Management biodiversity v Krkonoších a na Šumavě - zpráva spoluřešitele za rok 2010

Karel Matějka
IDS, Na Komořsku 2175/2A, 143 00 Praha 4
e-mail: matejka@infodatasys.cz

Praha, 2011

Obsah

Úvod ... 3
Souhrn základních výsledků projektu BiodivKrŠu ... 5
Dílčí cíl 3 - Studium ploch v rámci lesních ekosystémů ... 7
Vyhodnocení splnění dílčího cíle 3 v celém průběhu řešení projektu ... 7
Nové vymezení 7. a 8. lesního vegetačního stupně na Šumavě ... 7
Vyhodnocení stavu výzkumných ploch v roce 2010 ... 10
Fytocenologický průzkum lesních společenstev v oblasti Modravy ... 11
Porovnání struktury společenstev různých organismů na výškovém transektu Plechý ... 17
Lokalizace ležícího rozkládajícího se dřeva na transektu Plechý ... 20
Dílčí cíl 4 - Studium ploch v rámci sekundárního bezlesí s travními ekosystémy a 5 - Studium ostatních ploch ... 22
Vyhodnocení splnění dílčího cíle 4 v celém průběhu řešení projektu ... 22
Vyhodnocení splnění dílčího cíle 5 v celém průběhu řešení projektu ... 22
Luční a obdobná společenstva Šumavy ... 22
Změny druhového složení rostlinných společenstev na loukách a v obdobných ekosystémech Šumavy ... 34
Sukcese dřevin v bývalém bezlesí na Šumavě ... 35
Poznámky k sukcesním schématům v sekundárním bezlesí na Šumavě ... 40
Sukcese smrku na dříve zemědělských půdách na Šumavě ... 41
Metodika ... 41
Výsledky ... 42
Rostlinná společenstva sekundárního a primárního bezlesí v Krkonoších ... 56
Společenstva travní a jim podobná ... 57
Společenstva s dřevinami ... 70
Dílčí závěr ... 72
Dílčí cíl 7 - Návrh nových metod managementu ekosystémů v souvislosti s ochranou biodiversity ... 78
Možnost využití genetických analýz při návrzích managementu lesních ekosystémů na příkladu NP Šumava ... 81
Analýzy gradace lýkožrouta smrkového na území NP Šumava ... 82
Závěr ... 84
Zajištění spolupráce s jinými projekty ... 85
Literatura ... 85

Úvod

Rok 2010 znamenal pokračování v terénních pracích, které započaly již v minulých letech. Jejich hlavním cílem bylo dokončení terénního sběru dat o stavu a funkci terestrických ekosystémů dvou nejvýznamnějších českých pohoří - Šumavy a Krkonoš. Jednalo se především o vyhodnocení dlouhodobé dynamiky a sukcese různých fytocenóz, jak v lesích, tak v bezlesí (primárním i sekundárním). Vyhodnocování změn ekosystémů probíhalo mnohdy v návaznosti na znalost struktury krajiny a jejích historických změn poznaných na základě historických map. Tyto výchozí poznatky byly získány v rámci již dříve ukončené etapy projektu BiodivKrŠu (dílčí cíl 2).
Další pozornost byla věnována zpracování dat nejen vlastních, ale i ostatních členů řešitelského kolektivu, a publikační činnosti. Publikovány byly práce:

MATĚJKA K. (2010): Landscape structure / development and vegetation in the example of the transect Vrchlabí – Bílé Labe springs. - Opera Corcontica, 47 (Suppl. 1): 107–122.

MATĚJKA K., MÁLKOVÁ J. (2010): Long-term dynamics of plant communities in subalpine and alpine zone of the Eastern Giant Mts. - Opera Corcontica, 47 (Suppl. 1): 123–138.

MATĚJKA K., VACEK S., PODRÁZSKÝ V. (2010): Development of forest soils in the Krkonoše Mts. in the period 1980–2009. - Journal of Forest Science, 56: 485-504.

MATĚJKA K. (2010): Ekotonální prvky s porosty dřevin v krajině Šumavy, jejich výskyt a klasifikace. - Studia Oecologica, 4: 15-32.

MATĚJKA K. (2010): Dynamika lesů na Šumavě II. Východiska. - Šumava, 2010/1: 14-17.

MATĚJKA K. (2010): Secondary succession and woody plants in non-forest areas of the Bohemian Forest. In: Šustr P. (ed.): Aktuality šumavského výzkumu. Aktuelles aus der Forschung in den Nationalparken Böhmerwald / Bayerischer Wald. Research Actualities in Bohemian / Bavarian Forest. - Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk, pp. 71-73.

Dále bylo provedeno kompletní zpracování dat pro publikace:

VACEK S., MATĚJKA K. (2010): State and development of phytocenoses on research plots in the Krkonoše Mts. forest stands. - Journal of Forest Science, 56: 505-517.

VACEK S., MATĚJKA K. (2010): Health status of forest stands on permanent research plots in the Krkonoše Mts. - Journal of Forest Science, 56: 555-569.

V průběhu roku byly presentovány výsledky výzkumu na několika konferencích a pracovních seminářích, přičemž některé presentace jsou dostupné i na internetu:

MATĚJKA K.: Jak reaguje biodiversita Šumavy na různý management v horských lesích. - Seminář Mezinárodní rok biodiverzity a ochrana přírody na Šumavě, České Budějovice, 20. 5. 2010. - URL: http://www.infodatasys.cz/presentation_cz/LesOchranaSumava2010.htm

MATĚJKA K.: Vliv kůrovcové kalamity na podrost. - Antropogenní vlivy na lesní ekosystémy v NP Šumava: disturbance a budoucí vývoj dusíkem saturovaných oblastí, České Budějovice, 25. 11. 2010.

MATĚJKA K.: Ekotonální prvky s porosty dřevin v krajině Šumavy, jejich výskyt a klasifikace. - Význam liniové zeleně v krajině, FŽP UJEP Ústí nad Labem, 16. 10. 2010.

MATĚJKA K.: Secondary succession and woody plants in non-forest areas of the Bohemian Forest. - Aktuality šumavského výzkumu IV, Srní, 19.-20. 10. 2010. - URL: http://www.infodatasys.cz/presentation_en/AktualitySV2010.pdf

Součástí hlavní části zprávy o řešení projektu BiodivKrŠu jsou texty, které byly v rámci IDS vytvořeny na základě kompletního zpracování dat o vývoji defoliace na trvalých výzkumných plochách jak na Šumavě, tak v Krkonoších a kompletní vyhodnocení vývoje vegetace na plochách v Krkonoších. Další spolupráce proběhla při zpracování materiálů o a epigeickém hmyzu (BOHÁČ, MATĚJKA, 2011) na vybraných lokalitách Šumavy a o pancířnících (STARÝ, MATĚJKA, 2011) na lokalitách v Krkonoších, dále byly zpracovány výsledky půdně-fyzikálních rozborů vzorků z Krkonoš (dílčí zprávy jsou samostatnou přílohou):

BOHÁČ J., MATĚJKA K. (2011): Communities of epigeic beetles in the montane spruce forests of different decline stages in the Modrava area (Bohemian Forest). - URL: http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/rep2010_Bohac.pdf

STARÝ J., MATĚJKA K. (2011): Společenstva pancířníků (Acari: Oribatida) vybraných lokalit Krkonoš s různým typem managementu. - URL: http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/rep2010_Oribatida.pdf

MATĚJKA K. (2011): Zrnitostní složení půd Krkonoš. - URL: http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/Matejka2010_pudfyz.pdf

Pro publikaci byl připraven text hodnotící vegetační pokryv malého sledovaného území v oblasti Krkonoš (case-study):

MÁLKOVÁ J., MATĚJKA K. (2011): Vegetační kryt a krajina s výskytem krystalických vápenců u obce Lánov v Krkonoších. - URL: http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/malkmat2011.pdf

Aktualizován byl obsah internetových stránek věnovaných projektu - www.infodatasys.cz/biodivkrsu. Další materiály k území Šumavy byly uspořádány na adrese www.infodatasys.cz/sumava.

Poznámka: Nomenklatura vyšších rostlin dále uváděných je podle KUBÁT ET AL. (2002).

Souhrn základních výsledků projektu BiodivKrŠu

Historie užití země

- Významným faktorem ovlivňujícím současný stav krajiny i jednotlivých ekosystémů je historie užití země. Využití pozemků v první polovině 19. století (v době před industrializací zemědělství, jejíž stav je zachycen na mapách stabilního katastru) se projevuje do současnosti (MATĚJKA 2009a).
- Pokud byl pozemek v minulosti zemědělsky využíván a nyní již je součástí lesního půdního fondu (ať již v důsledku přirozené sukcese nebo umělého zalesnění), je možné na základě rozboru vegetace takovou změnu identifikovat a to i po více jak 100 letech. Zpravidla dojde i k ovlivnění trofie stanoviště, takže takové plochy mohou být mapovány jako živné edafické kategorie a v okolí, kde byl souvisle lesní pozemek, nacházíme kyselé kategorie (MATĚJKA 2009a).
- Současná horní hranice lesa v Krkonoších je výrazně modifikována v důsledku obhospodařování pozemků v minulosti - v první polovině 19. století probíhala v zóně nad lesy pastva či luční hospodaření, při němž byla postupně odtěžena velká plocha přiléhajících lesů. Po opuštění hospodaření na těchto pozemcích se zde vyvinula společenstva sekundárních smrkových lesů a klečových porostů, zdánlivá alpinská hranice lesa však v současnosti leží níž než hranice potenciální (MATĚJKA 2010c).

Potenciální vegetace Šumavy

- V posledních přibližně 3000 letech docházelo na Šumavě k více méně pravidelnému rozpadu stromového patra smrkových lesů a to s periodou přibližně 180 let. Tento fakt vychází z rozboru publikací věnujících se pylovým analýzám.
- Byla vyslovena hypotéza, že v lesích Šumavy může být přirozené zvýšené zastoupení *Picea abies* i v nižších vegetačních stupních, zvláště v 6. LVS, v 7. LVS mohou v některých místech skoro chybět jiné dřeviny (*Fagus sylvatica*, možná i *Abies alba*) v důsledku periodického rozpadu stromového patra, kdy se smrk chová do značné míry jako pionýrská dřevina a díky své rychlejší obnově tyto jiné druhy dřevin vytlačí.

