)
- *Antrodia sinuosa* tento druh se většinou nachází na odumřelých kmenech jehličnanů. Je to jeden z nejtypičtějších rozkladačů odkorněných borových kmenů. Nejběžnější je na velkých kmenech. Muže růst na relativně suchých porostech a na tvrdém, nebo spáleném dřevě. Společně s *Amyloporia xantha*, *Antrodia sinuosa* charakterizuje les s dominantní borovicí. Někdy *Antrodia sinuosa* roste také na padlých smrkových kmenech. Způsobuje hnědou hnilobu. (LINDGREN 2001). *Calitys scabra* je ohrožený brouk z čeledi kornatcovití (Trogossitidae) který se specializuje na hnědou hnilobu způsobovanou *Amyloporia xantha* a *Antrodia sinuosa* (SIITONEN 1994 in LINDGREN 2001).
- *Oligoporus sericeomolis* Tento druh může růst na několika typech hostitelů, ale preferuje spálené borové dřevo. Nejtypičtější je ohořelá bazální část (kořeny) vyvrácené borovice. Během studie v roce 2001 tento druh nebyl ve Finsku zaznamenán. Vzácnost tohoto druhu ve Finsku je způsobena menší dynamikou přirozeného ohně než v Karelii. (LINDGREN 2001)

- *Fomitopsis rosea* Specializuje se na smrkové kmeny v ranném stupni rozkladu (RANVEL in LINDGREN 2001). Příležitostně může být i na osice a borovici. Ve Finsku bylo nalezeno 33 hmyzích druhů na stálých plodnicích. (KOMONEN et al. 2000 in LINDGREN 2001)
- *Phellinus chrysoloma* Tento patogen zabíjí živé smrky. Živé plodnice mohou být nalezeny na hostitelském kmeni do středního stupně rozkladu a mrtvé plodnice mohou odolávat i několik let. (LINDGREN 2001)
- *Phellinus chrysoloma* hostí ke konci jeden nástupnický druh *Skeletocutis chrysell* (NIEMELÄ 1998 in LINDGREN 2001).
- *Phellinus conchatus* tento druh je striktně specializován na vrbu jívu (*Salix caprea*) (LINDGREN 2001).

6. Živočišná společenstva

Převaha jehličnatých stromů ovlivňuje do jisté míry povahu celé biocenózy. Samotná povaha jehlic ovlivňuje do jisté míry výběr živočichů, kteří zde mohou žít (ATTENBOROUGH 1990).

Rozhodujícími faktory života v těchto lesích je dlouhá krutá zima a krátké léto. Počasí je chladné a vlhké po celý rok, ale v zimě ztěžuje pohyb silná vrstva sněhu (FOLCH & CAMARASA 2000).

6.1 Obratlovci

Tajga zabírá velkou část Eurasie a Severní Ameriky, ale živočišné druhy jsou zde většinou stejné a nebo podobné. Příkladem jsou velká tajgová zvířata vyskytující se od Skandinávie po Kanadu, jako medvěd hnědý (*Ursus arctos*), los (*Alces alces*), rosomák (*Gulo gulo*) a vlk (*Canis lupus*). Tento fakt může být vysvětlován tak, že biota tajgy je jednou z nejmladších na planetě. Mnoho vědců se domnívá, že se fauna tajgy vyvinula během poslední doby ledové v post glaciální době v místech dnešní východní Sibíře v období asi před 500 000 – 600 000 lety. Před dobou ledovou byla tato oblast pokryta listnatým lesem typickým pro mírný pás a ostatní oblasti severní Eurasie a Severní Ameriky byly pokryty subtropickou vegetací. Živočichové z východní Sibíře byli lépe připraveni na chlad následujícího tisíciletí. Z východní Sibíře se živočichové rozšířili do severní Eurasie a během dob meziledových přešli po pevninském mostě přes Beringovu úžinu do Severní Ameriky. Během pozdějšího vývoje přišly do tajgy lokálně izolované druhy od jihu a právě tyto druhy způsobily regionální rozdíly mezi tajgou v Severní Americe a v Eurasii. Například v horské oblasti východní Asie se vyskytuje kabar (*Moschus moschiferus*) bezrohý jelen pocházející z jižní Asie. Skunk pruhovaný (*Mephitis mephitis*) a kolibřík rezavolesklý (*Selasphorus rufus*) jsou typickými druhy Severní Ameriky a jejich nejbližší příbuzné druhy žijí v jihoamerickém tropickém lese. (FOLCH & CAMARASA 2000)

Když hovoříme o životních podmínkách živočichů tajgy, musíme mít na paměti že se jedná o obrovský prostor. Produkce šišek a semen stromů je každý rok jiná a může být v jednotlivých letech odlišná mezi různými regiony. Většina zvířat obývajících tajgu je na nich přitom přímo nebo nepřímo závislá. Z tohoto důvodů mnoho živočichů periodicky nebo sezónně migruje na místa kde je potrava lépe dostupná. (FOLCH & CAMARASA 2000)

6.1.1 Savci

Hlavním býložravcem tajgy je los (*Alces alces*). Jedná se o největšího jelenovitého na světě. Nedělá mu žádné problémy procházet se po silné vrstvě sněhu (FOLCH & CAMARASA 2000, BANFIELD 1974). Sob polární (*Rangifer tarandus*) se stěhuje mezi tajgou a tundrou. Divocí polární sobi jsou nyní v Evropě omezeni na pohoří severního Norska a Karelskou republiku. Ve zbytku Evropy jejich místa zabrala stáda domestikovaných zvířat. Divocí sobi se stále vyskytují v hojném počtu v Rusku. Bobr evropský (*Castor fiber*) obývá Eurasii a bobr kanadský (*Castor canadensis*) žije v Severní Americe (FOLCH & CAMARASA 2000), kde se stal národním symbolem Kanady. Oba na řekách budují přehradu a doupata. Bobr nehibernuje a zůstává aktivní celou zimu ve své doupěti pod ledem. (BANFIELD 1974)

Dalšími obyvateli boreální oblasti jsou šelmy. Můžeme jmenovat vlka (*Canis lupus*), ryse (*Lynx lynx*) a rosomáka (*Gulo gulo*). Rosomák je k přežití zimy v tajze přizpůsoben lépe než vlk a rys (FOLCH & CAMARASA 2000). Jedná se o jednoho z největších druhů z čeledi lasicovitých (BANFIELD 1974). K nejtýpčtějším obyvatelům tajgy patří medvěd hnědý (*Ursus arctos*). Medvěd baribal (*Ursus americanus*) je menší a také žije v boreálním lese. Oba přečkávají zimu v nepravé hibernaci, kdy se jim zpomaluje tep a snižuje tělesná teplota, aby ušetřili energii. Jsou ale schopni se velice rychle vzbudit a v teplých dnech opustit dočasně doupě (FOLCH & CAMARASA 2000). Nejmenší šelmou tajgy je lasice kolčava (*Mustela nivalis*) a hranostaj (*Mutela erminea*). Oba jsou rozšířeni v Evropě, Asii a Severní Americe, ale i mimo biot tajgy.

Častou kořistí predátorů se stávají hraboši – hraboš hospodárný (*Microtus oeconomus*) a norník tajgový (*Clethrionomys rutilus*) (FOLCH & CAMARASA 2000), dále norník rudý (*Clethrionomys glareolus*), který obývá Skandinávii a západní Rusko. (Borealforest.org)

Myšice lesní (*Apodemus flavicollis*) obývá Evropu, Skandinávii a západní Rusko a její výskyt může být omezen klimatickými podmínkami jako je odpor k vodě a chladnému klimatu. *Avicola terrestris* je rozšířený ve Skandinávii a západním Rusku, kde se vyskytuje na březích pomalu tekoucích potoků a řek. Potkan (*Rattus norvegicus*) je kosmopolitní druh, který je rozšířen skoro všude podél lidských sídel (Borealforest.org). Také je v boreální oblasti vysoká diverzita rejsků (FOLCH & CAMARASA 2000), například rejsek šedý (*Sorex cinereus*), který patří mezi běžné severoamerické druhy a vyskytuje se také na severovýchodní Sibiři a rejsek nejmenší (*Sorex minutissimus*), který je rozšířen ve Skandinávii a Rusku až na východní Sibiř až k polárnímu kruhu. (Borealforest.org)

Jedním z neznámějších druhů Skandinávie je lumík norský (*Lemus lemus*), který se pravidelně přemnožuje. Lumík velký (*Dicrostonyx torquatus*) se nachází v arktické oblasti Asie a Severní Ameriky. Poletuška slovanská (*Pteromys volans*) obývá Skandinávii, Rusko, Sibiř a Dálný východ. Preferuje hustý les s dutými stromy. Neběžnější ze všech euroasijských veverek je veverka obecná (*Sciurus vulgaris*), která vyhledává dospělé (zralé) stromy, které jí nabízí dostatek potravy ve formě semen (Borealforest.org). Veverice červená (čikarý červený) (*Tamiasciurus hudsonicus*) je typickým obyvatelem kanadské boreální oblasti (BANFIELD 1974). Sbírá během léta šišky, které konzumuje v zimě. Protože jsou aktivní po celý rok, musí někdy urazit dlouhou cestu, aby našly strom s bohatou zásobou semene. (FOLCH & CAMARASA 2000). Burunduk páskovaný (*Tamias sibiricus*) žije ve Skandinávii, západním Rusku a Asii. Je to vynikající lezec, ale převážně žije na zemi. V Asii obývá modřínová stanoviště a ve Skandinávii borová. Ježek západní (*Erinaceus europaeus*) je rozšířen v Evropě a skrz severní Skandinávii do Západního Ruska. V palearktickém regionu se ojedinele nachází nad 60⁰ severní šířky. Krtek hvězdonosý (*Condylura cristata*) se nachází ve východní oblasti Severní Ameriky, preferuje vlhké oblasti. Krtek obecný (*Talpa europaea*) žije v celé Evropě, Skandinávii a Západním Rusku. Netopýr vousatý (*Myotis mystacinus*) je běžný v Evropě a v Asii. V létě hřaduje hlavně na stromech a v budovách a v zimě v jeskyních a tunelech. Netopýr řasnatý (*Myotis nattereri*) se vyskytuje běžně v Evropě a západním Rusku. Jeho areál zasahuje až k polárnímu kruhu. (Borealforest.org)

6.1.4 Ptáci

Asi dvě třetiny ptačích druhů v tajze jsou pěvci. Odlišují tuto oblast od sousedních biotů stepy a tundry. Toto je spojeno s faktem, že pěvci se vyvinuli v podmínkách lesa mírného pásu.

Je důležité zmínit, že většina ptáků, kteří tráví zimu v eurasijské a severoamerické tajze, reprezentují buď stejné druhy na obou kontinentech, nebo odlišné druhy stejných rodů, jako je sýkora lužní (*Parus montanus*) v Eurasii a sýkora černošedá (*Parus atricapillus*) v Severní Americe. Tajga Severní Ameriky a Eurasie nesdílí téměř žádné druhy, které by každý rok migrovaly na jih. Ekologicky podobná stanoviště Eurasie a Severní Ameriky mohou být zabírána rozdílnými rody stejných čeledí jako je drozd *Turdus* a *Catharus* nebo nepříbuznými ptáky, kteří se stali morfologicky podobnými jako důsledek života v podobných podmínkách a stanovištích jako v případě jako budníček (*Phylloscopus*) a lesňáček (*Dendroica*). (FOLCH & CAMARASA 2000)

Mnoho druhů je závislých na úrodě šišek. Pro křivky (*Loxia*), které jsou potravními specialisty, je typické, že za potravou lokálně migrují. Např. křivka velká (*Loxia pytyopsittacus*) se živí semeny borovice, křivka obecná (*L. curvirostra*) jedlovými semeny a křivka bělokřídlá (*L. leucoptera*) modřínovými semeny. Toto jsou jediní tajgoví ptáci, kteří se reprodukují v zimě a mláďata přežívají krutou zimu uvnitř hnízda. Úspěšná reprodukce zcela závisí na produkci šišek, které jsou na větvích přítomny po celou zimu a to znamená, že zima je nejpříznivějším obdobím pro odchov mláďat. (FOLCH & CAMARASA 2000)

Čeď *Corvidae* je specializována na konzumaci tuhých semen borovice sibiřské (*Pinus sibirica*). Jedná se hlavně o ořešníka kropenatého (*Nucifraga caryocatactes*). Tento druh je příbuzný severoamerického *N. columbiana*. Ořešníci nehnízdí v zimě jako křivky, ale během středního jara a léta, a mláďata krmí hlavně semeny *Pinus sibirica* a hmyzem. Důvodem, proč nehnízdí v zimě je, že šišky borovice sibiřské (*Pinus sibirica*) se na podzim obvykle rozsypou a ořešníci pak v zimě trpí hladem. Z tohoto důvodu si dělají zásobárny šišek v blízkosti kořenů nebo spadlých větví nebo je jednoduše zahrabou. Své zásoby často doplňují ze vzdálených stanovišť, a tak pomáhají regeneraci borovice sibiřské (*Pinus sibirica*) na spáleništích a vykácených místech. (FOLCH & CAMARASA 2000)

Malá semena břízy a olše vyhledává mnoha ptáky např. čečetka zimní (*Carduelis flamea*), drobný pták, který hnízdí v létě a krmí mláďata hmyzem. Králíček (*Regulus satrapa*) je dalším ptákem, který se živí hmyzem. Obývá boreální les Severní Ameriky a zůstává zde i poté, co větší ptáci migrují na jih. (FOLCH & CAMARASA 2000)

Tajga je přes zimu tichá, ale na jaře je toto ticho přerušeno zpěvem ptáků, kteří se vrátili po zimě do svých hnízd. Mnoho z nich konzumuje hmyz nebo potravu z povrchu země. Této potravy je hodně pouze v létě a je jí zde dostatek i pro krmení mláďat. Na podzim se mladí ptáci spolu se svými rodiči vydávají na cestu na zimoviště dlouhou stovky kilometrů za přezimováním. Někteří do jižní Afriky, jiní do jihovýchodní Asie a další do Jižní Ameriky. Na jaře se vrací na ta samá místa a často nové hnízdo budují na tom samém stromě, kde bylo předešlý rok. Populace mnoha ptačích druhů je během různých let velice proměnná. Toto závisí na mnoha faktorech, které jsou u různých druhů rozdílné. Počet druhů přezimujících v tajze je hlavně závislý na úrodě semen, které jsou hlavním potravním zdrojem. Počet migrujících druhů je hlavně ovlivněn podmínkami na zimovišti. Rozloha boreálního lese v porovnání s tropickými a subtropickými oblastmi, kde tráví zimu, je obrovská. Jako důsledek zhoršení potravních a klimatických podmínek na zimovišti může být značný pokles ptačích populací boreálního lesa. Mezi druhy, které přes zimu zůstávají, patří tetřev hlušec (*Tetreo urogallus*), který se během léta a podzimu živí hlavně bobulemi, ale v zimě konzumuje borové jehličí. Přes den je vysoko v korunách stromů, kde konzumuje jehličí a večer se zahrabává do sněhu, kde přečkává noc. Jeho blízkým příbuzným je *T. parvirostris*, který obývá modřínové porosty Sibíře a během zimy konzumuje modřínové výhonky. *Canachites canadensis* je běžným druhem Severní Ameriky, který se během zimy také živí jehlicemi a výhonky jehličnatých stromů. Dále zde přezimují např. strakapoud velký (*Dendrocopos major*) nebo někdy datlík tříprstý (*Picoides tridactylus*), který se nachází společně s brhlíkem lesním (*Sitta europaea*) a s některými sýkorami jako sýkora lužní (*Parus montanus*). Každý z nich preferuje jinou potravu. (FOLCH & CAMARASA 2000)