Dynamika lesů, gradient nadmořské výšky a náhlý rozpad stromového patra

- Pro dynamiku lesů je rozhodující gradient nadmořské výšky, který definuje hranici mezi 7. a 8. lesním vegetačním stupněm. Lesy nad touho hranicí se vyvíjejí podle jiných schémat.
- Existují zásadní rozdíly vlastností půdy a dynamiky chemických prvků mezi lesy 8. LVS a nižších stupňů.
- V lesních ekosystémech 6.+7. LVS se oproti ekosystémům 8. LVS vyskytují jiná společenstva pancířníků (MATĚJKA ET STARÝ 2009; STARÝ, MATĚJKA 2009, 2010).
- V lesních ekosystémech 6.+7. LVS se oproti ekosystémům 8. LVS vyskytují jiné typy společenstev makromycet rozkládajících dřevo odumřelých stromů a to i na dřevě majícím původ ve stejném druhu dřeviny (LEPŠOVÁ ET MATĚJKA 2010).
- V lesních ekosystémech 6.+7. LVS je oproti ekosystémům 8. LVS nacházen v povrchových vrstvách půdy opačný vztah mezi obsahem celkových popelovin a obsahem rozpustných popelovin. Tento fakt souvisí s intenzitou podzolizačních procesů v půdě (MATĚJKA ET STARÝ 2009).
- Pro vylišení hranice 6./7. LVS a hranice 7./8. LVS lze použít model založený na vyhodnocení digitálního modelu terénu a modelování průměrných ročních teplot (MATĚJKA 2010b).
- Spodní hranice 7. LVS identifikována s průměrnou roční teplotou 4,2 °C a spodní hranice 8. LVS s průměrnou roční teplotou 3,7 °C odpovídající klimatickému normálu 1961-1990 (str. 7-10). Otázkou zůstává, jak se budou chovat tyto hranice za podmínek měnícího se klimatu - budou se hranice pohybovat podle měnících izoterm a charakter (druhové složení) společenstev bude zůstávat stálé nebo budou zůstávat na původním místě a bude se měnit charakter jimi vymezených společenstev?
- Společenstva 8. LVS se liší i z hlediska druhové diversity (MATĚJKA 2008b)
- Na dynamiku horských lesů má extrémní vliv dynamika klimatu, zvláště pak výskyt klimatických extrémů. Jedním takovým extrémním obdobím byl rok 2003 s vysokými teplotami a nedostatkem srážek. Ten způsobil postupnou gradaci lýkožrouta smrkového, která byla urychlena po rozvratu řady porostů větrem v lednu 2007. Modelovým územím se stala Šumava.
- Lesy 8. LVS mají zpravidla řidší zápoj stromového patra a k půdnímu povrchu dopadá více světla nežli v lesích nižších stupňů. Proto rozpad stromového patra těchto lesů v důsledku náhlé disturbance (vítr, gradace podkorního hmyzu) nemá tak zřetelný odraz ve změně druhového složení celého rostlinného společenstva a společenstvech různých jiných organismů, jako je tomu u lesů nižších vegetačních stupňů.
- Změna druhové struktury rostlinných společenstev bukových a smíšených lesů v nichž je zachováno neporušené stromové patro může být výraznější nežli taková změna v lesích klimaxových smrčin a to i tehdy, když dojde k rozpadu stromového patra smrčiny.
- Těžba dřeva v rozpadajících se porostech horských lesů vede k tvorbě specifických ekosystémů s rostlinnými společenstvy, která jsou výrazně odlišná od společenstev lesních (str. 11-17). Bylo dokázáno, že se na

vyklizených holinách ve srovnání s ekosystémy s rozpadlým stromovým patrem výrazně liší i společenstva hmyzu, v nichž chybí řada původních druhů (BOHÁČ ET MATĚJKA 2010, 2011). Pro vyhodnocení narušenosti stanoviště nelze použít takové ukazatele jako je druhová bohatost nebo celková diversita - ty se mohou naopak zvyšovat, protože ve společenstvech se začnou objevovat druhy nové, invazní.

- Jednotlivé etáže (patra) fytocenózy se v průběhu vývoje ekosystému mohou chovat do určité míry nezávisle a jejich změny mohou indikovat rozdílné probíhající procesy a vlivy, přesto je nutné uvažovat o jejich nejrůznějších interakcích.
- Velmi složité až nemožné je rozlišení dynamiky lesních ekosystémů, které souvisí se stárnutím stromového patra. Většinou bývají výzkumné plochy zakládány v porostech s "optimálním" stářím dřevin a proto bývá spíš sledováno stárnutí porostu než dynamika celého společenstva nebo ekosystému.
- V mnoha lesních ekosystémech je nedostatek rozkládajícího se dřeva. Z hlediska zachování biodiversity je potřebné nejen zajistit prostý dostatek rozkládajícího se dřeva definovaný jeho objemem, ale i jeho skladbu definovanou na základě druhu dřeviny z níž dřevo pochází a stupně rozkladu tohoto dřeva.

Studium stromového patra lesního ekosystému

- Strukturu stromového porostu ve smrkových lesích lze výhodně studovat na základě analýzy leteckých snímků. Kombinací takové analýzy a omezeného terénního šetření je možno provést odhad zásob biomasy (MATĚJKA 2009). Takové odhady jsou nižší nežli skutečnost tím více, čím je podhodnocen počet jedinců na plochu tím,že dva nebo několik jedinců rostoucích těsně vedle sebe je počítáno v leteckém snímku jako jediný strom.
- Výchovné zásahy v lesním porostu (prořezávky, probírky) ovlivňují genetickou strukturu populace. Různé typy zásahu ovlivňují genetickou strukturu různou měrou. Toto ovlivnění lze simulovat na základě modelů (IVANEK ET MATĚJKA 2009). Statistickou významnost změny genetické struktury populace lze testovat metodou Monte-Carlo.

Bezlesí a sekundární sukcese

- V rámci gradientu nadmořské výšky existují oblasti s výraznou změnou struktury společenstev. To se týká nejen lesních ekosystémů (příklad hranice 7. a 8. LVS), ale i primárního bezlesí (příklad hranice v okolí 1400 m na sledovaném krajinném transektu v Krkonoších; MATĚJKA 2010c) a sekundárního bezlesí (hranice mezi svazy *Arrhenatherion* a *Polygono-Trisetion*; tentýž transekt, přibližně 870 m n.m.; str. 68).
- Druhová struktura společenstev se mění v souvislosti s postupnou změnou klimatu, pro níž existuje řada důkazů nejen z minulosti, ale i v rámci měření v průběhu 20. století. Zřejmě proto některá aktuální společenstva vypadají odlišně od těch, na jejichž základě byly popsány syntaxonomické jednotky, například před 50 lety (příklad asociace *Myrtillo-Pinetum mughi*; str. 70-73).
- V posledních 15 letech dochází ke změnám v druhové struktuře společenstev s *Pinus mugo*: zvyšuje se jejich druhová diversita a bohatost, indikováno je snižování vlhkosti půdy a do některých společenstev pronikají prvky luk svazu *Polygono-Trisetion*. Tyto změny lze dát do souvislosti se vzrůstající průměrnou teplotou vzduchu.
- Sekundární sukcese na plochách sekundárního bezlesí je hlavním přírodním procesem měnícím charakter krajiny Šumavy i Krkonoš. Na Šumavě byla rozlišena různá společenstva s dřevinami, která vytvářejí čtyři základní sukcesní řady. Ty lze ztotožnit s druhy *Alnus incana* / *A.glutinosa*, *Acer pseudoplatanus*, *Betula pendula* a *Picea abies* (MATĚJKA 2010c).
- V lučních ekosystémech byly definovány dva sukcesní modely se vstupem dřevin do ekosystému. Tyto modely byly označeny jako *time window model* a *space window model* (str. 40-41).
- Společenstva alpinského a subalpinského bezlesí jsou z hlediska jejich druhové struktury značně stabilní nedojde-li k expanzi *Pinus mugo* na těchto stanovištích (MATĚJKA ET MÁLKOVÁ 2010).
- Změny na mokrých loukách svazu *Calthion* na Šumavě jsou více nepříznivé (například ve smyslu snížení druhové bohatosti a diversity) nežli u lokalit suchých (svaz *Arrhenatherion*) nebo mírně vlhkých (svaz *Deschampsion*). Na mnoha lokalitách byl pozorován úbytek vody v půdním profilu (str. 34-35).
- Rozlišena byla určitá společenstva vzniklá sekundární sukcesí na loukách, která lze považovat za dočasně sukcesně blokovaná stadia. Mezi nimi je potřeba jmenovat cenózy s dominantní *Filipendula ulmaria* (podsvaz *Filipendulenion*) nebo s *Carex brizoides* (obojí s častým výskytem v Krkonoších i na Šumavě) nebo společenstva popsaného typu *Senecio hercynicus-Polygonatum verticillatum* ze subalpinského stupně Krkonoš. Ve všech případech se jedná o společenstva na půdách ovlivněných vodou nebo kombinací zvýšené vlhkosti půdy a polohou v blízkosti alpinské hranice lesa nebo nad touto hranicí.

Metodika studia společenstev

- Funkční diversitu rostlinného společenstva lze hodnotit za pomoci výsledků numerické klasifikace společenstev v širším regionu. Společenstvo má tím vyšší funkční diversitu, čím více skupin druhů majících zastoupení v odlišných vegetačních typech se v nich vyskytuje. Byl navržen postup takového výpočtu funkční diversity kombinující výsledky procedury TWINSPAN a Rao koeficient diversity (MATĚJKA 2007).

Dílčí cíl 3 - Studium ploch v rámci lesních ekosystémů

Práce probíhající v roce 2010 se týkaly následující plánovaných aktivit:
3-01 Měření v lesních trvalých výzkumných plochách[1]
3-02 Fytocenologické snímkování lesních TVP v Krkonoších (vyhodnocení dat)
3-03 Kompletní vyhodnocení vlastností půd na studijních plochách v lese[2]
3-04 Mykologický průzkum na vybraných plochách[3]
3-05 Společenstva epigeického hmyzu na plochách se smrkem na Šumavě (Modravsko), porovnání různého managementu[4]

Vyhodnocení splnění dílčího cíle 3 v celém průběhu řešení projektu

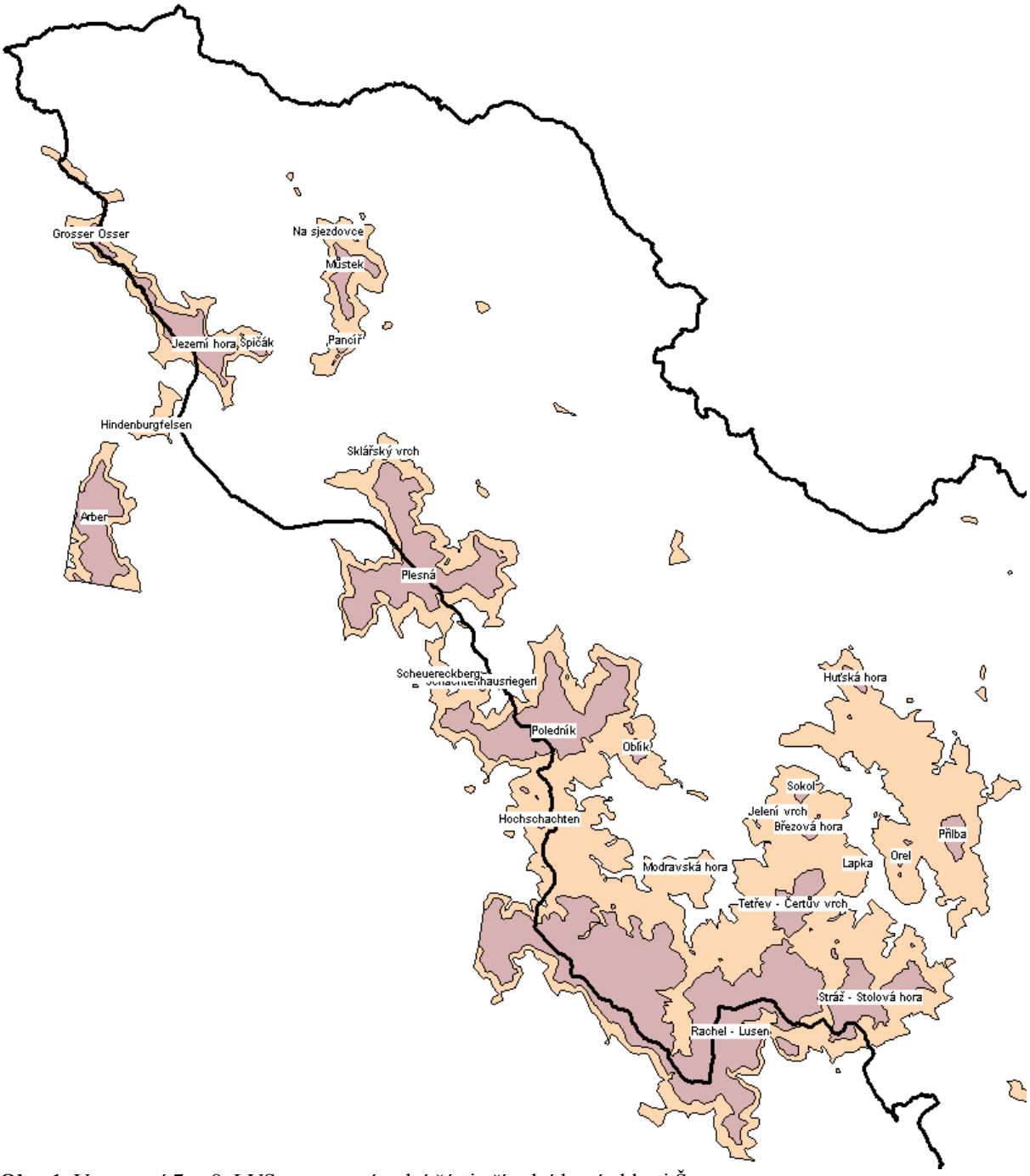
Rok 2010 byl posledním rokem řešení tohoto dílčího cíle. V průběhu let 2006 až 2010 byla sledována řada trvalých výzkumných ploch (TVP) jak v Krkonoších, tak na Šumavě. Pracoviště IDS se soustředilo na vyhodnocení dat ze všech TVP, především s ohledem na vývoj defoliace porostů (jejich zdravotního stavu) a na popis změn fytocenóz. Dynamiku lesních ekosystémů je potřeba dávat do souvislosti s vývojem počasí v posledních letech. Z tohoto důvodu bylo průběžně vyhodnocováno počasí v jednotlivých letech (příklad stanice Churáňov na Šumavě). Tak se podařil prokázat vliv například klimaticky extrémního roku 2003 a to, že jeho následky pro vývoj lesní vegetace se projevují i po několika letech. Spolupráce a vlastní výzkum proběhly při hodnocení společenstev různých organismů (houby, epigeický hmyz, půdní pancířníci, vegetace) a půd na výškovém transektu na Plechém, kde byla objevena řada zákonitostí popisujících změny související s nadmořskou výškou v rozmezí 6. až 8. lesního vegetačního stupně. Jako zásadní se ukázala hranice 7. a 8. LVS, kde lze nalézt poměrně ostré rozdíly jak v půdním prostředí, tak ve struktuře a funkci sledovaných společenstev. Tato hranice bude mít zřejmě i vysokou důležitost při diferenciaci managementu lesů chráněných území. V návaznosti na tyto poznatky byl uplatněn nový přístup k vymezení lesů 7. a 8. LVS s dominancí *Picea abies*, který je založen na modelování v prostředí GIS. Průběžně byly hodnoceny další plochy IDS v masivu Boubína a na Trojmezí. Dále byla pozornost věnována sledování ploch v oblasti Modravy, kde na velkých plochách proběhl v minulosti rozpad stromového patra lesů v důsledku gradace lýkožrouta smrkového. Na základě těchto poznatků byl vyhodnocen vliv takového rozpadu na dynamiku celého lesního ekosystému, čehož půjde využít pro návrhy dalšího managementu lesů v obdobných podmínkách. Poukázáno bylo na skutečnost, že rozpad stromového patra lesů 8. LVS většinou nepůsobí zásadní změny v procesech týkajících se celého ekosystému a společenstva různých organismů (např. houby, hmyz, vegetace) se tomuto rozpadu mohou snadno přizpůsobit.
Většina poznatků byla publikována buď v recenzovaných článcích nebo bezprostředně po jejich získání na internetových stránkách www.infodatasys.cz, kde jsou sekce věnované jak vlastnímu projektu BiodivKrŠu, tak dalšímu výzkumu v oblasti Šumavy.

Nové vymezení 7. a 8. lesního vegetačního stupně na Šumavě

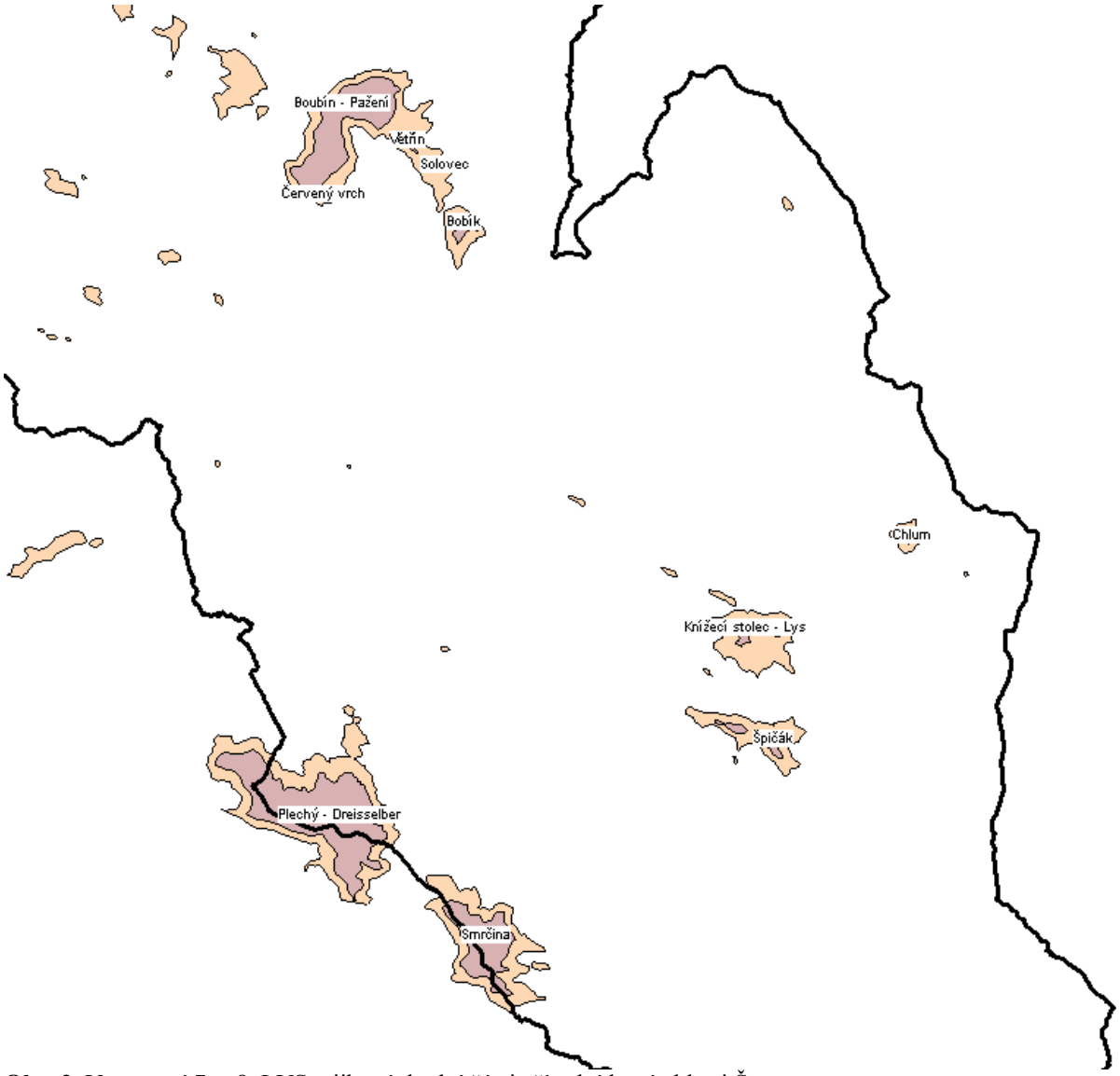
S pomocí nové verze programu PlotOA (MATĚJKA 2010b) byla na základě digitálního modelu terénu modelována průměrná teplota vzduchu odpovídající takzvanému teplotnímu normálu 1961-1990. Srovnáním kalkulovaných teplotních gradientů a sledovaných výškových gradientů (například trvalé výzkumné plochy v oblasti Plechého a povodí významných ledovcových jezer) byla spodní hranice 7. LVS identifikována s průměrnou roční teplotou 4,2 °C a spodní hranice 8. LVS s průměrnou roční teplotou 3,7 °C. Následně bylo provedeno vymapování odpovídajících oblastí (obr. 1-2). Nově vyvinutý model vychází z principů analýzy tvaru terénu (WILSON ET GALLANT 2000), který společně s údaji o distribuci průměrných teplot na velkém území a s analýzou distribuce lesních fytocenóz (MATĚJKA 2008b) dokáže podat obraz o prostorovém rozmístění mapovaných jednotek potenciální vegetace, v tomto případě lesních vegetačních stupňů. Obdobné přístupy jsou aplikovány i pro jiné účely (FRANKLIN 2009).
Validace modelu byla provedena na základě dat z povodí Čertova jezera získaných v rámci projektu GA ČR číslo 206/07/1200 "Biologické zotavování horských ekosystémů Šumavy", který je řešen Hydrobiologickým ústavem BC AV ČR v Českých Budějovicích. V lesních ekosystémech bylo provedeno šetření na 75 plochách

[1] Vyhodnocení aktualizovaných dat defoliace stromů na všech trvalých výzkumných plochách na Šumavě je dostupné v rámci dokumentu Vývoj vegetace na TVP Šumava na adrese www.infodatasys.cz/sumava/vegdyn_cz.htm
[2] Tato aktivita byla naplněna zpracováním publikace MATĚJKA, VACEK, PODRÁZSKÝ (2010). Dále byly vyhodnoceny fyzikální vlastnosti půd v Krkonoších - viz dokument MATĚJKA (2011), který je samostatnou přílohou této zprávy.
[3] Jedná se provázání výsledků mykologického průzkumu s ostatními výsledky ze stejných ploch podél transektu na svahu Plechého a o zaměření dříve šetřených kusů rozkládajícího se dřeva v terénu.
[4] Viz samostatný dokument BOHÁČ ET MATĚJKA (2011).

velikosti 2500 m^2, kde byly zaznamenány všechny stromy (*Picea abies*, *Abies alba*, *Fagus sylvatica* a *Sorbus aucuparia*). Relativní zastoupení jedinců buku a jedle bylo vyneseno do mapy průměrných ročních teplot modelovaných programem PlotOA (Obr. 3). Ukázalo se, že pouze dvě plochy s výskytem jedle a buku překračují modelovanou spodní hranici 8. LVS a to ne o více, jak 30 m.