6.1.5 Obojživelníci a plazi

Obojživelníci a plazi jsou v boreální oblasti limitováni krátkým létem. Početnější obojživelníci dokážou být aktivní i při nízkých teplotách. Mezi ně patří například pamlok sibiřský (*Salamandrella keyserlingi*). Z plazů do boreální oblasti zasahuje ještěrka živorodá (*Lacerta vivipara*) a zmije obecná (*Vipera berus*), která je v boreálních podmínkách živorodá. (FOLCH & CAMARASA 2000)

6.2 Bezobratlí

Ve spojitosti bezobratlých a boreálního lesa je většinou uváděn krev sající hmyz, který je zde rozhodně nejnápadnější součástí živočišného společenstva. Krev sající hmyz znepříjemňuje život teplokrevným živočichům od června až téměř do prvního sněhu. Nejčastější jsou komáři (čeleď *Culicidae*) hlavně rod *Aedes*. (FOLCH & CAMARASA 2000). Komáři ale rozhodně nejsou nejvýznamnější částí biodiversity tajgy. Výskyt a stanoviště hlavních skupin bezobratlých v boreálním lese nejsou příliš známé. Nicméně tyto skupiny představují něco kolem 99% živočišných společenstev boreálního lesa (SIMILÄ et al. 2002). Diverzita hmyzu v boreální oblasti byla a stále je hodně neznámá a mnoho specifických mikrostanovišť bylo v minulosti přehlíženo. Jako jsou např. plodnice dřevokazných hub, které mohou být považovány za tzv. aktivní body diverzity hmyzu (KOMONEN 2003). Hmyz obývající dřevokazné houby nebo houbová mycelia na odumřelém dřevě často vytváří společenstva spolu s ostatními druhy vázanými na mrtvé a odumírající dřevo (SPEIGHT 1989 in KOMONEN 2003). Většina informací k této problematice pochází z Fennoskandie, protože jinde v boreálních lesích jí zatím nebyla věnována větší pozornost. Je překvapivé, že houbo – hmyzí systém ekology nezaujal více. Na plodnicích hub může žít překvapivě velké množství fungivorních druhů. Jeden druh houby může mít na sobě kolem 50 druhů hmyzu ojedinele až 170 (KOMONEN 2003). Podobně jako v mnoha jiných biotických společenstvech je druhové bohatství podpořeno prostorovým uspořádáním druhů a jejich schopností využívat zdroje (TODA et al. 1999, WERTHEIM et al. 2000 in KOMONEN 2003).

Některé druhy preferují buď živé, nebo odumřelé plodnice a někteří jsou predátoři nebo parazitoidi. Jádru společenstva je obvykle tvořeno dvěma až čtyřmi současně se vyskytujícími primárními fungivory, kteří jsou často, ale ne vždy, taxonomicky příbuzní (podle různých autorů in KOMONEN 2003).

6.2.1 Brouci

Jedním z druhově nejbohatších řádů ve Finsku jsou brouci (*Coleoptera*), kterých je více jak 3 600 druhů (RASSI et al. 1992 in SIMILÄ et al. 2002). Asi polovina známých druhů ve Finsku žije v lese. Více jak 300 druhů brouků je považováno za ohrožené a asi 53 % z nich obývá les (SIMILÄ et al. 2002). Asi 20 % finských brouků jsou saproxylictí, což znamená, že jsou během některé z částí svého životního cyklu závislí na odumřelém dřevě, dřevokazných houbách, nebo jiných saproxilických druzích (SITTONEN 2001 in SIMILÄ et al. 2002).

Odchyt v Laponsku ukázal, že společenstva brouků na dřevě jsou zatím jen málo známá. Odumřelé dřevo bylo shledáno jako důležitý faktor přispívající k druhovému bohatství létajících brouků v oblasti horní hranice lesa (SIPPOLA 2001). Důležité je i druhové složení. Druhové bohatství je vyšší ve smíšeném než v borovém lese. Podíl seproxilických druhů je jednoznačně vyšší ve smrkovém lese než v jiných lesních typech (RASSI et al. 1992 in SIPPOLA 2000). Hlavním environmentálním faktorem přispívajícím k druhovému bohatství brouků je produktivita stanoviště (vyjádřená jako počet cévnatých rostlin, pokryvem eutrofních rostlin a mocností humusové vrstvy), složení. Vyšší počet bezobratlých na smrku urychluje stromových druhů a celkovým množstvím odumřelého dřeva ve 3 a 4 stupni rozkladu (SIPPOLA et al. 2002 in SIPPOLA 2001). Rozkladné procesy vedou k většímu množství hub a tím jsou vytvářena mikrostanoviště pro druhy žijící na houbách. Opadavé stromy, zvláště pak osika, jsou hostiteli velkého množství bezobratlých včetně mnoha vzácných a ohrožených brouků. Přítomnost chorošovitých hub (polyporous) také přispívá k druhové diverzitě saproxylických brouků na odumřelém dřevě z opadavých stromů. (podle různých autorů in SIPPOLA 2001)

6.2.2 Disturbanční druhy

Tyto druhy jsou schopny velmi rychle zapříčinit smrt zdravého stromu a hrají důležitou roli v dynamice přirozeného lesa. Jsou to např. druhy z čeledi kůrovců (Ipidae) *Tomicus piniperda*, *T. minor*, lýkohub smrkový (*Dnendroctonus micans*), který napadá úplně zdravé stromy, které potom postupně usychají. Vyskytuje se na smrku a na borovici. Lýkožrout smrkový (*Ips typographus*) vyskytující se hlavně na smrku méně často pak na borovici a jiných jehličnanech, Lýkožrout šestizubý (*Pitiogenes chalcographu*) který napadá smrk, borovici a jiné jehličnany. Dále sem patří Krascovití např. *Melanophyla cyanea*, Pilatky - pilatka (hřebenule) borová (*Diprion pini*), jejíž housenice se živí čerstvě vyrašeným jehličím a *Neodiprion sertifer*. Motýli tmavoskvrnák (píd'alka) sosnový (*Bupalus piniarius*) housenky se živí borovým jehličím, řidčeji smrkovým a jedlovým. Doprovází borovici v celé oblasti jejího rozšíření. Sosnokaz borový (*Panolis flammea*) který ožírá pupeny, květové výhonky, později i všechno jehličí, což vede k tomu, že strom je úplně zbaven jehličí jak v roce napadení tak i v následujícím roce, protože došlo k odstranění pupenů. (FLEROV at al. 1954)

7. Hlavní ohrožující faktory

Lesní ekosystémy představují významný přírodní zdroj, ale poškozování stanovišť způsobené lesnictvím je hlavním důvodem ohrožení lesní biodiverzity. Všechny země v boreální oblasti jsou producenty dřeva a dřevěných výrobků a využívání lesních zdrojů, ale i nerostného bohatství je významnou součástí jejich ekonomiky. Můžeme říci, že hlavním problémem boreální oblasti je neřízené využívání přírodních zdrojů.

Během několika posledních desetiletí proběhlo mnoho změn, které zvýšily tlak na boreální oblast. Rozvoj zahrnoval zpřístupnění centrální Aljašky, rekonstrukci Fennoskandie po druhé světové válce, „návrat půdy původnímu obyvatelstvu“ v Severní Americe a rozpad Sovětského svazu. To vše zesílilo vliv nadnárodních společností. Rostoucí poptávka po celuloze zvýšila hodnotu obecně nízké kvality dřeva z boreální oblasti. Tyto změny přispěly k rozvoji rozporupných národních strategií směřujících k boreálnímu lesu a k rychlému vystupňování sociálních a environmentálních problémů (DUDLEY et al. 1998). Změny v lesnatosti byly uznány jako významná globální environmentální záležitost. Hlavní příčinou změny v lesnatosti boreální Eurasie je těžba a snižování frekvencí požárů. Pomocnými procesy přeměny lesa je budování přehrad, znovu osazování a přeměna bažin. (ACHARD et al. 2006)

7.1 Těžba dřeva

Největším ohrožením boreální oblasti je lidská činnost, zejména pak neřízené kácení, které způsobuje fragmentaci a degradaci stanovišť a následné ohrožení (vymírání) druhů. A také samozřejmě následné zalesňování vytěžených ploch rostoucími dřevinami – smrk (*Picea abies*), borovice pokroucená (*Pinus contorta*), která je do Evropy introdukovaná ze Severní Ameriky (FOLCH & CAMARASA 2000) a odstranění méně ekonomicky výhodných dřevin jako je například osika, která je důležitým hostitelem bezobratlých (NIEMELÄ 1997). Komerční těžba je v současnosti největším ohrožujícím faktorem. A samozřejmě v některých méně přístupných oblastech se vyskytuje ilegální těžba zejména pak v Rusku. (DUDLEY et al. 1998)

Historie

Les ve Fennoskandii je příkladem lesa, který byl dlouho využíván člověkem. V Severní Americe začala větší těžba až po příchodu Evropanů. Ruská tajga na východ od Uralu byla kolonizována koncem 16. století. Na méně přístupných místech se začíná s intenzivní těžbou až dnes (FOLCH & CAMARASA 2000, BERGLUND 2004). V preindustriálním období byl stupeň využívání lesa na různých místech odlišný. Největší vykořisťování však proběhlo během posledních dvou staletí, kdy vlastně došlo k vývoji lesního hospodářství. Komerční těžba začala být podstatná během devatenáctého století. Moderní lesnictví, které je využíváno od dvacátého století, zahrnuje holoseče, skarifikaci a vysazování jehličnatých dřevin. (BERGLUND 2004)

Současná situace

Boreální les zabírá 32 % z celkové rozlohy lesů je jedním z posledních relativně nedotčených terestrických biomů a je rozhodující v poklesu uhlíku a v globální klimatické dynamice. Boreální Eurasie a zvláště Rusko mají bohaté lesní zdroje. V roce 2005 měly 808,8 milionů ha lesa a 74,2 ha další lesní krajiny. Samotné Rusko zahrnuje přes 22 % světové rozlohy lesa z toho je 78 % na Sibiři a Dálném východě a 22 % v Evropském Rusku. Z těchto 809 milionů je 77 % primárně navrženo jako pro produkční funkci a 11 % jako víceúčelové. Vysoká hodnota těžby je v Evropské části Ruska (Korejská šíje) a podél jižní hranice tajgy, kde půda slouží pro zemědělské účely. Těžební aktivity jsou řízeny pravidelnou „těžbou“ a nepravidelným kácením pro veřejné příjmy nebo pro individuální zisk jako odezva na rostoucí požadavky národních a mezinárodních trhů zvláště v Číně a Japonsku. (Achar et al. 2006)

Ve Švédsku tvoří les asi 55 % celkové rozlohy země, z toho je 95 % využíváno pro těžbu (SKOGSSTYRELSEN, 2001a in ERIKSSON & HAMMER 2006). Převládají zde jehličnaté monokultury, které nahradily biologicky různorodý les relativně druhově chudým, ale hospodářsky produktivním druhotným lesem s malým množstvím pařezů a padlých kmenů (ESSEEN et al., 1997, FRIEDMAN & WALHEIM, 2000, ANGELSTAM et al. 2004 in ERIKSSON & HAMMER 2006).

Historický vývoj vedl k zachování jen malého množství ne hospodářského lesa a mnoho lesních porostů je dnes stejnověkých . Ve Švédsku je dnes těžební věk lesa 70 – 100 let. 96 % procent ročních těžeb se uskuteční holosečným způsobem a pouhá 4 % jiným způsobem například kácením jednotlivých stromů (výběrová seč) (THURESSON, 2001 in ERIKSSON & HAMMER 2006). Množství stojících kmenů se dnes zvyšuje, neboť se dnes těží pouze 70 % ročního přírůstku (SKOGSSTYRELSEN 2003 in ERIKSSON & HAMMER 2006).

Následky těžby

Lesy jsou stále více fragmentovány velkoplošnými holosečemi a sítí příkopů a cest. Zbývající staré porosty jsou malé a izolované v hospodářské krajině. Mnohé z nich jsou obklopeny holosečemi a mladými porosty a tak ovlivněny okrajovým efektem.

Ztráta stanovišť má dva hlavní následky:

Přímým důsledkem je odstranění stromů a následné změny ekologických podmínek, které vedou k vymizení druhů obývajících dané stanoviště. Vzácné druhy obývající specifická stanoviště mohou zmizet už po malém narušení oblasti (NIEMELÄ 1997). Statistický vztah mezi rozlohou území a počtem druhů ukazuje, že zmizí při nejmenším 30 % druhů, pokud je zničeno 90% jejich domovského stanoviště (BERGLUND 2004).

Porušené stanoviště mezi zbývajících útržkovitými stanovišti se mění. Zhoršením kvality se stává nepřijatelným pro druhy, které toto místo původně obývaly. Zbývající stanoviště se stávají mezi sebou izolovaná a tím se snižuje možnost rekolonizace. Schopnost druhů osídlit zbylé útržky stanoviště je spojená s jejich schopností šíření. Rekolonizace útržků stanoviště, ze které daný druh vymizel, však nemusí být úspěšná. Během ztráty stanoviště a fragmentace se velikost populací snižuje. (NIEMELÄ 1997, BERGLUND 2004)

BURNET et al. (2003) za pomoci mapování, modelování, metod krajinné ekologie, dálkového průzkumu země a simulovaného modelování, které bylo prováděné v Karelii, předpovídá dramatické změny zdejší struktury lesa během 30 – 70 let. Díky holosečnému způsobu lesního hospodářství se ze starých přírodě blízkých lesů, které jsou v chráněných oblastech, stanou útržkovité ostrovy uprostřed mladých porostů. Bylo vytvořeno několik možných scénářů budoucího vývoje. Zdůrazňuje zde důležitost propojení lesů ve Fennoskandii mezi Finskem a

Karelii, kde Karelie je zdrojem biodiverzity. Podstatné je také propojení jednotlivých chráněných území mezi sebou.

Dalším problémem plynoucím z intenzivního lesního hospodářství a narušení přirozeného lesního systému je vymizení přírodních disturbancí (oheň, nemoci, hmyz), které byly podstatnou součástí boreálního lesa. Tyto disturbance dávaly příležitost k sukcesi mnoha druhům, které jsou na nich přímo závislé. Tímto způsobem zde byla vytvářena mozaika starých porostů a mladých sukcesních stádií tolik typická pro tuto oblast.