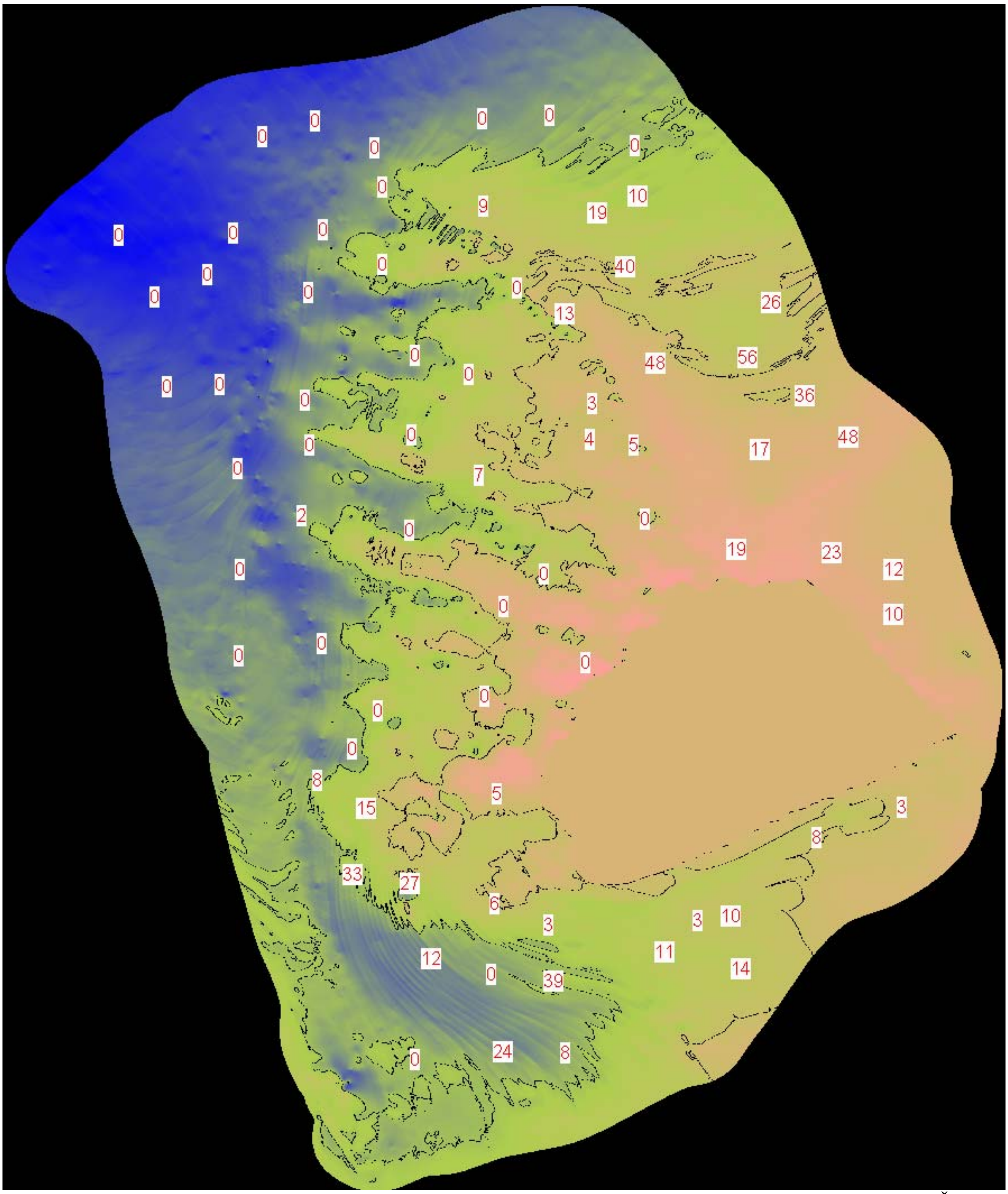
Obr. 1. Vymezení 7. a 8. LVS v severozápadní části přírodní lesní oblasti Šumava.



Obr. 2. Vymezení 7. a 8. LVS v jihovýchodní části přírodní lesní oblasti Šumava.

V 8. LVS se vyskytují (lesní) ekosystémy, které mají zvláštní charakter a chovají se podle zákonitostí, které jsou (částečně) odlišné od lesů nižších vegetačních stupňů, řada principů však může a musí být společná s lesy nižších poloh. Jedná se především o to, že půdotvorný proces se zde liší (MATĚJKA ET STARÝ 2009), částečně odlišně probíhá cyklus živin, liší se proces dekompozice organické hmoty, některé druhy edafonu a hub se mohou lišit nebo vytvářejí jiné vazby, tedy jiná společenstva (LEPŠOVÁ ET MATĚJKA 2010; BOHÁČ ET MATĚJKA 2010), světelný požitek při půdním povrchu je vyšší, v průběhu dynamiky lesa (která je spojena s rozvolněním až rozpadem stromového patra) se nemění tak výrazně jako u smíšených lesů. Z toho vyplývá, že ani velkoplošný rozpad stromového patra se na různých společenstvech v tomto ekosystému neprojeví v takové míře, jako je tomu v nižších nadmořských výškách.
To, že les s dominancí *Picea abies* se vyskytuje i v jiných polohách je jiná záležitost. Například podmáčené smrčiny nejenže vypadají jinak, jiná je jejich dynamika. Proto i z hlediska pěstebního by se k nim mělo přistupovat odlišně. Velkoplošný rozpad stromového patra v nich má silný vliv na společenstva různých organismů zde žijících, protože se většinou mnohem výrazněji mění světelné poměry v nižších etážích porostu v důsledku rozvolnění stromového patra. V těchto ekosystémech se uplatňuje "gap-dynamics model" (malý vývojový cyklus lesa) obdobně jako ve smíšených porostech.
V rámci konceptu vymezení 8. (případně i 7.) LVS je nutné uvážit i hypotézu o zvýšeném zastoupení smrku na Šumavě v nižších stupních.

Modelované průměrné teploty odpovídající období teplotního normálu 1961-1990 byly přiřazeny ke všem trvale sledovaným výzkumným plochám v oblasti Šumavy (MATĚJKA 2008a)



Obr. 3. Vymezení 6. (převažující růžová barva) 7. (zelená barva) a 8. (modrá barva) LVS v povodí Čertova jezera na Šumavě na základě průměrných ročních teplot 4,2 a 3,7 °C modelovaných programem PlotOA na základě DEM s pixelem 0,2 m. Čísla udávají relativní zastoupení *Fagus sylvatica* a *Abies alba* ze všech stromů na 75 zkusných plochách.

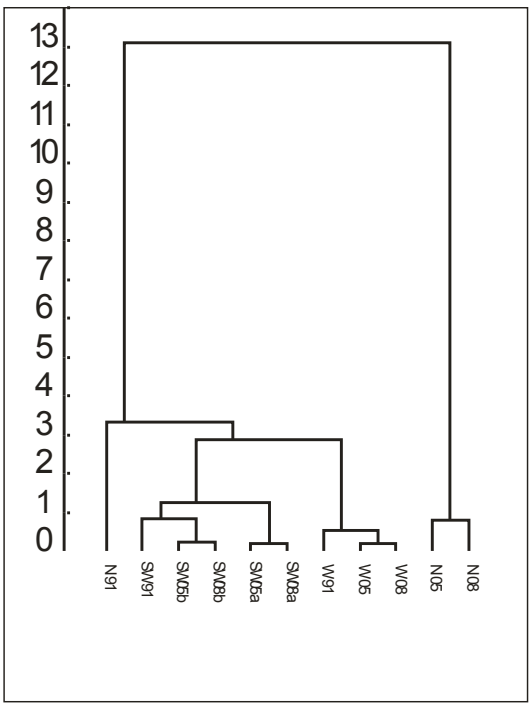
Vyhodnocení stavu výzkumných ploch v roce 2010

Na třech výzkumných plochách ve vrcholové části Boubína proběhlo hodnocení poškození porostu obdobně jako v předcházejících letech. Stav porostů se od roku 2008 prakticky nemění (Tabulka 1). Poslední významnou událostí, která poznamenala vývoj stromového patra byl orkán Kyril na počátku roku 2007. Tehdy došlo k poškození části porostu na ploše SW.

Tabulka 1. Hodnocení ploch ve vrcholové oblasti Boubína. H - výška (m), DBH - výčetní tloušťka (cm), D - defoliace všech hodnocených stromů živých v roce 2007 (%), avg - aritmetický průměr, std - směrodatná odchylka.

		H	DBH	DBH	DBH	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
N	**Rok**	1991	1991	2004	2008				2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	avg	27.5	45.9	48.5	49.1				41.8	42.7	43.8	42.9	41.0	39.6	41.0
	std	2.8	9.0	9.6	9.7				13.4	13.8	15.3	13.6	12.4	13.5	14.1
	živé								58	58	56	56	56	55	55
	mrtvé								0	0	2	2	2	3	3
	poznámka										1)				
SW	**Rok**		1992	2005	2008	1992	1993	1994		2005	2006	2007	2008	2009	2010
	avg		38.7	40.3	41.1	33.1	40.9	34.0		32.0	37.9	39.9	41.6	42.9	43.9
	std		9.0	9.4	9.7	8.8	10.0	8.0		11.1	12.9	12.5	11.5	12.6	12.7
	živé					104	102	101		94	94	87	86	86	85
	mrtvé					0	2	3		10	10	17	18	18	19
	poznámka									2)		2) 3)	4)		
W	**Rok**	1991	1991	2005	2008					2005	2006	2007	2008	2009	2010
	avg	15.3	32.5	34.3	35.0					32.4	37.3	39.0	40.2	41.5	41.7
	std	2.1	6.8	7.6	7.8					11.9	13.3	12.7	12.4	12.7	13.2
	živé									72	69	63	63	62	62
	mrtvé									1	4	10	10	11	11
	poznámka										2)	2)			

Poznámky:
1) výskyt nových kůrovcových souší
2) některé stromy nově vytěženy
3) výskyt nových vývratů po orkánu v lednu 2007
4) průměr byl počítán pouze z živých stromů (1 nově vytěžený strom nebyl započítán)



Obr. 4. Klasifikace opakovaných fytocenologických snímků z vrcholové oblasti Boubína. Použita Wardova metoda (WARD 1963) s kvadrátem euklidovské distance. Data standardizována na sumu representací rovnou celkové pokryvnosti bylinného patra a následně logaritmicky transformována.

Z hlediska dynamiky vegetace dané rozdílným umístěním příslušného fytocenologického snímku z jedné plochy v rámci klasifikačního stromu (obr. 4) byly největší změny pozorovány na lokalitě N, kde se zvýšila druhová diversita i bohatost - počet druhů bylinného patra vzrostl z 11 na 19 mezi lety 1991 a 2008, přičemž za významné lze považovat vstup druhů, které běžně nejsou přítomny v klimaxových smrčinách 8. lesního vegetačního stupně (např. *Doronicum austriacum*, *Scrophularia nodosa*, *Petasites albus*, *Knautia dipsacifolia* a *Urtica dioica*). Tato změna zřejmě souvisí se vzrůstem průměrných teplot vzduchu v posledních desetiletích. Tento klimatický posun se zdá být významný nejen pro dynamiku kambixylofágního hmyzu (*Ips typographus*) a vlastního smrku, ale i pro další společenstva v ekosystému při spodní hranici 8. LVS.

Fytocenologický průzkum lesních společenstev v oblasti Modravy

Přibližně od poloviny devadesátých let 20. století probíhal na velkém území v oblasti Modravy rozpad stromového patra lesních ekosystémů s *Picea abies*, který byl způsoben gradací lýkožrouta (*Ips typographus*).

V celé oblasti byla v minulosti založena řada výzkumných ploch na nichž probíhal zvláště výzkum vegetace, v některých případech i jiných složek ekosystému. V roce 2010 bylo provedeno opakované fytocenologické snímkování na plochách M1 až M17, které založila FLD ČZU v Praze. Dále byl shromážděn vlastní aktuální

snímkový materiál k dalším plochám šetřeným Ústavem půdní biologie BC AV ČR v Českých Budějovicích a k typologickým plochám ÚHÚL Brandýs nad Labem. Poslední soubor dat představují snímky z oblasti Medvědí hory (BEDNAŘÍK ET MATĚJKA 2011). Základní charakteristiky ploch viz MATĚJKA (2008a). Celkem bylo sledováno 40 ploch.

Sledované plochy lze rozdělit do skupin dle stavu stromového patra a aplikovaného managementu:

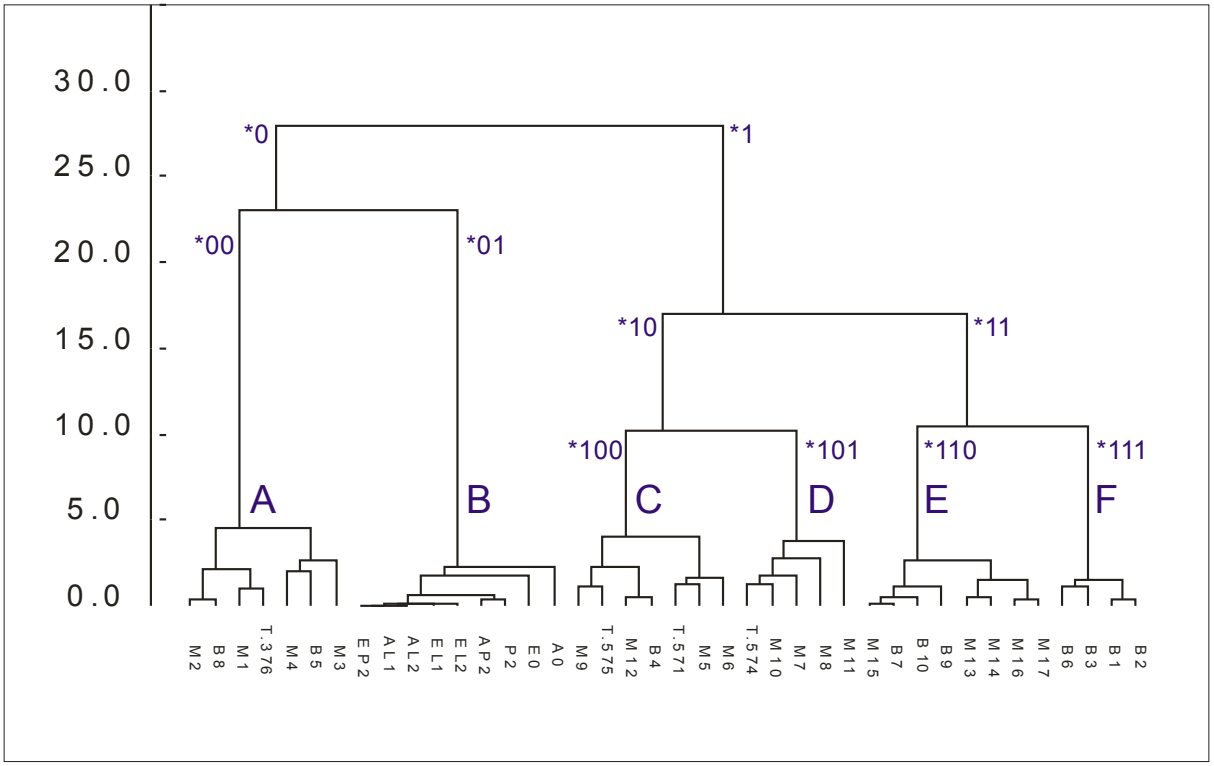
1. Skupina L - plochy s aktuálně živými dospělými stromy, přičemž řada stromů může být v současnosti invadována lýkožroutem smrkovým.
2. Skupina D - plochy s odumřelým stromovým patrem, dřevo mrtvých stromů bylo ponecháno v ekosystému (takzvaný bezzásahový režim).
3. Skupina C - plochy s odumřelým stromovým patrem, stromy byly odtěženy a jejich dřevo odvezeno z ekosystému, následně většinou proběhla výsadba nových dřevin.

Cílem následujícího zpracování dat je popsat variabilitu aktuální lesní vegetace v oblasti a zjistit, jestli se liší vegetace na třech výše odlišených skupinách ploch. Všechny snímky byly shromážděny v databázi DBreleve (MATĚJKA 2009c). Numerická klasifikace snímků byla provedena Wardovou metodou (WARD 1963) na základě dat o druhovém složení bylinné etáže (presence druhů byla standardizována na sumu rovnou celkové pokryvnosti etáže). Stejná data byla zpracována nepřímou gradientovou analýzou (metoda DCA) v programu CANOCO, verze 4.5. Před klasifikací a ordinací byla data logaritmicky transformována, aby se zvýšil vliv druhů s nižší pokryvností na celkový výsledek.

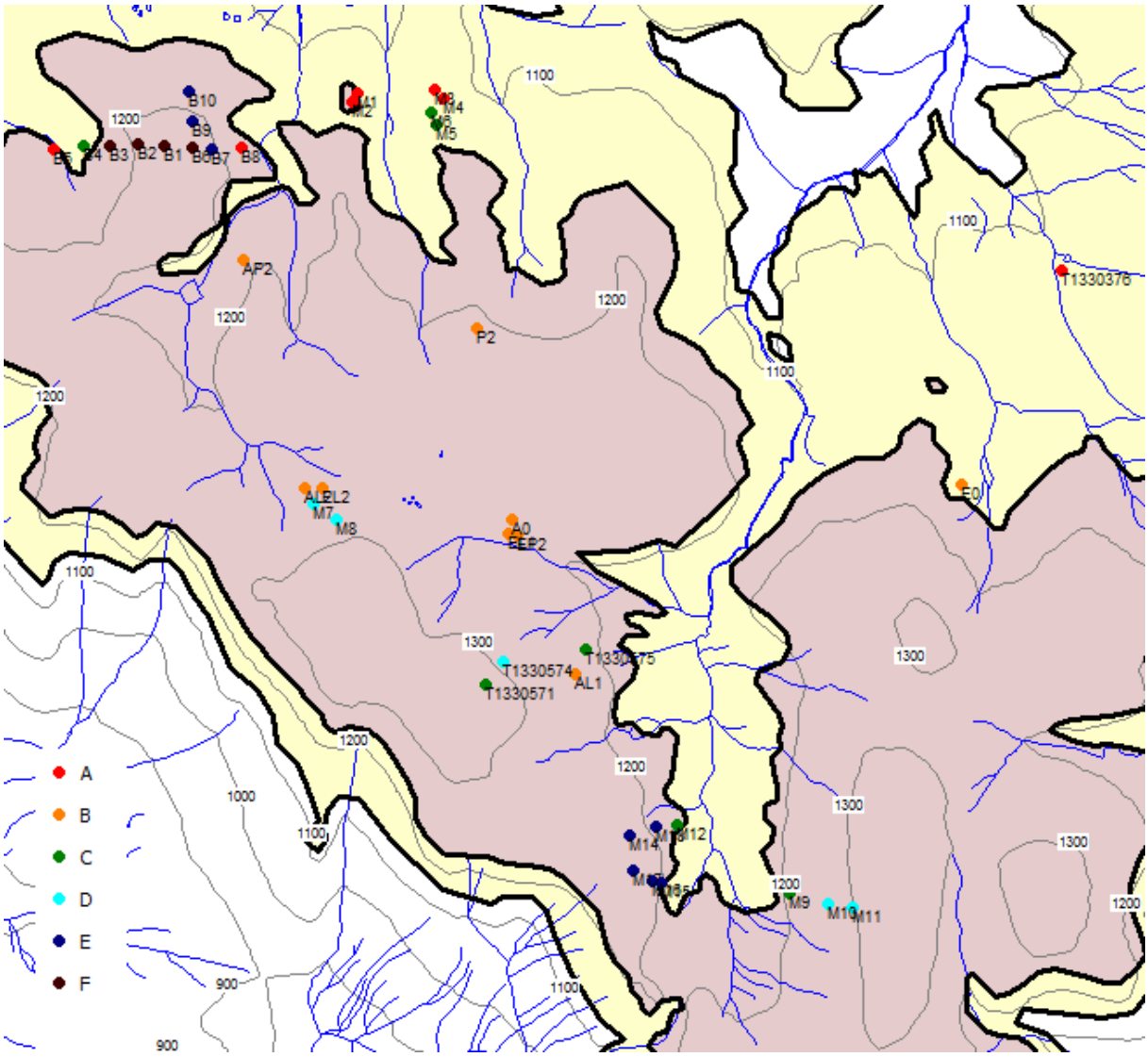
Tabulka 2. Průměrná pokryvnost (v %) druhů v jednotlivých typech lesních společenstev v oblasti Modravy.

Klasifikační skupina	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
Počet snímků	7	9	7	5	8	4
Průměrný počet druhů E_1	11,7	15,8	15,0	16,2	12,6	12,0
E_3						
Picea abies	15	0.56	1.9		9	9.5
Sorbus aucuparia					0.05	
E_2						
Picea abies	11	17	11	14	5.5	0.5
Sorbus aucuparia	0.16	0.022	0.043	0.12	0.16	
Betula pubescens	0.16	0.001	0.043	0.44		
Salix cinerea		0.002				
E_1						
Picea abies	3.5	0.14	2.8	5.7	0.37	0.39
Vaccinium myrtillus	**53**	0.49	1.7	2.9	**20**	13
Luzula sylvatica	0.077	1	2.5	**4.1**	0.73	8.5
Avenella flexuosa	3.9	1.8	9.5	8.2	**13**	**17**
Calamagrostis villosa	8	7.1	**61**	**37**	**52**	**30**
Dryopteris dilatata	0.94	0.26	1.9	1.9	0.43	0.12
Galium saxatile	0.64	0.083	**5.5**	0.2	0.27	4.2
Oxalis acetosella	0.39	0.21	0.81	0.97	0.18	0.18
Rubus idaeus	0.26	0.28	**1.3**	**2.9**	0.012	0.018
Sorbus aucuparia	0.5	0.15	0.23	0.22	0.39	0.17
Trientalis europaea	0.085	0.01	0.69	2.9	0.71	0.18
Epilobium angustifolium	0.2	0.27	0.22	0.34	0.44	
Homogyne alpina	0.13	0.063	0.011	0.016	0.083	
Lycopodium annotinum	0.85	0.0044	0.066	1.1	0.012	
Nardus stricta	0.12		0.011		0.41	**15**
Carex nigra	0.091	0.024	0.066	0.058		0.08
Carex canescens	0.33	0.018	0.49	0.12		
Juncus filiformis	0.32	0.1	0.11			0.052
Carex echinata	0.11	0.098	0.093			
Deschampsia cespitosa	0.064	0.014	0.013			
Juncus conglomeratus	0.0093	0.26	0.049			
Juncus effusus	0.064		0.013			
Viola palustris	0.0093		0.013			
Eriophorum vaginatum	0.31	0.024				
Vaccinium vitis-idaea	1.2					
Stellaria alsine	0.0093					
Maianthemum bifolium		0.086	0.02	0.2	0.16	0.018

Klasifikační skupina	A	B	C	D	E	F
Soldanella montana		0.0037	0.035	0.054	0.059	0.028
Athyrium distentifolium		0.04	0.43	**17**	1.2	
Agrostis capillaris		0.0024	0.0097			
Carex ovalis		0.031	0.049			
Betula pubescens		0.0032		0.044	0.012	
Agrostis stolonifera		0.16		0.096		
Salix caprea		0.0017		0.019		
Hieracium laevigatum		0.005				0.087
Molinia caerulea		0.18				
Senecio ovatus		0.026				
Senecio hercynicus		0.033				
Salix cinerea		0.0078				
Galeopsis pubescens		0.0077				
Galeopsis tetrahit		0.0063				
Potentilla erecta		0.0017				
Luzula pilosa			0.066			0.028
Blechnum spicant			0.013			
Prenanthes purpurea			0.011			
Acer pseudoplatanus				0.062		
Streptopus amplexifolius				0.02		
Gentiana pannonica					0.011	
Polygonatum verticillatum					0.011	0.028
Luzula multiflora						0.028



Obr. 5. Klasifikace fytocenologických snímků z oblasti Modravy Wardovou metodou (WARD 1963) s kvadrátem euklidovské distance.