7.2 Těžba nerostných surovin

Nejen dřevo je cennou surovinou nacházející se v boreální oblasti. Nachází se zde železo, měď, zlato stříbro, kobalt, zinek, nikl, uran... Snaha o získání přírodního bohatství vede k výstavbě průmyslových těžebních komplexů, ke kterým je potřeba vystavět cesty a posléze zde vznikají města, pro která je potřeba budovat další infrastrukturu. A to vše vede k záborům lesních stanovišť doprovázeným znečištěním půdy a ovzduší. Tento proces proběhl hlavně v Severní Americe (FOLCH & CAMARASA 2000). Díky novým technologiím může být využita i hornina s nízkým stupněm rudy. Špatně řízená těžba vede k odlesnění a k znečištění hydrologického systému hlušinou a chemikáliemi užívanými při extrakci (DUDLEY et al. 1998). Skutečnost, že získávání nerostných surovin probíhalo hluboko v tajze daleko od lidských sídel, znamenala, že se zde pracovalo na velkých plochách bez podrobnějších průzkumů a bez omezení ekologickými studiemi a studiemi možných dopadů. Takto se smutně proslavila západní Sibiř v polovině šedesátých let průzkumným hledáním a těžbou zemního plynu a ropy bez jakékoliv rekultivace. To vše způsobilo kontaminaci milionů hektarů lesa a také řek a jezer. Průzkumná hledání, těžba, přeprava ropy a zemního plynu přináší mnohé ekologické problémy i v Severní Americe. Ropa může způsobit znečištění půdy, vody a zničení místního ekosystému. Zemní plyn může vést k lesnímu požáru (FOLCH & CAMARASA 2000). Těžba ropy na Aljašce měla na boreální les dopady během stavby potrubí a náhodných úniků. Obrovská ropná pole na Sibiři utrpěla přes 1 300 netěsností ropných plynových potrubí (ropovodů a plynovodů) na jednom yardu během pozdních 80 let bylo ztraceno 80 – 100 barelů ropy což lze přirovnat k 300 - 400 úniků jako v případě Exxon Valdez. (DUDLEY et al. 1998)

7.3 Další faktory

a) Přehrad, elektrárny

Odlehlost boreální oblasti vede k problému se zásobováním elektrickou energií. V Severní Americe a Rusku byly proto využity vodní elektrárny, pro které je ovšem potřeba postavit přehrad. Toto vede samozřejmě k dalším záborům lesa, dále pak k narušení přirozeného vodního režimu a znečištění vody. (FOLCH & CAMARASA 2000)

b) Průmyslové znečištění

Boreální lesy Severní Ameriky jsou ohroženy kyselými dešti způsobenými industriálním znečištěním z oblastí vzdálených od biomu tajgy. Cirkulace atmosféry zde vede k transportu plynů (zvláště oxidů dusíku a síry) a pevných částic na sever, které často končí v Quebecu, kde spadnou ve formě deště nebo sněhu. Také je silně znečištěno mnoho řek Sibiřské tajgy, zejména pak Ob a Amur. (FOLCH & CAMARASA 2000)

c) Turistika a sportovní lov

Obliba turistiky v divočině („Wilderness tourism“) vzrůstá na Aljašce, v severní Kanadě a Laponsku. Kde jsou zvláště problémem sněžné skutry a další nesilniční vozidla a budování ubytování pro návštěvníky.

V některých oblastech vzrůstá sportovní lov, zvláště pak v Rusku kde jsou zahraniční „lovci“ ochotni zaplatit velké peněžní částky za úlovky, jako je třeba medvěd. (DUDLEY et al. 1998)

d) Změna klimatu

Tato změna bude mít téměř jistě za výsledek ztrátu biodiverzity (KOEPILAHTI et al. 1996 in DUDLEY et al. 1998). Podle prognóz může zmizet 40 % boreálního lesa a být nahrazeno lesem a lení krajinou mírného pásu (28 %) a stepí (12 %) (SOLOMON 1993 in DUDLEY et al. 1998).

8. Ochrana lesů boreální oblasti

Ekosystémy adaptované evolucí na životní prostředí s širokými přírodními fluktuacemi mohou vzdorovat využívání lidmi lépe než ekosystémy adaptované na stabilní a neměnné životní prostředí. Tajga vykazuje tudíž mnohem větší rezistenci vůči celkovému kolapsu ve srovnání s tropickým lesem. Nevhodné využívání však může v tajze v severních oblastech způsobit kolaps struktury společenství zralého lesa a může vést k jeho náhradě vegetačním společenstvem bez stromů s malou ekonomickou i jinou hodnotou. V mnoha oblastech, které budou využívány, je snad nejlepším praktickým nakládáním zachovat některé oblasti v přirozeném stavu tak, že bude vytvořena mozaika využívaných míst rozptýlených v síti chráněných přírodních oblastí. To umožní zabránit celkové destrukci lesů v každém regionu a umožní lesním ekosystémům zachovat bio regenerační schopnosti jak vegetace, tak živočichů. V některých lesních oblastech vzdáleného severu se může stát nezbytnou úplná ochrana lesa, protože vykácené stromy se již neobnoví, nebo teprve po mnoha desítkách let kácení by mohlo redukovat vegetaci na úroveň tundry. (LARSEN 1980)

8.1 Cíle ochrany biodiverzity

Opatření k ochraně biodiverzity můžeme rozdělit na následující:

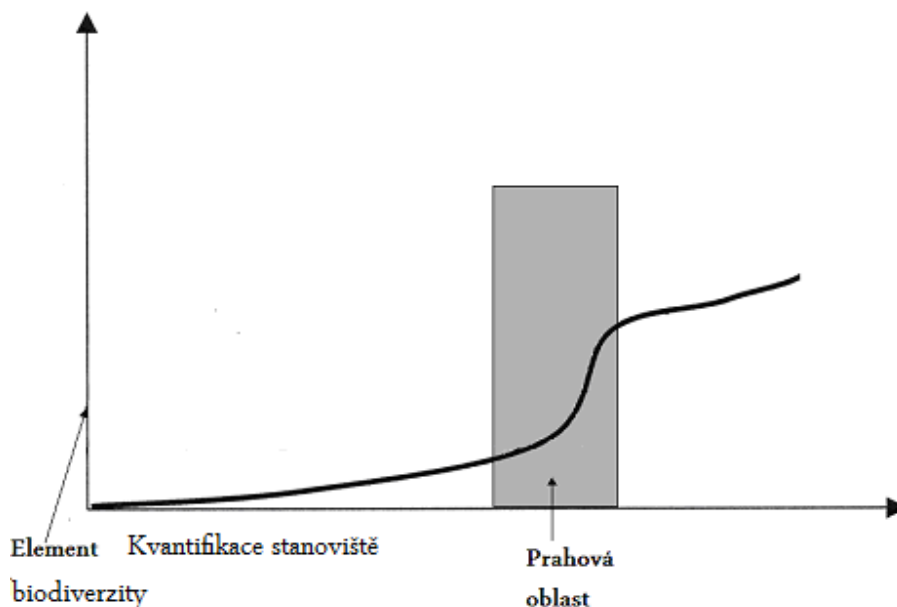
- I. úplná ochrana (rezervace)
- II. různé přístupy ekologicky šetrného lesního hospodářství (např. ponechávání odumřelého dřeva, ponechávání skupin stromů, koridory, apod.)

Při přijímání obou typů opatření vznikají otázky (ANGELSTAM et al. 2004)

- 1) Kolik lesů je potřeba chránit jako rezervace, abychom naplnili cíle biodiverzity?
- 2) Kolik stromů by mělo zůstat po vykácení porostu?
- 3) Které důležité charakteristiky lesa by měly být obnoveny a do jaké míry?
- 4) Jaké je dostatečné množství přírodních stanovišť?

ANGELSTAM et al., 2004 se pokusili zformulovat obecný postup pro stanovení cílů a dosahů ochrany biodiverzity boreálního i hemiboreálního lesa. Jejich postup je odvozen z typicky nelineárního průběhu závislostí elementů biodiverzity na kvantifikaci stanoviště, který je uveden na obrázku č. 1. K stanovení cílů a k následně k odpovědím na výše uvedené otázky může přispět analýza těchto závislostí. Důležité je rovněž stanovení referenční úrovně ochrany („intaktního“ lesa).

Obr. 1 Závislost elementu biodiverzity na kvantifikaci stanoviště s vyznačenou prahovou oblastí (podle ANGELSTAM et al. 2004)



Stanoviště kvantifikují z hlediska disturbančního režimu a historické situace oblasti. Charakteristické mezníky historické situace v případě využívání lesa („ekonomický gradient“) jsou následující:

1. velké nedotčené oblasti, které mají charakter „referenční nuly“; rozumí se oblasti nikoliv bez obyvatelů, ale bez větších změn ve složení, struktuře nebo funkci lesů
2. výběrové kácení vysokých a jiných vybraných stromů

3. velkoplošná neudržitelná exploatace
4. ekonomicky a ekologicky udržitelné lesní hospodářství typické pro části severní Evropy
5. současné snahy směřující k zahrnutí nových hodnot, jako je udržení biodiverzity
6. aktivní adoptivní management lesních ekosystémů v podobě udržitelného managementu ekosystémů (dosažení tohoto stupně se předpokládá v budoucnosti)

Umístění v „ekonomickém gradientu“ lze kvantifikovat například množstvím pařezů, odumřelého dřeva, určitých druhů stromů a velkých stromů, zastoupením zralého lesa, atd.

Pojem „element biodiverzity“ chápou velmi obecně. Příklady elementů biodiverzity uvádí tabulka č. 3.

Tab. 3 Příklady elementů biodiverzity v různých úrovních (ANGELSTAM et al. 2004)

Složka biodiverzity	Úroveň stromu	Úroveň porostu	Úroveň oblasti
Složení (druhu)	saproxylní bezobratlí a houby	cyanolišejníky, bezobratlí a malí ptáci	velcí ptáci a savci
Struktura (stanoviště)	mrtvé dřevo, velké staré stromy	druhy stromů a věkové třídy	různé typy porostu
Funkce (proces)	mykorhizální symbióza	požáry, koloběh živin	šíření (dispersal), pastva a predace

Cíle a úrovně ochrany biodiverzity jsou formulovány následovně (ANGELSTAM et al. 2004):

1. Udržet skladbu biodiverzity, tedy výskyt druhů v dané oblasti.
2. Dlouhodobé zachování životaschopné populace vybraných druhů
3. Zajištění integrity a zdraví ekosystému
4. Dlouhodobá ekologická přizpůsobivost („ecological resilience“). Ekologickou přizpůsobivost měříme velikostí maximální disturbance, kterou ekosystém ještě ustojí a poté obnoví předchozí stav.

Jednotlivé stupně cílů a úrovně ochrany biodiverzity v závislosti na prostorovém měřítku uvádí tabulka 4.

Tab. 4. Cíle a úrovně ochrany biodiverzity v závislosti na prostorovém měřítku (ANGELSTAM et al. 2004):

Cíl a úroveň ochrany biodiverzity	0,01 km ²	1 km ²	100 km ²	10 000 km ²	100 000 km ²
výskyt	cévnaté rostliny	malí ptáci	většina savců		
životaschopnost populace		rostlinné populace	populace pěvců		
integrita ekosystému				minimální dynamická oblast boreálního lesa	interakce vlk/karibu
ekologická přizpůsobivost					pohyb ekoregionů v závislosti na změně klimatu

ANGELSTAM & ANDERSON 2001 aplikovali výše uvedený postup na biodiverzitu švédských lesů a dospěli k závěrům, že ochrana biodiverzity švédských lesů by vyžadovala více chráněných ploch (3 – 11 %) než je tomu dosud. Podrobnosti uvádí tabulka č. 5.

Tab. 5 Potřeba ochrany švédských lesů za účelem ochrany jejich biodiverzity (ANGELSTAM & ANDERSON 2001)

Oblast Švédska	Severní boreální	Jižní boreální	Hemiboreální	Nemorální
Plocha (km ²)	60 000	85 900	62 900	9 100
Chráněno (%)	1,6	0,4	0,7	0,6
Potřeba ochrany (%)	≈ 3	≈ 4	≈ 5	≈ 11

8.2 Vývoj ochrany biodiverzity

První krok v integraci biodiverzity do lesnických postupů učinilo Švédsko koncem 70. let. Hlavní bylo přijetí lesnické legislativy v roce 1979, která byla založena na znalosti autekologie stanovištních požadavků jednotlivých druhů a zahrnutí červených seznamů pro obratlovce. Krátce poté byly zahrnutí i bezobratlí a rostliny. Např. ve Finsku byl první červený seznam ohrožených rostlin a živočichů vytvořen počátkem 80. let.

V 80. letech také vzrostala kritika holosečného způsobu hospodářství organizacemi, které se zabývaly ochranou životního prostředí. Ve stejné době byly velkoměřítkové monotónní metody kritizovány odborníky. V reakci na to se začaly objevovat pokyny a doporučení pro lesní hospodářství a začaly výukové programy pro lesy soukromé, státní a ve vlastnictví firem ve Švédsku v 80. letech a ve Finsku v 90. letech.

Vědci a lesní manažeři společně zformulovali doporučení pro zachování biodiverzity:

- 1) Ochrana určitých stanovišť
- 2) Ponechávání skupin stromů (green tree retention)
- 3) Ponechávání odumřelého dřeva (dead wood retention)

Pro tento skandinávský přístup je typické mnohostranné využití lesnictví s ohledem na biodiverzitu (na většině území) v kombinaci s přísně chráněnými oblastmi (na menšinové části krajiny). Tento model je základem lesnické politiky ve Finsku a Švédsku.

Úmluva na ochranu biodiverzity podepsaná v Rio de Janeiro 1992 vnesla principy ekonomického, ekologického a sociálního udržitelného rozvoje jako součást normálního obchodního a komerčního života. Zachování biodiverzity se stalo cílem lesnictví ve Fenoscandii stejně důležitým jako efektivní dřevařský průmysl. Ve Finsku byl environmentální lesnický program přijat v roce 2004. V revidované legislativě lesní zákon ve Švédsku (1997 s pozdější revizí) a ve Finsku (1996) si dávají tyto dva stejné prioritní cíle. Nicméně nedostatek vědecky ověřených vědomostí byl problém zejména u ekologických efektů hospodářských metod. Legislativa byla revidována na základě společných pocitů a několika vědeckých poznatků, které byly v té době dostupné. „Rozvoj biodiverzity“ stimuloval důležitost výzkumů v ekologii, lesnictví a ekonomii. (RAIVIO at al. 2001)

Data jsou ale bohužel roztroušená a často málo významná pro praktické využití. Jedním z důvodů je velmi malá spolupráce mezi vědci a manažery. Rovněž tradiční přístup jedné vědecké disciplíny zmenšuje potenciální uplatnění výsledků v praxi. Hospodářské postupy by v sobě měly zahrnovat ekologii, lesnictví a ekonomiku. (RAIVIO at al. 2001)

7.3 Nové metody lesního hospodářství a ochrany biodiverzity

Nové lesnické metody jsou vědeckými hypotézami, které nejsou vyzkoušené v širším měřítku. Je nutné ještě mnohé vykonat, než se setkáme s rozumnými cíly pro ochranu a obnovu biodiverzity. Pouhým přijetím nových hospodářských postupů nelze dokázat že tím bude dosaženo zelenějších cílů. (SPENCE 2001)

7.3.1 Ponechávání skupin stromů (Green tree retention)

Ponechávání skupin stromů je široce užívaná metoda ve Finsku a ve Švédsku pro zvýšení strukturní diverzity lesa. Je zde ovšem několik diskutovaných otázek (RAIVIO at al. 2001).