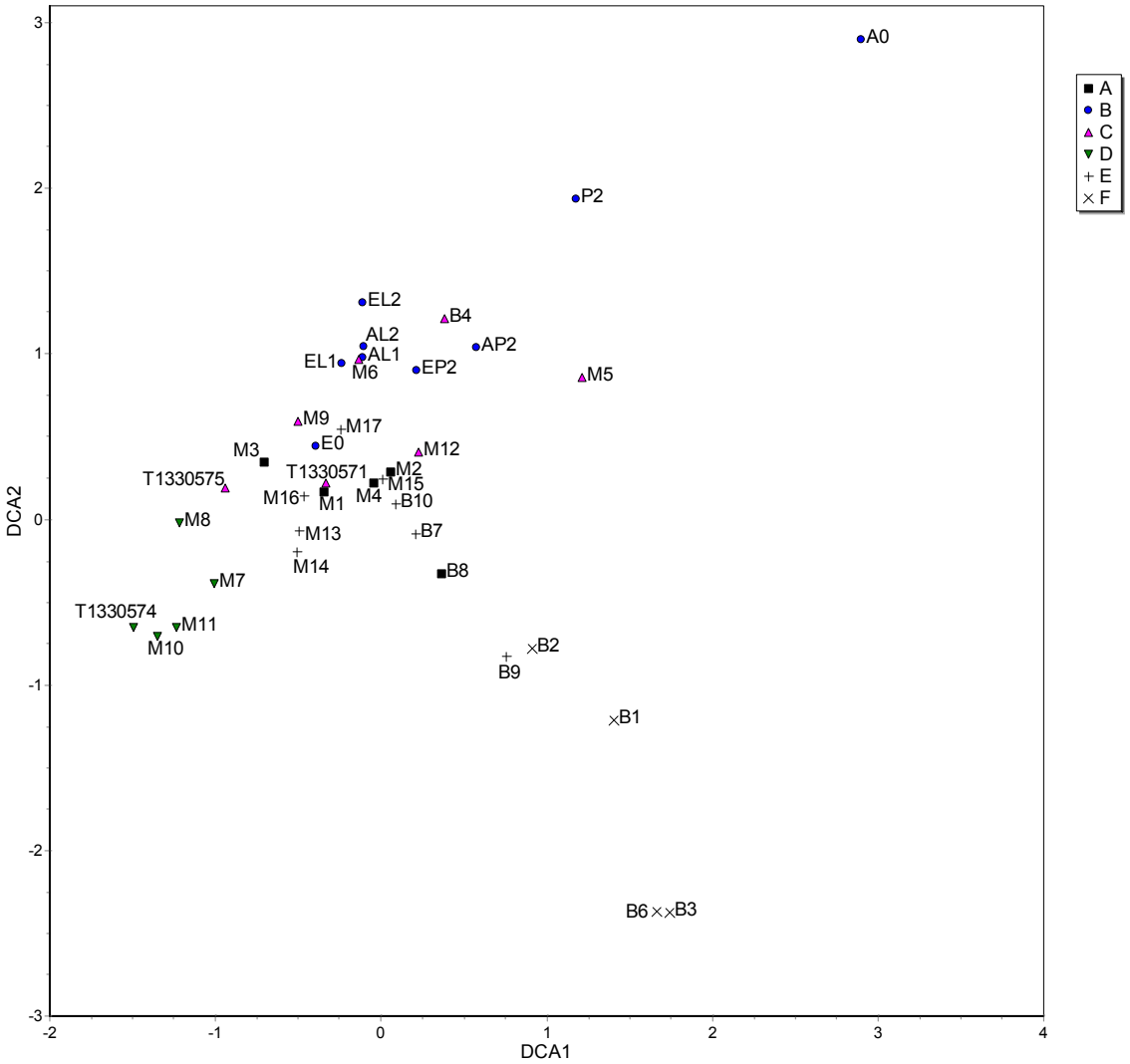


Obr. 6. Rozmístění lokalit s fytocenologickými snímky v oblasti Modravska. Snímky jsou rozděleny do klasifikačních skupin A až F (viz Obr. 5).

Rostlinná společenstva těchto lesních ekosystémů náležejí do šesti zřetelně oddělených klasifikačních skupin A až F (Obr. 5), které je možné charakterizovat jako samostatné typy (Tabulka 2). Pro některé typy je specifické umístění v terénu (Obr. 6).

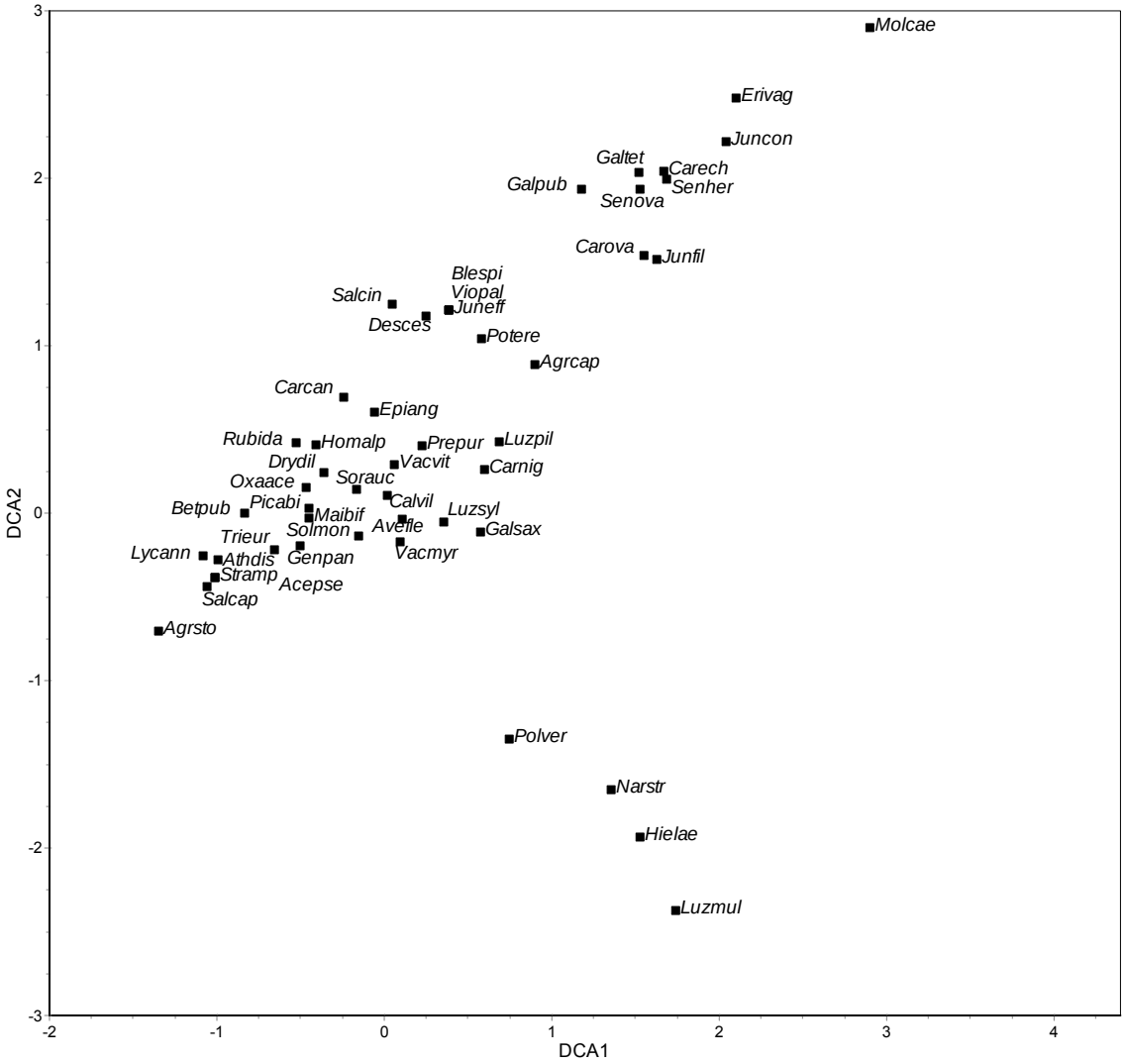
- A - Typ *Vaccinium myrtillus*. Vegetace je typická mimo vysoké dominance borůvky v bylinném patře též vysokou pokryvností mechového patra. Tento typ je nalézán v oblasti 7. lesního vegetačního stupně nebo při spodní hranici 8. LVS. V půdním profilu se často hromadí rašelina na zamokřených půdách, případně surový humus na balvanitých půdách typu ranker. Tento druhý případ je na Modravsku méně častý a je podobný situaci na lokalitě P19 na Plechém. Druhově chudá společenstva tohoto typu se nevyskytují na vyklizených holinách, protože při těžbě dochází k poškození keříčkové vegetace a následně se vytváří jiná společenstva.
- B - Typ *Senecio ovatus/hercynicus*. Jedná se o společenstva na vlhčích (často pouze s vlhkými mikrostanovišti) a zřejmě i živinami bohatších půdách v plošších částech terénu. Vysoká pokryvnost keřového patra je dána odrůstajícím smrkem (může se jednat jak o spontánní obnovu, tak o výsadbu), který může silně clonit značnou část plochy. Pokryvnost bylinného patra je však velmi nízká, na žádné lokalitě nepřesahovala 30 %. Při dalším růstu stromů může docházet k tvorbě souvislého stromového patra, které zapříčiní nedostatek světla pronikajícího k půdnímu povrchu, takže zde lze očekávat ohrožení dalšího výskytu různých druhů.
- C - Typ *Calamagrostis villosa-Galium saxatile* nalézáme často na úpatí svahů nebo v plošším terénu, kde dochází k lokálnímu zamokření, většinou doprovázené alespoň slabou akumulací rašeliny v půdním profilu.
- D - Typ *Athyrium distentifolium-Luzula sylvatica*. Jedná se o společenstva papratkových smrčin na vlhkých stanovištích. Tento typ byl zaznamenán pouze v rámci ekosystémů, kde došlo k úplnému rozpadu stromového patra a porost nebyl asanován.