Ponechávání skupin stromů má tři hlavní cíle: 1) vytvoření refugia („záchraného člunu“) pro druhy a procesy okolo porosů v regenerační fázi 2) zvýšit strukturní rozmanitost na stromových stanovištích a 3) zvýšení propojení mezi krajinnými úrovněmi (FRANKLIN at al. 1997 in VANHA-MAJAMAA & JALONEN 2001). Ponechávání skupin stromů se stalo významným hospodářským nástrojem a byla široce přijata jako standardní hospodářská metoda ve Fenskandii. Nicméně ekologické vlivy toho postupu nejsou stále moc známé. Může rovněž způsobit ekonomickou ztrátu pro majitele lesa.

V současnosti převládají dvě metody:

1. Stromy jsou ponechány roztroušeně jako při clonné seči a při ponechání semenných stromů.

2. Stromy jsou shromážděny ve skupinách.

Roztroušený nebo agregovaný způsob mají rozdílné ekologické důsledky. Rozptýlené stromy jsou vhodné tam, kde ekologické cíle vyžadují určitou cílovou strukturu nebo rovnoměrné podmínky jako je zásoba odumřelého dřeva nebo padlých kmenů nebo jako zmírnění mikroklimatologických a hydrologických následků. Agregované ponechávky jsou efektivnější při zachování širšího seskupené základních prvků a ekologické podmínky se podobají starým

porostům. Nahloučení umožňují zachování celého korunového patra a podrostní vegetace, stejně tak jako kmeny různé velikosti a různého stupně rozkladu, což není možno při ponechání rozptýlených stromů (VANHA-MAJAMAA & JALONEN 2001). Ponechávání skupin stromů na rozdíl od tradičních clonných sečí nebo systémů semenných stromů ponechává zbývající stromy na místě bez plánování následující těžby. Odhad ceny je 2 – 12 % podle úrovně a vzorce zachování a vegetačního typu. Navzdory rostoucímu využívání ponechávání skupin stromů není jasné, zdali nízký stupeň zachování (5 – 10 stromů/ha) užívaný ve Fennoskandii postačí k zachování biodiverzity. Tak nízký stupeň nemůže nabídnout stanoviště pro pozdní stádia sukcese nebo druhy žijící uvnitř lesa, ale zvyšuje vhodný prostor pro druhy, které nevyžadují podmínky vnitřního lesa. Ponechávání skupin stromů je také využívána pro vytváření koridorů pro zvýšení rozptylu druhů. (SPENCE 2001)

7.3.2 Řízené vypalování (Prescribed burning)

Oheň je nápadným fenoménem lesních ekosystémů. Má schopnost zabít jakýkoliv organismus a od základů upravit fyzické a chemické prostředí rostlin a živočichů. Dnes je potlačení ohně ve Fennoskandii tak efektivní, že průměrná spálená plocha lesní krajiny za rok je menší než 0,01%. Dlouho byl účinek ohně na biodiverzitu pokládán za negativní.

V boreálních regionech byly navrhovány různé modely jak spojit disturbanční režimy a moderní využívání krajiny s cílem ochrany biodiverzity. Tyto modely jsou většinou postaveny na následujících předpokladech: 1) Biodiverzita uvnitř lesa je funkcí uplynulé historie (minulosti), zvláště pak historie disturbancí, 2) Těžební metody jsou (nebo mohou být) ekvivalentem přirozených disturbancí, 3) Jestliže je těžba uskutečňována v „přirozeném“ rozměrovém, strukturním a prostorovém vzorci, bude zde udržena biodiverzita. (GRANSTRÖM 2001)

Řízené vypalování bylo součástí běžného lesnictví ve Finsku a Švédsku ještě počátkem 60. let. Poté se jeho využívání drasticky zmenšilo, ale nedávno bylo znovu objeveno jako součást nových lesnických doporučení. Ve Finsku v lesích, které jsou ve vlastnictví státu, jsou cíle řízeného vypalování dány v krajinném ekologickém plánu ročně jako vypálená plocha závislá na lokálních podmínkách. Ve Finských lesních certifikačních kritériích by se rozloha řízeného vypalování měla zdvojnásobit během pěti let. (RAIVIO et al. 2001)

Ve Švédských FSC – kritérii nakonec 5 % ročně regenerovaných ploch představují suché a mírně vlhké podmínky, které musely být vypáleny. Toto současnou úroveň zvedá skoro na destinasobek. Když ale srovnáme přírodní podmínky, rozloha vypálených lesů zůstává malá v obou zemích.

Řízeného vypalování přináší několik praktických otázek: Kolik živých stromů a jak velkých by mělo zůstat po holoseči, když je plánováno vypálení? Jaké je využití malých spálených stromů pro druhy? Jaké je ideální vzdálenost mezi vypálenými plochami – v prostoru i v čase? Jestliže přirozeně vypálené plochy se v průměru nacházejí na 20 ha v severských podmínkách, jaká je pak ideální rozloha řízeného vypalování? Je pro biodiverzitu prospěšné vypalování malých ploch? Jestliže budou vypalovány útržky živých stromů, jaká je optimální velikost těchto útržků?

(RAIVIO et al. 2001)

8.3.3 Ponechávání odumřelého dřeva

Zvýšení množství odumřelého dřeva v hospodářských lesích je jedním z nezbytných předpokladů pro úspěšnou ochranu mnoha organismů. Odumřelé dřevo a na něj vázané houby poskytují zdroje mnoha druhům hmyzu. Jsou využívány různé metody pro umělé zvýšení množství odumřelého dřeva v hospodářských lesích. Vytváření vysokých pahýlů kořenů po těžbě ve spojení s konečnou těžbou a ponechávání živých stromů zvláště pak listnatých stromů jsou dvě často používané metody. Většina těchto pahýlů je vytvořena ze smrků, které byly napadeny hnilobnými houbami. Další metodou je zachování rozumného množství větrem padlých stromů a doporučení vztahující se k ochraně proti poškození způsobenému kůrovci. Výsledkem zvýšeného zájmu o využití polomových kmenů jako palivového dříví je zmenšení tohoto množství odumřelého dřeva. Je velice obtížné určit přesné množství odumřelého dřeva, které je potřeba k záchraně biologické diverzity organismů a všech druhů na červených seznamech vázaných na tento substrát. Množství dřeva listnatých stromů které může být zachováno, není limitováno a proto může být požadováno zachování více jak 5 m³/ha/rok. (EHNSTRÖM 2001).

Ve většině chráněných území můžeme zachovat více nedávno odumřelého dřeva z polomů a divokého ohně než je 5 m³/ha a snad i toto množství vzroste kácením, protože je zde potřeba určitých druhů odumřelého dřeva. Tento druh ekologického inženýrství bude zásadní pro budoucí ochranu určitých druhů na červených seznamech. Toto se týká také oblastí sloužících jako ochranná pásma, koridory a také různé klíčová stanoviště. (EHNSTRÖM 2001)

8.3.4 Koridory

Propojení stanovištních útržků koridory a tím zvýšení schopnosti přežití populací ve fragmentované krajině je zajímavá myšlenka. Výzkumy prováděné na těchto koridorech nedávají jednoznačné výsledky o jejich užitečnosti. Mnoho studií ukázalo, že druhy jsou přítomné v koridorech (pravděpodobně je využívají jako stanoviště). V některých studiích bylo zjištěno že se jedinci pohybují podél koridorů, ale pouze několik prokázalo že toto zvyšuje trvalost populace v propojených částech (NIEMELÄ 2001). Zatím nebylo dokázáno, že rozptyl podél těchto domnělých spojnic zvýší trvalost populací v útržcích boreálního lesa (SPENCE 2001). Nicméně koridory musí být pouze doplňkem k dalším opatřením na ochranu přírody. Pouze koridory nezabezpečí přežití druhů ve fragmentované krajině Fennoskandie. (NIEMELÄ 2001)

8.3.5 Indikační druhy

Ve fragmentované krajině závisí zachování biodiverzity hlavně na identifikaci a ochraně jejich zbývajících částí. Stanovení hodnoty pro zachování na rozdílných částech stanovišť závisí na sčítání a popisu. Tyto odhady jsou většinou vázány na znalost diverzity druhů a ještě více na výskyt ohrožených druhů. Prakticky je ovšem sečtení všech druhů všech organismů nemožné. Proto se vyvíjí systém indikátorů biodiverzity využitelný v praktických situacích (BERGLUND 2004). Například některé druhy dřevokazných hub mohou být indikátory pralesních porostů nebo starých lesních porostů. Je jednoznačné, že každá užitečná metoda pro stanovení lesní biodiverzity musí obsahovat druhově bohaté skupiny, zvláště pak hmyz, houby a lišejníky. Klíčová stanoviště by měla nabídnout funkční ekologickou jednotku, čímž se rozumí udržování celých společenstev. Je naléhavě zapotřebí obnova lesních stanovišť a ochrana zbylých částí neobhospodařovaného lesa. (SPENCE 2001)

8.3.6 Klíčová lesní stanoviště (Woodland Key habitats)

Klíčová lesní stanoviště jsou definována jako stanoviště, ve kterých se pravděpodobně vyskytují druhy vzácné a druhy z červených seznamů (NITARE & NORÉN, 1992 in SIPPOLA et al. 2004) a které by rovněž měla sloužit jako útočiště a zdroje rozptylu pro druhy které jsou negativně ovlivněny lesnictvím (SNÄLL & JONSSON 2001 in SIPPOLA et al. 2004). V praktickém lesnictví jsou jasně odlišeny od okolní lesní krajinné matrice (GUSTAFSSON 2002 in SIPPOLA et al. 2004). Identifikace oblasti je většinou založena na fyzikálních nebo strukturních vlastnostech místa a výskytu indikátorových druhů (SIPPOLA et al. 2004). Avšak lesní klíčová stanoviště, které byly dány stranou z důvodu bohatosti druhů cévnatých rostlin (byly využity jako indikátory), nebyly místy zvýšeného výskytu druhového bohatství chorošů (SIPPOLA et al. 2004).

8.4 Rezervace – chráněné území

V současné době existuje 1 063 chráněných území uznaných IUCN, které obsahují tajgu nebo boreální les samozřejmě v mnoha případech jsou v těchto oblastech i další stanoviště (FOLCH & CAMARASA 2000).

Biosférické rezervace UNESCO

Program UNESCO MAB - Man and the Biosphere je jedním z mezivládních programů v oddělení ekologických věd UNESCO který se zabývá životním prostředím a udržitelným rozvojem, to je rozumným využíváním biodiverzity. Program spojuje vědecký výzkum a shromažďování informací s tradičními znalostmi využívání zdrojů (www.unesco.org). Proto bych zde ráda uvedla rezervace UNESCO, ve kterých se nachází boreální les (viz. Příloha č. 10). Ze 110 zemí, které se účastní programu, se v pěti nachází celkově dvanáct rezervací, ve kterých se nachází boreální les nebo tajga. V USA a Finsku je jedna rezervace, Kanada má dvě, Mongolsko jednu a Rusko sedm rezervací (FOLCH & CAMARASA 2000).

8.5 Institucionální nástroje

MEZINÁRODNÍ ENVIRONMENTÁLNÍ LEGISLATIVA (TUCKER & EVANS 1997)

Úmluva o biologické rozmanitosti (1992)

Rámcová úmluva o klimatické změně (1992)

Bonnská úmluva (1979) CMS - Úmluva o ochraně stěhovavých druhů volně žijících živočichů.

Ramsarská úmluva (1971) Úmluva o mokřadech majících mezinárodní význam především jako biotopy vodního ptactva.

Úmluva o ochraně světového kulturního a přírodního dědictví (1972).

Úmluva o dálkovém znečištění ovzduší (1997).

Úmluva o ochraně a využívání hraničních vodních toků a mezinárodních jezer (1992).

PAN – EUROPEAN (TUCKER & EVANS 1997)

Bernská úmluva (1979) Úmluva o ochraně evropských planě rostoucích rostlin, volně žijících živočichů a přírodních stanovišť.

Espoo Convention (1991) Úmluva o posuzování vlivů na životní prostředí přesahujících hranice států.

EVROPSKÁ UNIE (TUCKER & EVANS 1997)

Směrnice Rady 92/43/EEC o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin.

Dále má každá země z boreální oblasti má svůj vlastní systém ochrany přírody a svou vlastní legislativu.

Politické iniciativy

Ministerská konference na ochranu lesů v Evropě (A Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe), která se konala v Helsinkách v červnu 1993 a vešla ve známost jako Helsinské pokyny (Helsinki Guidelines)

- Hlavní pokyny pro udržitelné lesní hospodářství v Evropě.
- Hlavní pokyny pro zachování biodiverzity Evropských lesů.
- Spolupráce lesnictví s ekonomikou zemí při přeměně.
- Strategie pro proces dlouhodobé adaptace lesa v Evropě na klimatickou změnu.

Tyto pokyny jsou postaveny na sdělení lesních principů (Statement of Forests principles) odsouhlaseném vládami na summitu Země (Earth Summit) z roku 1992 a definují udržitelné lesní hospodářství pro politické činitele a lesnictví z pohledu Evropských vlád.

Následovala Helsinská konference (nazývaná také jako Helsinský proces), která je jedním z hlavních pokračujících procesů v mezinárodní lesnické politice, jak by měly evropské země postupovat při vytváření udržitelného lesnictví a ochraně (zachování) biodiverzity. Hlavní sada kritérií a indikátorů byla přijata na následujícím setkání v červenci 1994. Tato kritéria a indikátory jsou nástroji pro shromažďování a zhodnocování informací, jak mají státy, které je přijaly, postupovat při implementaci hlavních pokynů udržitelného lesního hospodářství, jak je popsáno v Helsinkí resolution. (TUCKER & EVANS 1997)

Šest evropských kritérií (TUCKER & EVANS 1997):

1. Udržení a vhodné zvýšení lesních zdrojů a přispění lesů ke globálnímu cyklu uhlíku.
2. Udržení zdravých a života schopných lesních ekosystémů.
3. Udržení a zvýšení produkčních funkcí lesa (dřevo a jiné produkty).
4. Udržení, zachování a vhodné zvýšení biologické diverzity lesních ekosystémů.
5. Udržení a vhodné zvýšení ochranných funkcí v lesním hospodářství (významně půdy a vody).
6. Udržení ostatních socioekonomických funkcí a podmínek.

Závěr

Boreální les se rozprostírá cirkumpolárně kolem celé severní polokoule. Ve všech oblastech svého výskytu vypadá podobně. Nejnápadnější součástí jsou jehličnaté dřeviny, které také do jisté míry ovlivňují vlastnosti půdy a složení živočišných společenstev. Důležitou roli zde ale také hrají listnaté stromy, i když jsou v menšině, neboť poskytují cenná stanoviště, a tím přispívají ke zvýšení druhové diverzity. I když si jsou jehličany svým vzhledem na všech třech kontinentech podobné, jedná se o různé druhy. Naopak zakrslé keře, byliny, mechy a lišejníky nejsou tolik proměnlivé. Živočišná společenstva si jsou také velmi podobná. Přírozená dynamika tajgy je udržována disturbancemi, zejména pak ohněm. Disturbance dávají příležitost k vytvoření mladých sukcesních stádií listnatých dřevin a borovice, která by jinak byla postupně vytlačena smrkem. Na odumřelé dřevo po disturbanci je také vázáno velké množství hub žijících na dřevě a bezobralých živočichů, kteří využívají tyto houby jako mikrostaniště nebo jsou vázány přímo na odumřelé dřevo. Dřevorozkladné houby jsou zde klíčové v koloběhu živin. Tyto nenápadné organismy tvoří skutečné druhové bohatství boreálního oblasti.

Zatímco o ztrátě biodiverzity tropického deštného lesa se mluví už dlouho dobu, v poslední době se v podobném kontextu začíná mluvit o boreálním lese. Toto zpoždění nejspíš způsobila zdánlivě menší zajímavost a cennost této oblasti. Podle obecně platných pravidel biodiverzita směrem na sever klesá. Toto pravidlo bylo bohužel po dlouho dobu uplatňováno i na boreální les. Jeho biodiverzita byla posuzována pouze podle nízkého počtu stromových druhů. Bohatá společenstva hmyzu a dřevokazných hub a ekologické vazby mezi nimi byly v minulosti zcela přehlížena. Svou roli zde samozřejmě také sehrála pro člověka špatná přístupnost a drsné klimatické podmínky. Toto na druhou stranu bylo pro tajgu i jistou ochranou. V posledních dvou staletích však s rozvojem intenzivního lesnictví začalo vykořisťování i boreální oblasti. Člověk zde neláká pouze dřevo, ale i nerostné bohatství. Z důvodu špatné přístupnosti se musely začít budovat železnice, silnice, dálnice apod. Krajina začala být fragmentovaná a dochází ke ztrátě stanovišť. Přírozenou tvář tajgy jsme změnili víc, než si uvědomujeme.

Pro zachování tohoto biomu s jeho původní strukturou a původními společenstvy nestačí pouze několik rezervací. A samozřejmě nemůžeme celou boreální oblast vyhlásit jako jednu velkou rezervaci, protože dřevo je stále důležitou surovinou. Proto je třeba změnit celý způsob tradičního lesnictví tak, aby se více přiblížil přirozeným pochodům, které zde v minulosti probíhaly.

Zachování celé biodiverzity není jednoduché. Proměnlivost druhového složení a nahromadění v místních environmentálních podmínkách zdůrazňuje nezbytnost globálního myšlení a lokálního jednání. I když odezvy jednotlivých druhů na těžbu se všeobecně stejně objevují přes celou holoarktickou oblast, metody těžby musí být přizpůsobeny lokálním podmínkám a je nezbytné další upravování a přizpůsobování metod. Bohužel zde není žádný obecný návod pro ekologicky udržitelné využívání v tak komplexním a rozsáhlém biomu jako je boreální les. (NIEMELÄ 1997)

Seznam literatury

1. ACHARD F., MOLLIKONE D., STIBING H.-J., AKSENOV D., LAESTADIUS L., LI Z., POPATOV P. & YAROSHENKO A., 2006: Areas of rapid forest – cover change in boreal Eurasia. *Forest Ecology and Management*. 237: 322 – 334.
2. ANGELSTAM P., & ANDERSON L., 2001: Estimates of the Needs for Forest Reserves in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*. Suppl.3: 38 – 51.
3. ANGELSTEM P., BOUTION S., SCHMIEGELOW, F., VILLARD M.A., DRAPEAU P., HOST, G. INNES J., ISACHENKO G., KUULUVAINEN T., MONKKONEN M., NIEMELA J., NIEMI, G., ROBERGE J.M., SPENCE J. & STONE D., 2004: Targets for boreal forest biodiversity conservation – a rationale for macroecological research and adaptive management. *Ecological Bulletins*. 51: 487-509.
4. ATTENBOROUGHT, D., 1990: *Planeta žije*. Panorama, Praha. 334 pp.
5. BANFIELD A.W.F., 1974: *The Mamals of Canada*. University of Toronto Press. 438 pp.
6. BERGLUND H., 2004: *Biodiversity in fragmented boreal forests – assessing the past, the present and the future*. PhD Thesis, Umeå University, Sweden, 44 pp.
7. BURNETT, CH., FALL, A., TEMPPPO, E. & KALLIOLA, R., 2003: *Monitoring Current Status of and Trends in Boreal Forest Land Use in Russian Karelia*. *Conservation Ecology*. online: <http://www.ecologyandsociety.org/vol7/iss2/>, cit. 14.4. 2008.
8. DUDLEY N., GILMOUR D. & JEANRENAUD J. P., 1998: *Boreal forests: policy challenges for the future*. *Arborvitae Supplement*, IUCN, WWF. Nestránkováno.

9. EHNSTRÖM B., 2001: Leaving Dead Wood for Insects in Boreal Forests – Suggestions for the Future. *Scandinavian Journal of Forest Research*. Suppl. 3: 91 – 98.
10. EYRE S. R., 1966: *Vegetation and soils, A World Picture*. Edward Arnold, London. 324 pp.
11. ERIKSON S. & HAMMER M., 2006: The challenge of combining timber production and biodiversity conservation for long – term ecosystem functioning – A case study of Swedish boreal Forestry. *Forest Ecology and Management*. 237: 208 –217.
12. FLEROV S.K., PONOMAREVOVÁ E.N., KLJULŠNÍK P.I, VORONCOV A.I., 1954: *Ochrana lesů*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha. 351 pp.
13. FOLCH R. & CAMARASA J.M. (eds), 2000: *Eyclopedia of the biosphere*. Vol 8: *Prairies and taiga*. Gale Group, Detroit. 460 pp.
14. GRANSTRÖM A., 2001: Fire management for biodiversity in the European Boreal Forest. *Scandinavian Journal of Forest Research*. Suppl. 3: 62 – 69.
15. GROMTSEV A., 2002: Natural Disturbance Dynamics in the Boreal Forests of European Russia: a Review. *Silva Fennica*. 36: 41 – 55.
16. HYTTEBORN H., MASLOW A. A., NAZIMOVA D.I. & L.P. RYSIN, 2005: Boreal forests of Eurasia. In: F. Andersson (eds.): *Ecosystems of the World 6. Coniferous Forests*. Elsevier, Amsterdam, pp. 23-99.
17. JENÍK J., 1998: *Ekosystémy (Úvod do organizace zonálních a azonálních biomů)*. Nakladatelství Univerzity Karlovy, Praha. 135 pp.

18. JUNNINEN K., 2007: Conservation of polypore diversity in managed forests of boreal Fennoscandia. PhD Thesis, Faculty of Forest Science, University of Joensuu, Finland. 32 pp.
19. KOMONEN A., 2003: Hotspots of Insect Diversity in Boreal Forests. *Conservation Biology*. 17: 976 - 981.
20. KREMER B.P. & MUHLE H., 1998: Lišejníky, mechorosty, kaprad'orosty. Ikar, Praha. 286 pp.
21. KUSBACH A., 2005: Ekosystémové mapování lesů v Britské Kolumbii. *Vesmír*. 84: 395 - 400.
22. LARSEN J. A., 1980: The boreal ecosystem. Academic Press, New York. 500 pp.
23. LINDGREN M., 2001: Polypore (Basidiomycetes) species richness and community structure in natural boreal forests of NW Russian Karelia and adjacent areas in Finland. *Acta botanica Fennica*. 41 pp.
24. MORAVEC J., 1994: Fytocenologie: Nauka o vegetaci. Praha, Academia. 403 pp.
25. NIEMELÄ J., 1997: Invertebrates and Boreal Forest Management. *Conservation Biology*. 11: 601 – 610.
26. NIEMELÄ J., 2001: The Utility of Corridors in Forested Landscapes. *Scandinavian Journal of Forest Research*. Suppl. 3: 70 – 78.

27. RAIVIO S., NORMARK E., PETTERSSON B. & SALPAKIVI – SALOMAA P., 2001: Science and Management of Boreal Forest Biodiversity – Forest Industries' Views. *Scandinavian Journal of Forest Research*. Suppl. 3: 99 – 104.
28. SIMILÄ M., KOUKI, J., MÖNKKÖNEN M. & SIPPOLA A. – L., 2002: Beetle species richness along the forest productivity gradient in northern Finland, *Ecography*, 25: 42 – 52.
29. SIPPOLA A. L., 2001: Forest structure and biodiversity in northern boreal forests: Effects of regeneration cutting on flying beetles and wood-decomposing fungi. PhD Thesis, University of Lapland, Rovaniemi, Finland. 62 pp.
30. SIPPOLA A. L., MÖNKKÖNEN M., & RENVALL P., 2004: Polypore diversity in the herb - rich woodland key habitats of Koli National Park in eastern Finland. *Biological Conservation*. 126: 260 – 269.
31. SPENCE J. R., 2001: The new boreal forestry: adjusting timber management to accommodate biodiversity. *Trends in ecology and evolution*. 16: 591 - 592.
32. TUCKER, G.M. & EVANS, M.I., 1997: Habitats for birds in Europe: a conservation strategy for wider environment. Cambridge U.K.: BirdLife International (BirdLife Conservation Series No. 6). 464 pp.
33. VAČKÁŘ D. (ed.), 2005: Ukazatelé změn biodiverzity, Praha: Academia, 298 pp.
34. VELLAK K., PAAL J. & LIIRA J., 2003: Diversity nad distribution pattern of bryophytes and vascular plants in boreal spruce forest. *Silva Fennica*. 37: 3 – 13.
35. VANHA – MAJMAA I. & JALONEN J., 2001: Green Tree Retention in Fenoscandian Forestry. *Scandinavian Journal of Forest Research*. Suppl. 3: 79 – 90.

36. WEBER M.G. & VAN CLEVE K., 2005: The boreal forests of North America. In: F. Andersson (eds.): Ecosystems of the World 6, Coniferous Forests. Elsevier, Amsterdam, pp. 101-130.

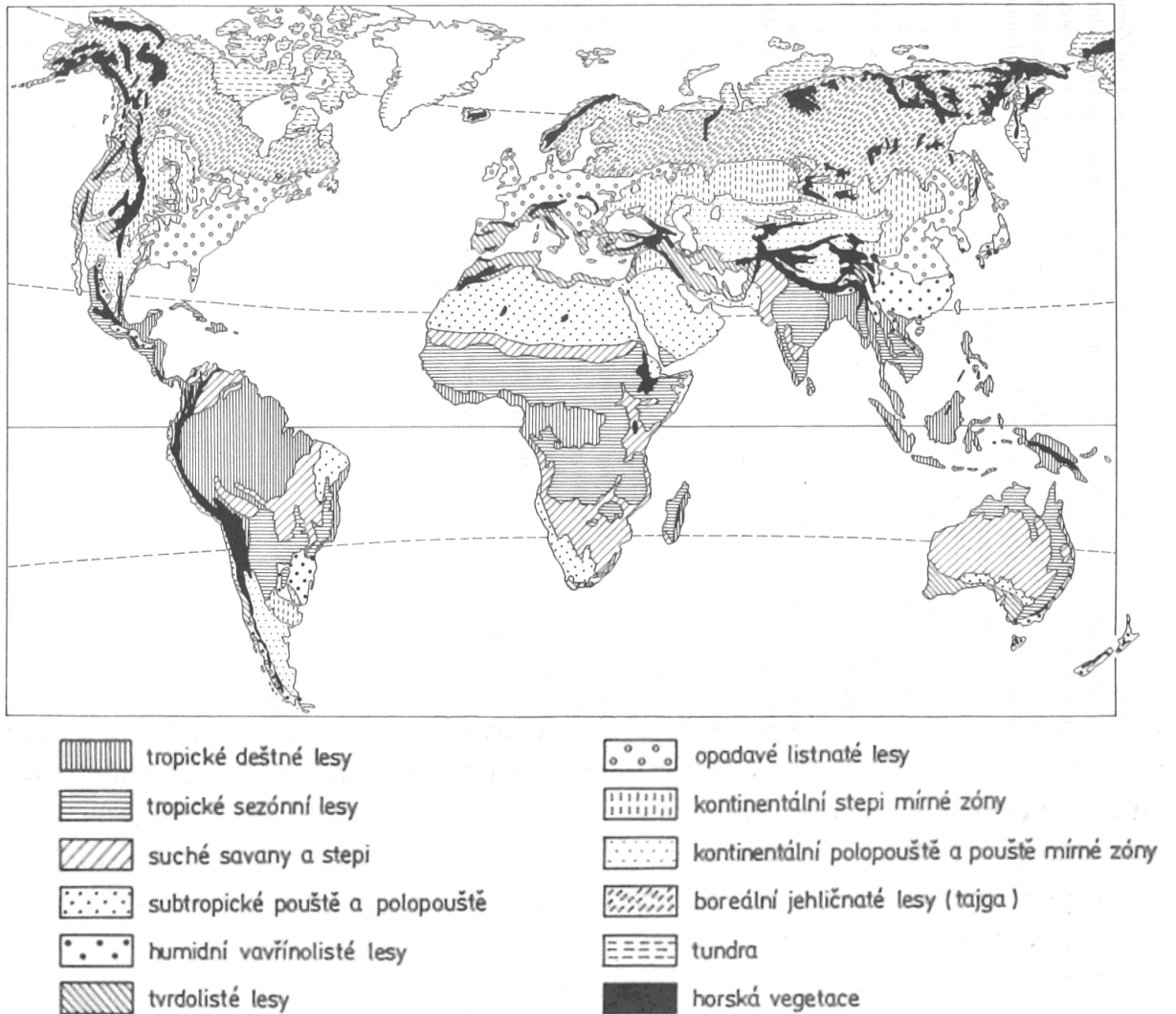
Internetové zdroje:

- <http://www.unesco.org/mabdb/bios1-2.htm>, verze z 29.2. 2007
- www.borealforest.org

Příloha č. 1

Rozšíření hlavních vegetačních formací Země a z něho vyplývající vegetační zonalita