- E - Typ *Calamagrostis villosa-Vaccinium myrtillus*. Tento typ nebyl zaznamenán na asanovaných holinách. V terénu byl zjištěn na východně orientovaných svazích, přičemž půdy jsou relativně dobře drénované.
- F - Typ *Calamagrostis villosa-Nardus stricta* představuje nejextrémnější společenstva na Medvědí hoře, která vznikla spontánní sukcesí za spoluúčasti pastvy (BEDNAŘÍK ET MATĚJKA 2011). Jedná se o otevřený typ lesa podobný společenstvům při alpinské lesní hranici.

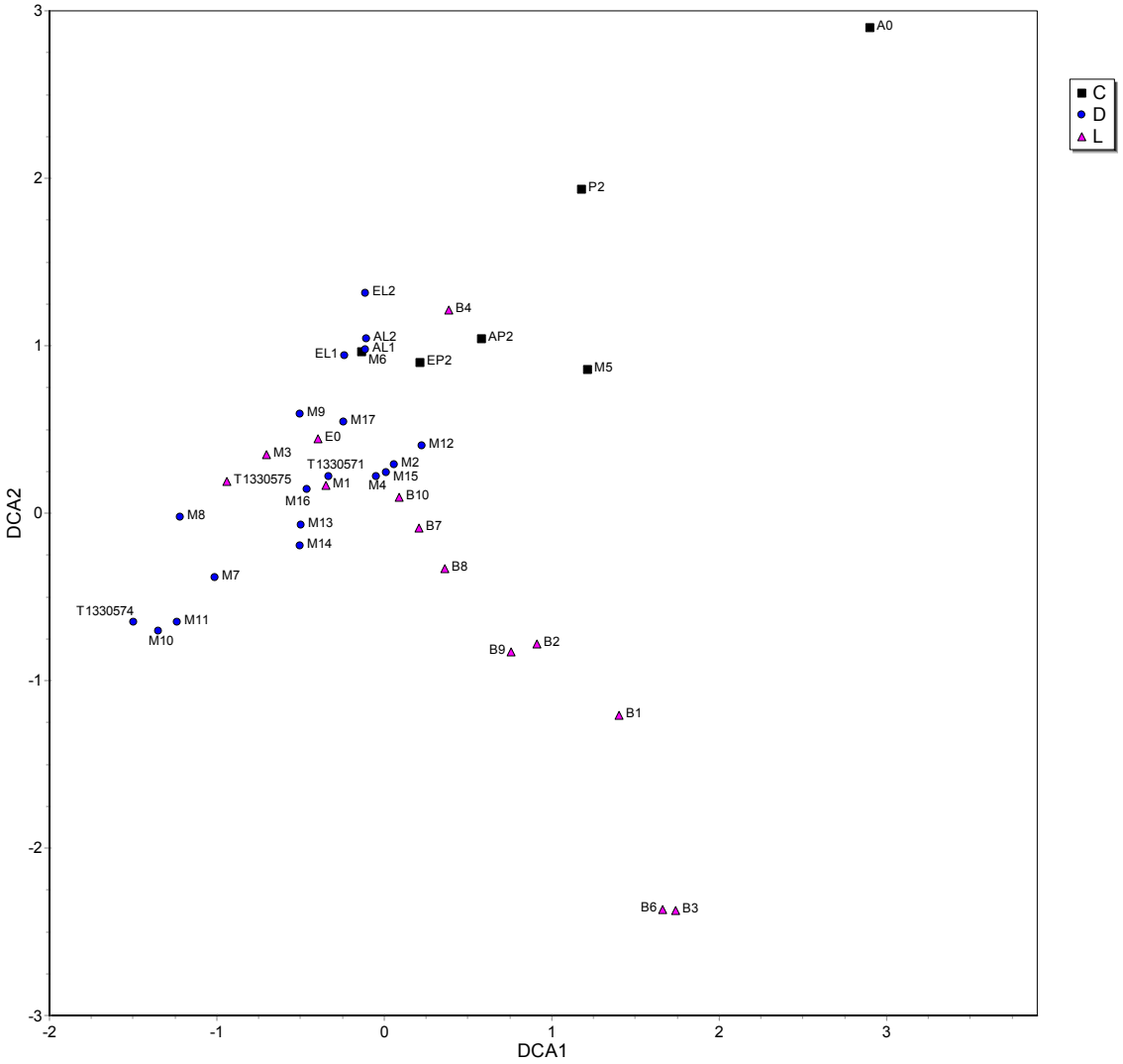


Obr. 7. DCA ordinace fytocenologických snímků z oblasti Modravy. Snímky jsou rozděleny do klasifikačních tříd podle výsledku na Obr. 5.

Ordinace metodou DCA (Obr. 7-9) dokládá kontinuální variabilitu sledovaných společenstev, přičemž typy *Athyrium distentifolium-Luzula sylvatica* (D), *Senecio ovatus/hercynicus* (B) a *Calamagrostis villosa-Nardus stricta* (F) leží na okrajích zaznamenaných gradientů. Přitom gradient typů D – C – B zřejmě souvisí i s managementem rozpadajících se porostů (Obr. 9)



Obr. 8. Rozmístění druhů v ordinačním prostoru prvních dvou os DCA (viz Obr. 7)



Obr. 9. Výsledky DCA ordinace jako na Obr. 7, ale s rozlišením typu stromového porostu a jeho managementu: C - po rozpadu stromového patra byla provedena "asanační" těžba; D - stromové patro odumřelo, ale dřevo bylo ponecháno na místě; L - do doby snímkování v porostu přežívaly někteří jedinci původního stromového patra (živý či odumírající porost).

Porovnání struktury společenstev různých organismů na výškovém transektu Plechý

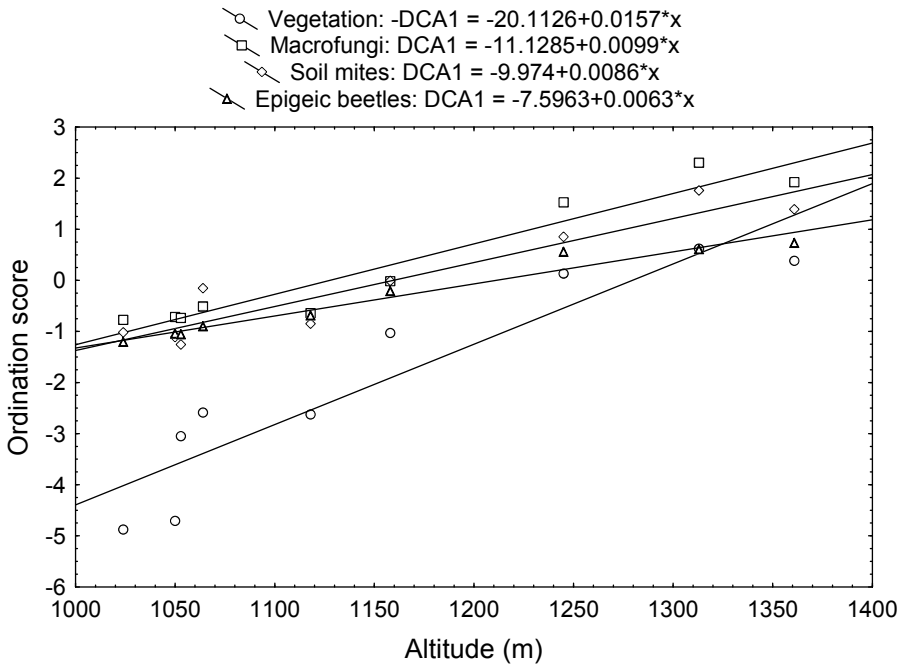
Vegetace na sledovaném transektu ploch P12 až P20 na východním svahu Plechého na Šumavě (základní popis ploch viz Matějka 2008a) byla popsána dříve (MATĚJKA ET VIEWEGH 2008). Kompletní zpracování struktury společenstev makromycetů na sledovaném transektu je uvedeno v LEPŠOVÁ ET MATĚJKA (2009), společenstva na jednotlivých kusech ležícího rozkládajícího se dřeva (CWD, coarse woody debris) popisují LEPŠOVÁ ET MATĚJKA (2010). Dále byla popsána společenstva pancířníků (STARÝ ET MATĚJKA 2009) a společenstva epigeického hmyzu (BOHÁČ ET MATĚJKA 2010) na stejných výzkumných plochách. Některé vlastnosti půd v tomto transektu ukazují na významný rozdíl půdních procesů mezi 8. lesním vegetačním stupněm (LVS) a stupni nižšími (MATĚJKA ET STARÝ 2009). Úkolem této kapitoly je srovnat jednotlivé výsledky.

Základním řídícím faktorem prostředí podél transektu je nadmořská výška a to přesto, že se pohybuje v relativně malém rozmezí (1024 až 1361 m). Podstatným faktem však je, že se jedná o rozmezí v němž se střídají tři důležité lesní vegetační stupně (6. až 8.). Zvláště mezi 7. a 8. LVS dochází k podstatné změně půdních vlastností (PODRÁZSKÝ 2007, MATĚJKA ET STARÝ 2009), protože v 8. LVS se výrazně projevuje podzolizace. Navíc se zde uplatňuje již jediný dřevinný edifikátor (*Picea abies*). Se vzrůstající nadmořskou výškou dochází k prosvětlování při povrchu půdy, čehož důsledkem je zvýšení pokryvnosti bylinného i mechového patra. Mechové patro je výrazněji vyvinuto až v 8. LVS.