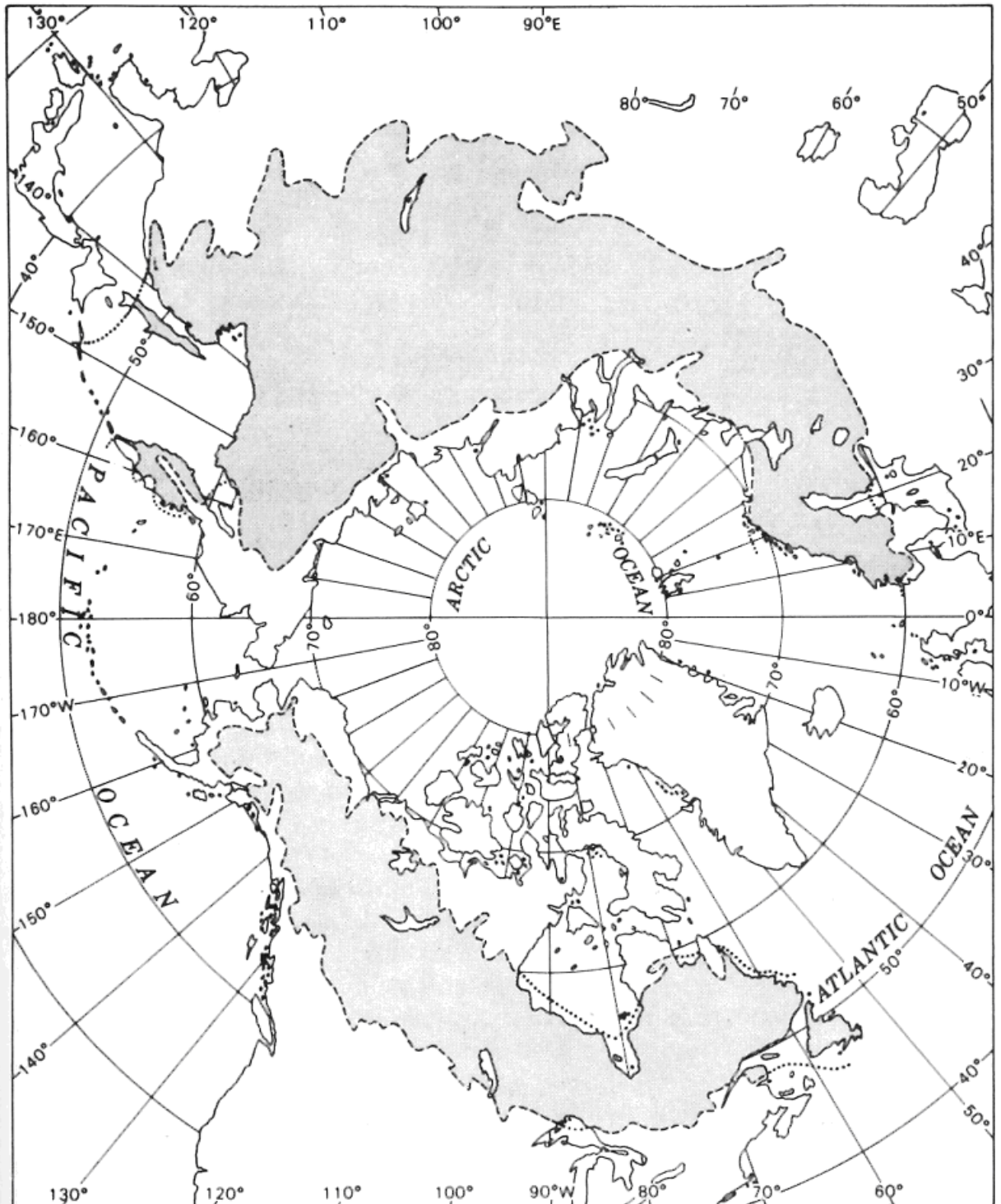
(WALTER 1970 in MORAVEC 1994)



Příloha č. 2

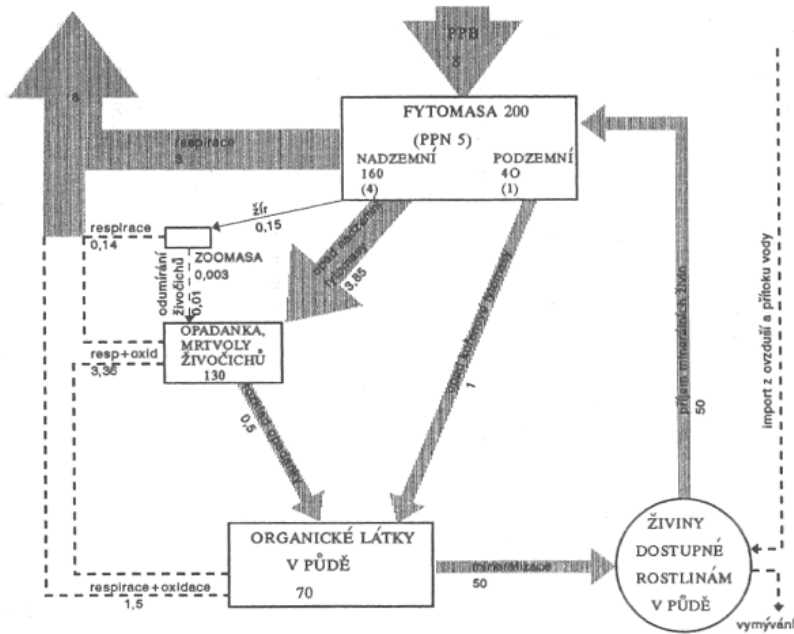
Cirkumpolární rozšíření boreálního lesa (HARE & RITCHIE 1972 in LARSEN 1980)

Introduction: Boreal Ecology and Ecosystems Analysis



Příloha č. 3

Schématický model rozložení biomasy a energetického toku v jehličnaté tajze (SCHULTZ 1988 in JENÍK 1998)



Příloha č. 4

Hlavní druhy stromů boreálního lesa (LARSEN 1980):

	rod	Severní Amerika 55°-160° západní délky	Severní Evropa 5° – 40° východní délky	Západní Sibiř 40° – 120° východní délky	Východní Sibiř 120° – 170° západní délky
Jehličnany	Smrk (<i>Picea</i>)	<i>glauca, mariana</i>	<i>abies</i> syn. <i>excelsa</i>	<i>obovata</i>	<i>obovata, jezoënsis</i>
	Jedle (<i>Abies</i>)	<i>balsamea</i>		<i>sibirica</i>	<i>nephrolepis, sachalinensis</i>
	Borovice (<i>Pinus</i>)	<i>banksiana</i>	<i>silvestris</i>	<i>sibirica, silvestris</i>	<i>silvestris, pumila, cembra</i>
	Modřín (<i>Larix</i>)	<i>laricina</i>		<i>sibirica, sukachzewski</i>	<i>dahurica</i>
Listnaté	Topol (<i>Populus</i>)	<i>tremuloides, balsamifera</i>	<i>tremula</i>	<i>tremula</i>	<i>tremula, suaveolens</i>
	Bříza (<i>Betula</i>)	<i>papyrifera, kenaica</i>	<i>pubescens, verrucosa, kusmisscheffi</i>	<i>verrucosa, bubescens</i>	<i>ermani</i>
	Olše (<i>Alnus</i>)	<i>tenuifolia, crispa, rugosa</i>	<i>icana</i>	<i>fruticosa</i>	<i>fruticosa</i>
	Vrba (<i>Salix</i>)	<i>salix species</i>	<i>salix species</i>	<i>salix species</i>	<i>salix species</i>

Příloha č. 5

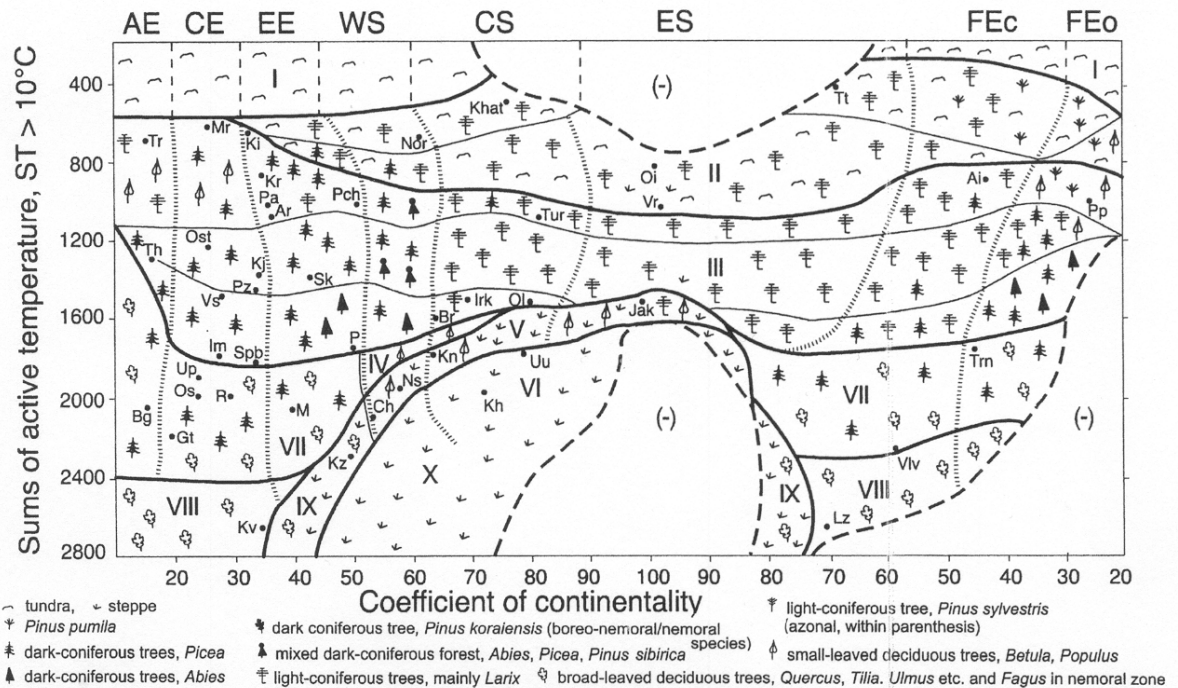
Biotické zóny, zono – ekotony a sektory a na Sibiři (HYTTEBORN et al. 2005)

Zóna / zono-ecotone sektor	klima	Struktura krajiny	Hlavní druhy stromů, keře	Charakteristické bylinné a mechové patro, keře	Sukcese po ohni
Ekoton s tundrou	kontinentální – superkontinentální	Zalesněná krajina a izolovaná lesní stanoviště v kombinaci s tundrou. Rašeliniště a porosty břízy trpasličí („jerníky“) 50 – 65 %, les 20 – 35 %.	<i>Larix gmelinii</i> , <i>Larix cajandei</i> , <i>Larix sibirica</i> , <i>Picea obovata</i>	Subarktické zakrslé keře, lišejníky, mechy, psychrofyty (chladnomilné), <i>Salix</i> a <i>Betula</i> porosty břízy trpasličí („jerníky“).	Dlouhodobá paludificace (vytváření rašelinišť). Periodická úspěšná regenerace modřinu, smrku. Lesní požár zlepšuje teplotní režim půdy a růst stromů.
Tajga Západní Sibiř	Kontinentální, vlhké	Dominantní tmavé jehličnany v zonálních oblastech, v azonálních oblastech se vyskytuje borový les na písčitých a vlhkých rašelinných půdách v údolích řek. Rašeliniště 50 %, les 45%	<i>Pinus Sibirica</i> , <i>Pinus silvestris</i> , <i>Picea obovata</i> , <i>Abies sibirica</i>	Boreální zakrslé keře, byliny, mechy, <i>Sphagnum</i> . Nízká diverzita.	Po požáru les z borovice, břízy a smíšené porosty borovice – bříza. Potom smíšený les s regenerací tmavých jehličnanů, borovice sibiřské, smrku, jedle. Obnova po požáru trvá 100 – 120 let. Vysoká frekvence ohně podporuje borovicové porosty.

Zóna / zono-ecotone sektor	klima	Struktura krajiny	Hlavní druhy stromů, keře	Charakteristické bylinné a mechové patro, keře	Sukcese po ohni
Tajga Centrální Sibiř	Kontinentální, chladné, vlhké a polovlhké	Dominantní je modřínový a borový les v zonálních porostech, smrk a borovice v azonálních porostech. Les 60 %, rašeliniště 9%, bezlesí 31 %	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Larix sibirica</i> , <i>Larix gmelinii</i> .	Boreální a arktické zakrslé keře, ostřice, zelené mechy, porosty břízy trpasličí („jerníky“).	V severní části: po ohni modřínové porosty, bříza je omezena a borovice chybí z důvodu nízké teploty půdy. Na jihu: po požáru bříza a borovice. Trvalé borové porosty. Regenerace tmavých jehličnanů v údolích a na vlhkých horských svazích.
Tajga východní Sibiř	Super kontinentální, od studeného a mírně vlhkého v rovinách po vlhké v horách.	Převažuje modřín v zonálních porostech, lokálně borové a smrkové lesy, stepní a lesostepní útržky v azonálních porostech. Horské a rovinné lesy 50 – 60 %, rašeliniště 12%, bezlesí 30 – 40%.	<i>Larix cajander</i> , Keře: <i>Betula</i> , <i>Duschekia</i> , <i>Salix</i> .	Boreální a subarktické oligotrofní zakrslé keře, byliny, lišejníky, mechy. Kontinentální les a stepní ostřice a trávy.	Po požáru úspěšná regenerace modřínů. Keře a porosty břízy trpasličí („jerníky“) jsou běžné v ranných sukcesních stádiích. Borovice lesní se obnovuje a vytváří porosty výhradně na teplých půdách, smrk se regeneruje v údolích. Po ohňová lesní krajina a zakrslé stromy nad horní hranicí lesa nahrazují modřín v horské tajze po ohni.
Smíšený les z malých opadavých stromů – jehličnatý les, subtajga	Kontinentální, vlhké a polovlhké	Dominantní je březový a borový porost v zonálním lese, smrk, jedle v azonálním porostu. Les 30 – 40 %, rašeliniště 33 % na Západní Sibiři a 4 % na Východní Sibiři.	<i>Betula pendula</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Populus tremula</i> , <i>Larix sibirica</i> .	Boreální, luční trávy a byliny. Chybí lišejníky a mechy. Vysoká diverzita.	Po ohni porosty břízy a borovice a louky. Původní lesy chybí. Antropogenní faktor předurčuje sukcesí.
Lesá – step ekoton	Kontinentální – superkontinentální, polovlhké	Kombinace luční stepí a stepí s chomáči trávy.	<i>Betula pendula</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Larix sibirica</i> .	Luční – lesní trávy a byliny, keře: <i>Caragana</i> , <i>Cotoneaster</i> , <i>Spiraea</i> spp.	Poohňové keře a step. Dynamika lesa je stanovena klimatem a lidskou aktivitou.

Příloha č. 6

Schématické znázornění vegetačních zón, subzón a sektorů (HYTTEBORN et al. 2005)



Schématické znázornění vegetačních zón, subzón a sektorů v klimatickém prostoru s koeficientem kontinentality (HYTTEBORN et al. 2005) jako osa x a teplotních součtů denních průměrů nad 10 °C jako osa y. Schéma je založeno na datech ze 650 klimatických stanic ve Skandinávii a bývalém Sovětském svazu. Teplotní součet klesá ve schématu směrem nahoru a nejvyšší kontinentální indexy jsou uprostřed. Kontinentalita klesá na obě strany doleva i doprava. Schéma odráží zeměpisné rozdělení gradientů v teplotě a v kontinentalitě/oceanitě vlevo směrem k Atlantiku a napravo směrem k Pacifiku.

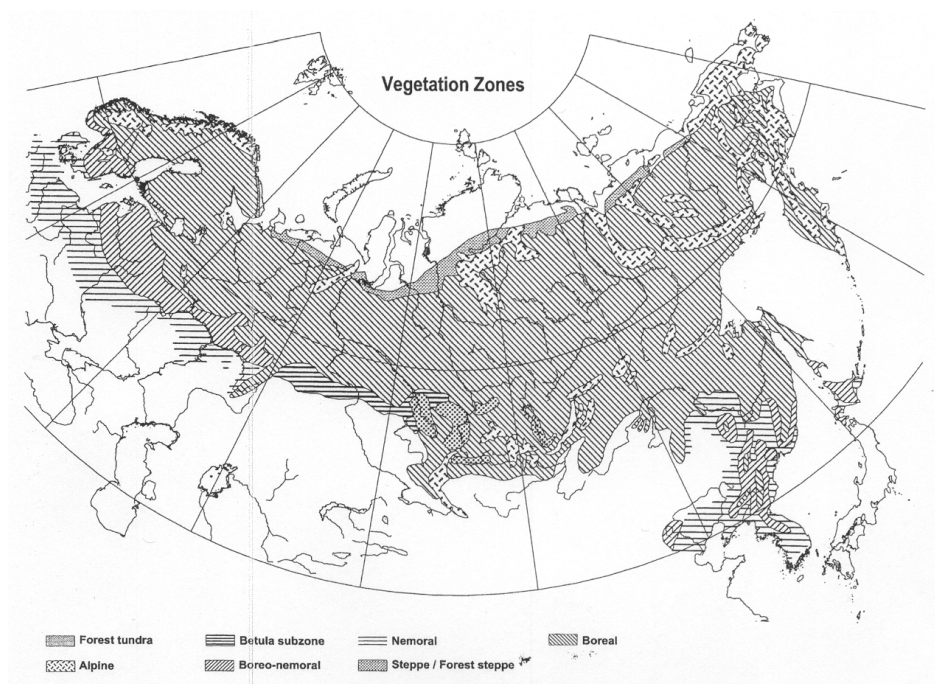
Vysvětlivky zón a subzón: I. Tundra, II. lesotundra a severská otevřená lesní krajina, III. boreální zóna se severní, střední a jižní subzónou, IV. zóna drobnolistých listnáčů a světlých jehličnanů, V. studená Sibiřská lesostep, VI. studená kontinentální step, VII./VIII. boreo – nemorální/nemorální zóna., v Evropě (nalevo) a Dálný východ (napravo), IX. teplá lesostep mírného pásu, X. teplá step mírného pásu,

Vysvětlivky sektorů: AE - Atlanticko – Evropský, CE – Středo Evropský, EE – Východní Evropa, WS – Západní Sibiř, CS Centrální Sibiř, ES - Východní Sibiř, FEc – kontinentální Dálný východ, FEo – oceánský Dálný východ.

Klimatické stanice zaznamenané ve schématu: Sektor AE: Tr Tromsø , Th Trondheim, Bg Bergen, Sektor CE: Mr Murmansk, Ost Östersund, Kj Kajaani, Pz Petrozavodsk, Vs Vaasa, Im Ilmala, SPb St. Petersburg, Up Uppsala, Os Oslo, R Riga, Gt Göteborg, Kv Kijev. Sektor EE: Ki Kiruna, Kr Karesuando, Pa Pajala, Ar Arkhangelsk, Pch Pečora, Sk Syktyvkar, P Perm, M Moskva, Kz Kazaň. Sektor WS: Nor, Norilsk, Ns Novosibirsk, Ch Čeljabinsk. Sektor CS: Khat, Khatangu, Tur, Tura, Irk, Irkutsk, Ol Olekminsk, Br Bratsk, Kn Kansk, Un Ulan – Ude, Kh Kyakhta. Sektor ES: Tt Tyumyati, Oi Oymyakon, Vr Verchojansk, Jak Jakutsk. Sektor FEc: Ai Ayan, Vlv Vladivostok, Lz Lazo. Sektor FEo: Pp Petropavlosk, Trn Terney

Ohraničení: čárkované čáry – hranice pro klimatický prostor definovaný klimatickými daty Severní Eurasie, Silné čáry – rozdělení jednotlivých zón. Tenká čára – rozdělní subzón. Jemně čárkovaná čára – rozdělení sektorů.

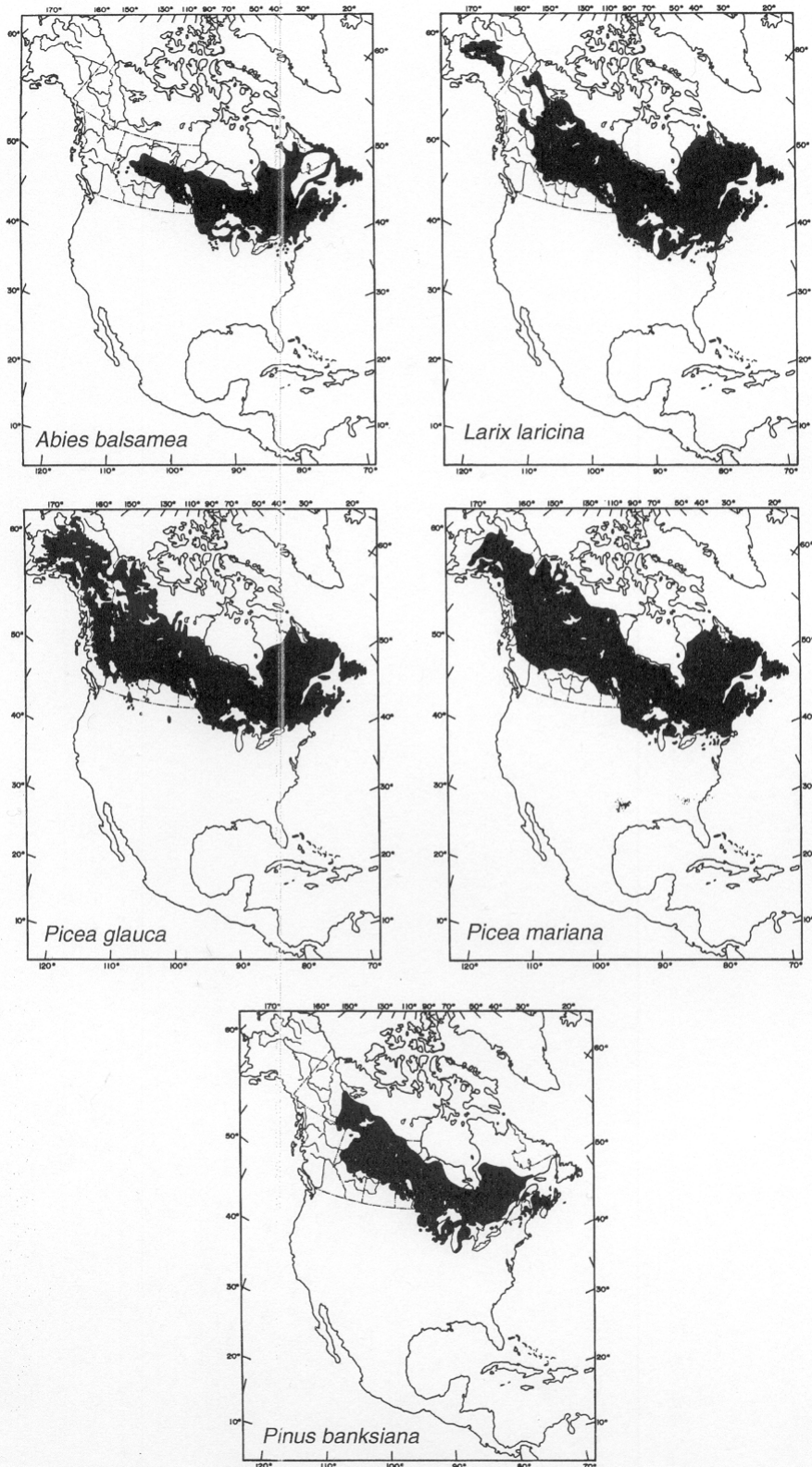
Příloha č. 7
Vegetační zóny (HYTTEBORN et al. 2005)



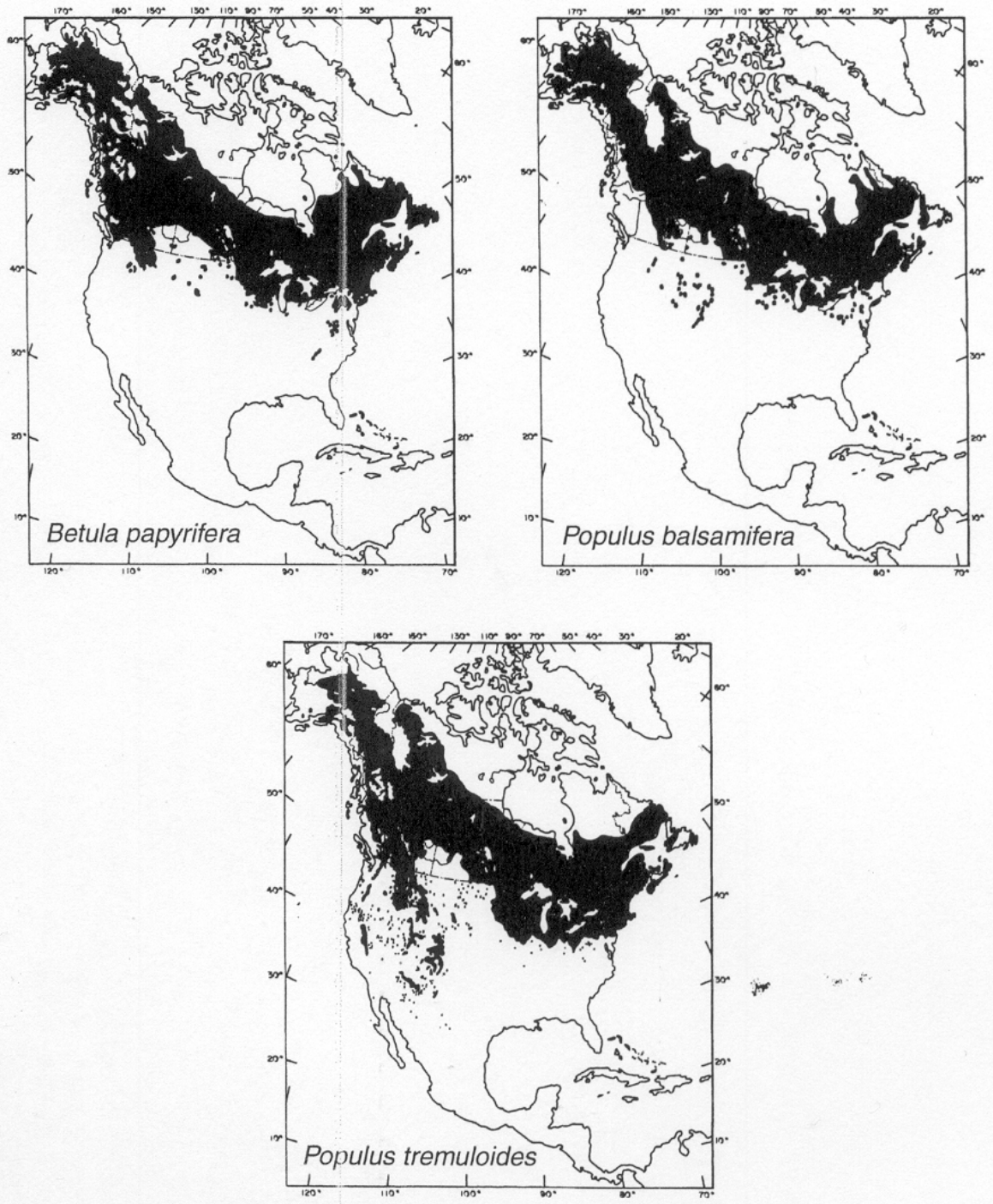
Příloha č. 8

Stromy v Severní Americe

Obr. 1. Rozšíření jehličnanů v Severní Americe (WEBER & VAN CLEVE 2005)



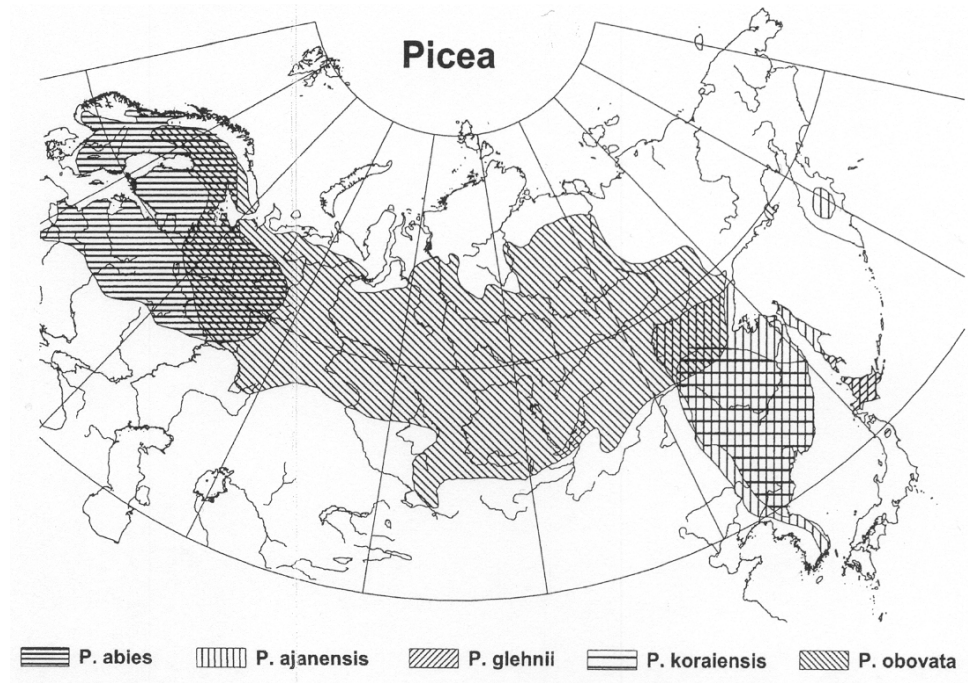
Obr. 2. Rozšíření listnáčů v Severní Americe (WEBER & VAN CLEVE 2005)



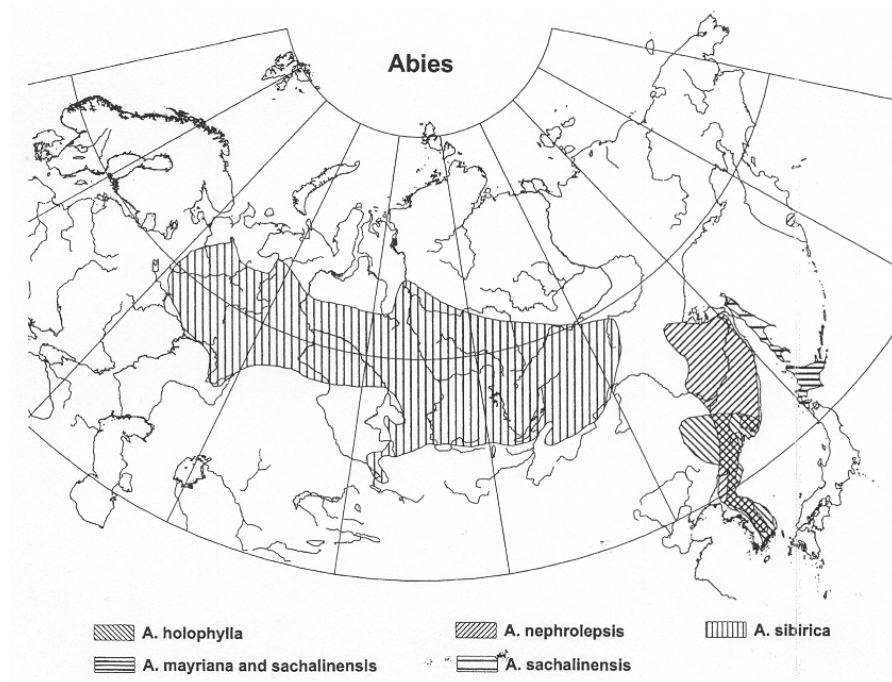
příloha č. 9

Stromy v Eurasii

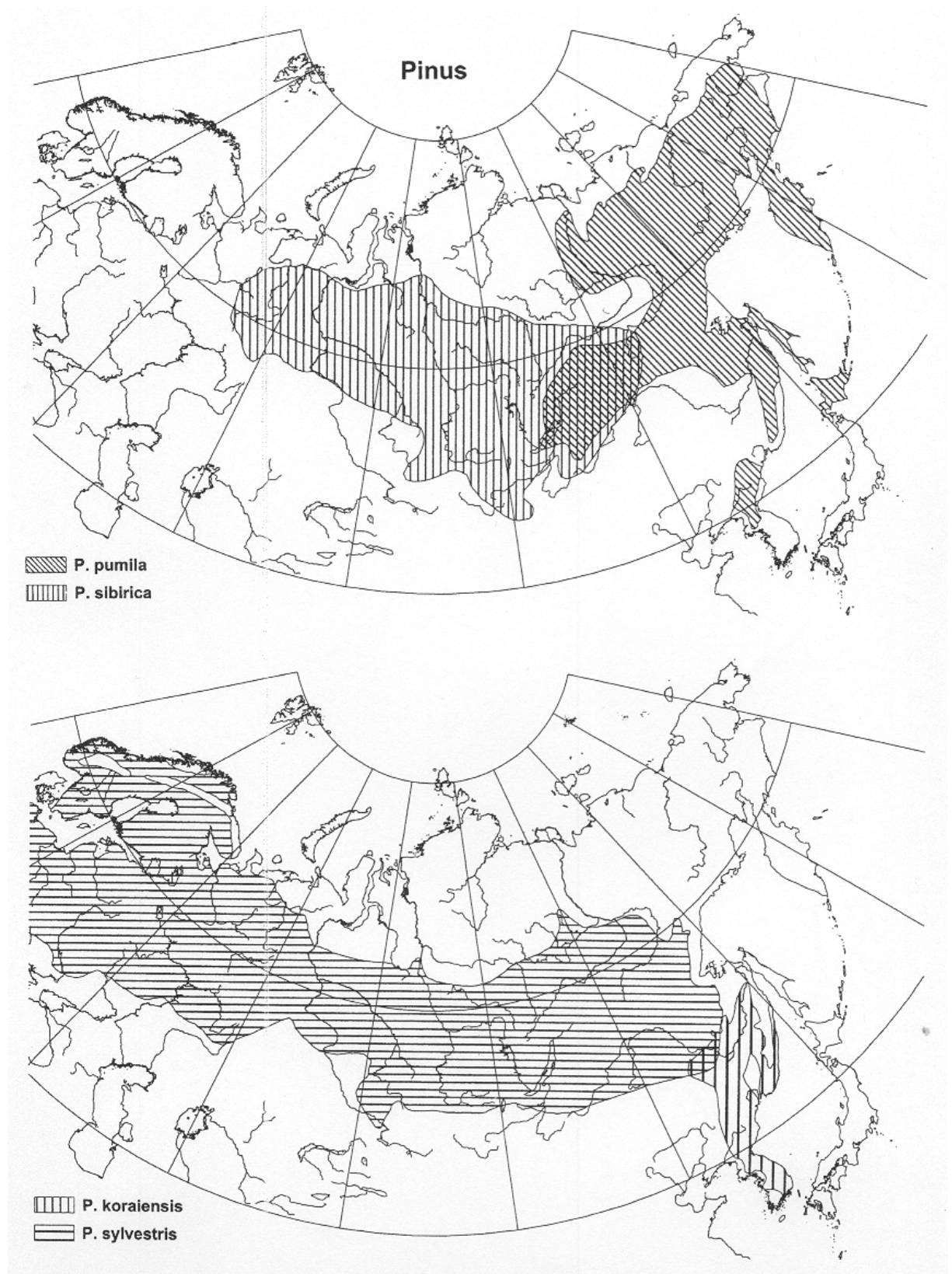
Obr. 1 Rozšíření smrku v Eurasii (HYTTEBORN et al. 2005)



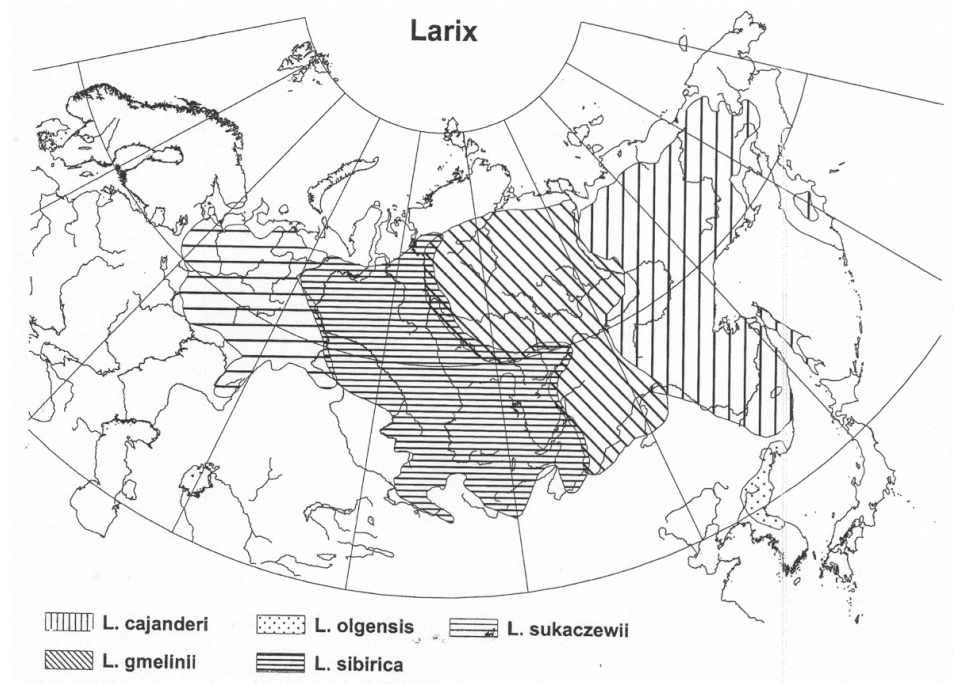
Obr. 2. rozšíření jedle v Eurasii (HYTTEBORN et al. 2005)



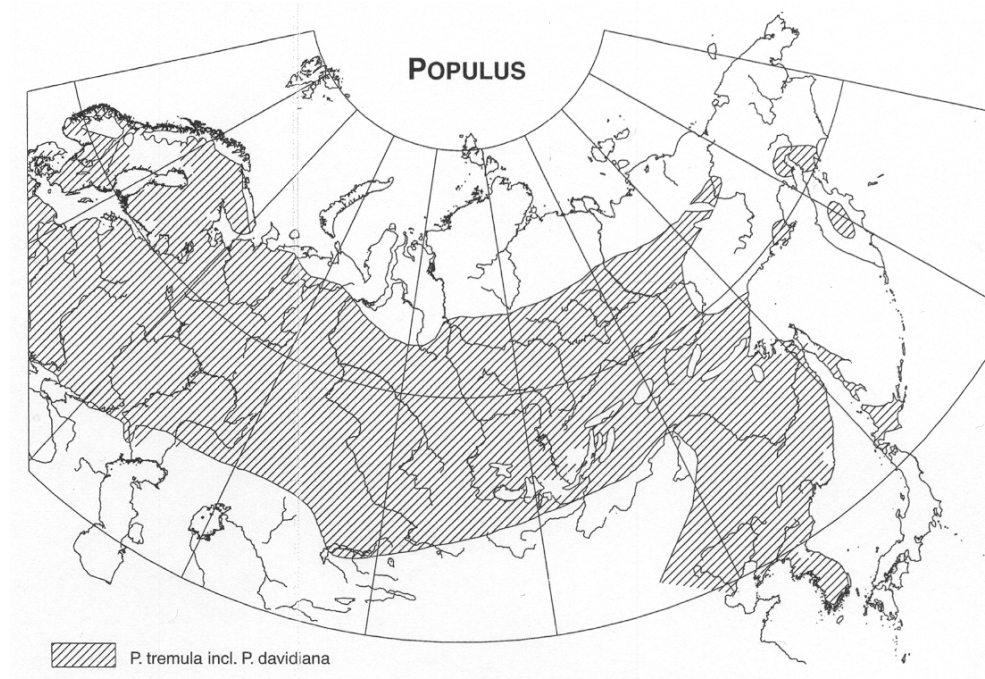
Obr. č. 3 Rozšíření borovice v Eurasii (HYTTEBORN et al. 2005)



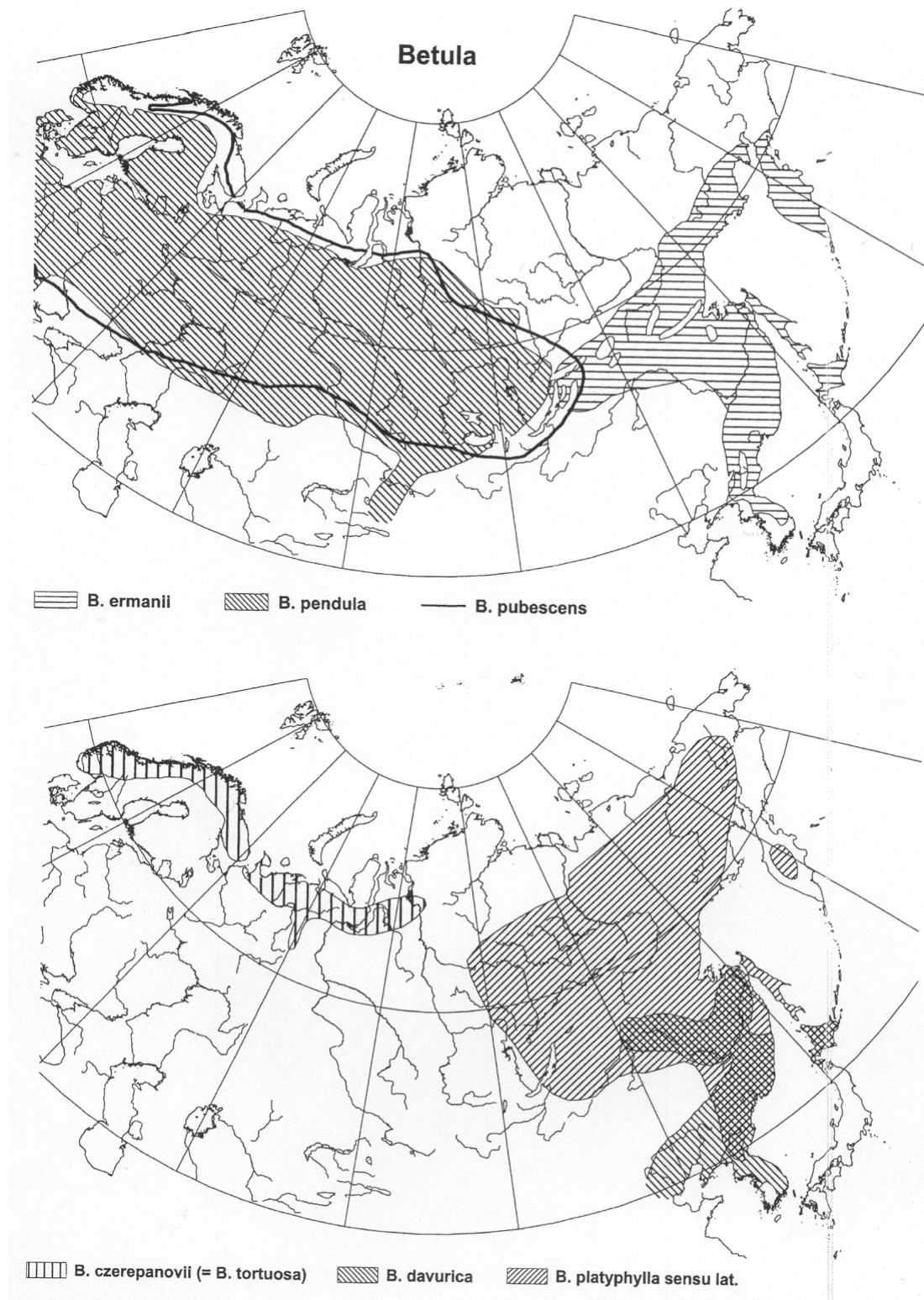
Obr. 4 Rozšíření modřínu v Eurasii (HYTTEBORN et al. 2005)



Obr. č. 5 Rozšíření topolu v Eurasii (HYTTEBORN et al. 2005)



Obr. č. 6 Rozšíření břízy v Eurasii (HYTTEBORN et al. 2005)



Příloha č. 10

Bisférické rezervace UNESCO (<http://www.unesco.org/mabdb/bios1-2.htm>)

rezervace	země	Rok založení	Celková rozloha (ha)	Jádrové území (ha)	Ochranné pásmo (ha)	Přechodná oblast (ha)
North Karelia	Finsko	1992	350 000	14 200	Považováno za součást jádrového území	335 800
Laplandskiy	Rusko	1984	278 400	Zonace se reviduje		
Pechoro-Ilychskiy	Rusko	1984	1 253 753	721 322	500 000	32 431
Tzentralnosibiriskiy (Centrální Sibiř)	Rusko	1986	5 288 849	1 018 849	270 000 (ze které je 12 000 výzkumná zóna)	4 000 000
Daursky	Rusko	1997	227 700	45 700	92 000	90 000
Baikalskyi (jezero Bajkal)	Rusko	1986	200 524	165 724	34 800	nedefinována
Sayano-Sushenskiy	Rusko	1984	390 368	Zonace se reviduje		
Oksky (řeka Oka)	Rusko	1978	77 193	22 604	21 449	33 140
Uvs Nuur Basin	Mongolsko	1997	771 700	366 080	405 620	nedefinováno
Denali	USA	1976	782 000	-	-	-
Riding Mountain	Kanada	1986	1 331 800	270 800	26 800	1 034 200
Charlevoix	Kanada	1988	560 000	65 000	495 000	-