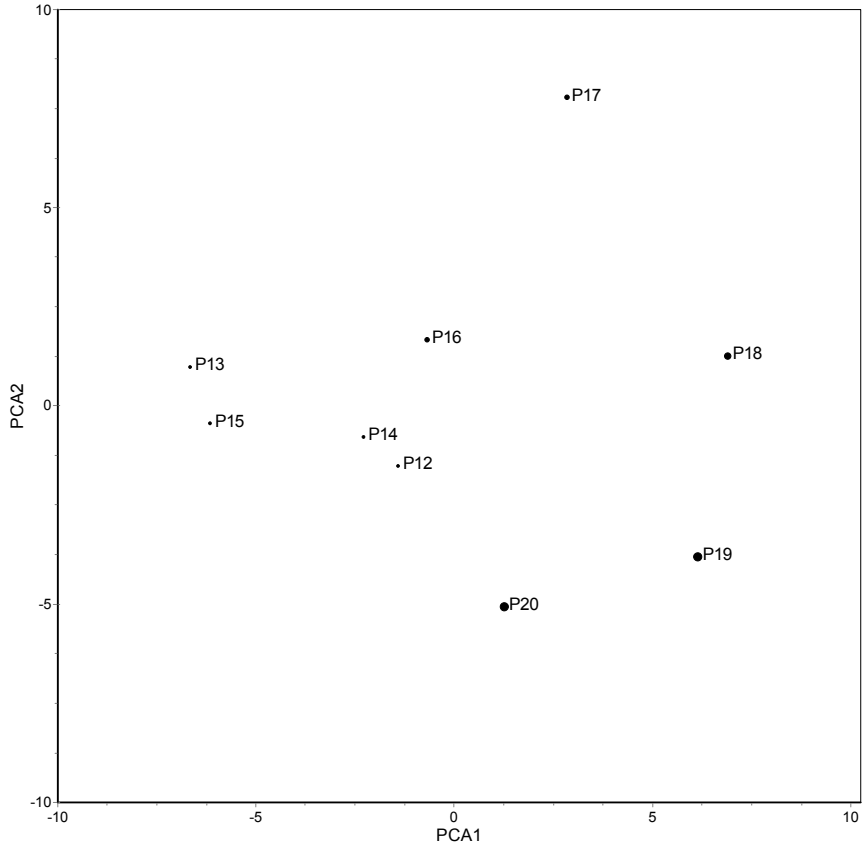
Pokud byla zpracována ordinační analýza metodou DCA samostatně pro každou taxocenózu, byla vždy první ordinační osa výrazně korelována s nadmořskou výškou a současně další osy s výškou vůbec nekorelovaly, případně pro makromycety byl v roce 2008 naznačen pouze neprůkazný trend. To lze vysvětlit zřejmě skutečností, že houby jsou spíš vázány na přítomnost vhodného substrátu v ekosystému nežli přímo na nadmořskou výšku. Současně je známo, že různé skupiny hub jsou indikátory rozdílných podmínek prostředí a proto taxocenózy z nich složené (jsou-li hodnoceny jako samostatná společenstva) mohou poskytovat různý pohled na klasifikaci ekosystémů (LEPŠOVÁ ET MATĚJKA 2009). Dobré odlišení 8. LVS od stupňů nižších poskytly druhy saprotrofní.
Nejvyšší odchylky ordinačního skóre od příslušné regresní přímky byly zjištěny u rostlinných společenstev (Obr. 10) a to zřejmě díky faktu, že tato společenstva jsou druhově značně chudá. Poměrně malé změny s nadmořskou výškou byly zjišťovány v horní části gradientu na plochách P18 až P20, které náleží 8. LVS. Nejzřetelněji je tato skutečnost patrná u vegetace a u makromycet. Nejstrmější gradient změny druhové struktury společenstva s nadmořskou výškou byl zjištěn u vegetace, naopak nejméně strmý byl tento gradient u společetstev epigeických brouků, což může souviset i s aktivní pohyblivostí těchto organismů.
Byla prokázána výrazná odlišnost rozkladu CWD smrku ve smíšených lesích (6. a 7. LVS) a v klimaxových smrčinách (8. LVS). Změna mykocenóz podél gradientu nadmořské výšky nesouvisí tedy pouze se změnou nabídky druhu dřevního substrátu, ale jedná se o skutečný gradient podmíněný přímo podmínkami měnícími se s nadmořskou výškou.
S nadmořskou výškou nejsou korelovány pouze výsledky ordinačních analýz, ale i některé další komplexní charakteristiky sledovaných společenstev (Tabulka 3), ať již se jedná o pokles zápoje stromového patra a vzestup pokryvnosti bylinné a mechové etáže, případně snižování druhové bohatosti různých taxocenóz. Velmi významný byl vzrůst druhové diversity epigeických brouků s výškou.

Tabulka 3. Koeficienty lineární korelace mezi nadmořskou výškou a různými parametry sledovaných společenstev (DCA_1, DCA_2 - skóre podél první a druhé ordinační osy DCA; ECM - ektomykorhizní druhy, LIG - lignikolní druhy, SAP - saprotrofní druhy; pro makromycety byly samostatně hodnoceny výsledky z let 2007 a 2008). Hodnoty statisticky průkazné na hladině $\alpha \leq 5$ % jsou označeny symbolem *.

Společenstvo	Proměnná	r	
Vegetace	Pokryvnost E_3	-0.821	*
	Pokryvnost E_2	-0.608	
	Pokryvnost E_1	0.861	*
	Pokryvnost E_0	0.816	*
	Počet druhů	-0.633	
	Diversita (H)	0.224	
	Vyrovnanost (e)	0.397	
	DCA_1	-0.928	*
	DCA_2	0.437	
Makromycety 2007	Počet druhů celkem	-0.866	*
	Počet druhů ECM	-0.876	*
	Počet druhů LIG	-0.784	*
	Počet druhů SAP	-0.258	
	DCA_1	0.952	*
	DCA_2	-0.129	
Makromycety 2008	Počet druhů celkem	-0.822	*
	Počet druhů ECM	-0.815	*
	Počet druhů LIG	-0.759	*
	Počet druhů SAP	-0.544	
	DCA_1	0.961	*
	DCA_2	0.665	
Pancířníci	Abundance	0.082	
	Počet druhů	-0.626	
	Diversita (H)	-0.528	
	Vyrovnanost (e)	-0.390	
	DCA_1	0.942	*
Epigeičtí brouci	Abundance	-0.696	*
	Počet druhů	0.716	*
	Diversita (H)	0.900	*
	Vyrovnanost (e)	0.872	*
	DCA_1	0.981	*



Obr. 10. Závislost první ordinační osy (DCA_1) na nadmořské výšce pro různé taxocenózy podél transektu ploch P12 až P20 na svahu Plechého.



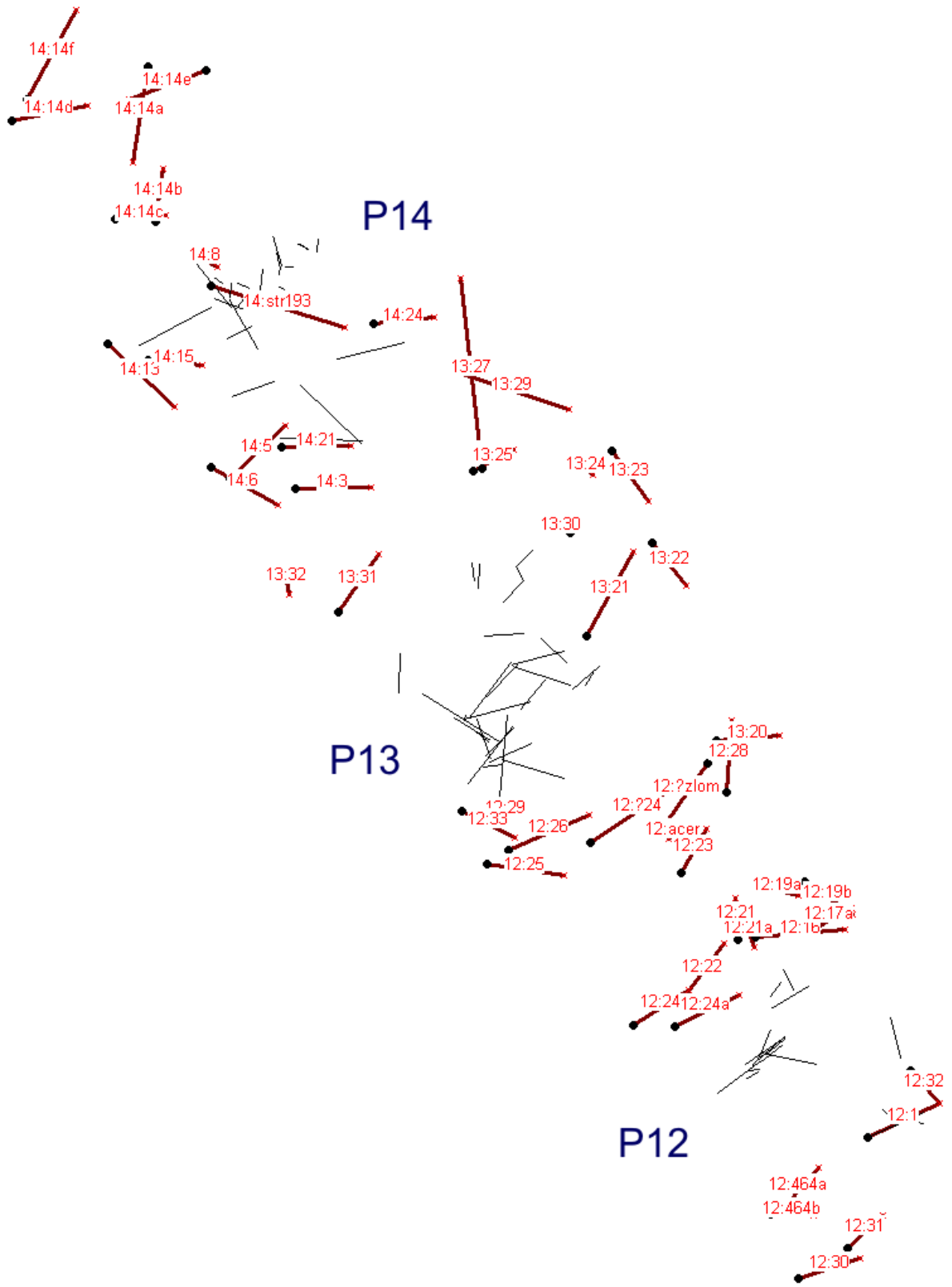
Obr. 11. Vlastnosti půd na plochách podél transektu na svazích Plechého zpracované metodou hlavních komponent. Velikost značky je korelována s nadmořskou výškou plochy.

Výsledky půdně-chemických analýz (proměnné C_{ox}, pH_{H20}, pH_{KCl}, S, H, T, V, celková acidita, H^+, Al^{3+}, přístupné živiny podle Mehlich III [P, K, Ca Mg], extrahovatelné prvky v kyselině citrónové [P, K, Ca Mg, Fe], celkový N a celkové P, K, Ca a Mg /pouze v horizontech F2 a H/) vzorků odebíraných z půdních horizontů F2,

H a Ah byly zpracovávány společně (celkem tedy 70 proměnných) byly zpracovány metodou hlavních komponent (PCA; Obr. 11), aby byla zjištěna celková variabilita půd na sledovaném transektu. Ukazuje se, že zatímco druhová struktura společenstev sledovaných organismů více-méně lineárně koreluje s nadmořskou výškou, vlastnosti půd jsou sice na nadmořské výšce též závislé, ale vztah není lineární, spíše se jedná o odlišení kambizemí na plochách P12 až P17 od rankerů na plochách P18 až P20.

Lokalizace ležícího rozkládajícího se dřeva na transektu Plechý

V minulých letech bylo sledováno složení houbových společenstev na jednotlivých kusech ležícího dřeva na transektu Plechý (LEPŠOVÁ, MATĚJKA 2010). Vzhledem k tomu, že toto dřevo nelze v terénu trvale označit tak, aby mohlo být opětovně nalezeno po delším časovém období (řádově 10 let i více) při případném budoucím terénním šetření za účelem vyhodnocení dlouhodobé dynamiky společenstev makromycet, bylo přistoupeno k zaměření vybraných kusů dřeva pomocí GPS (Magellan MobileMapper CX). Jednotlivé kusy dřeva ležící přímo na výzkumných plochách P12 až P20 (velikost 50 × 50 m) většinou nebyly zaměřovány, protože jejich poloha je známa díky zaměření pomocí technologie Field-Map. Přehledná situace je zobrazena na Obr. 12.



Obr. 12. Lokalizace jednotlivých kusů ležícího dřeva v prostoru ploch P12 až P15 (těsně mimo zobrazenou oblast), které byly zaměřeny technologií GPS. Černými tenkými liniemi jsou zakresleny kusy dřeva přímo na výzkumných plochách.

Dílčí cíl 4 - Studium ploch v rámci sekundárního bezlesí s travními ekosystémy a 5 - Studium ostatních ploch

Práce probíhající v roce 2010 se týkaly následujících plánovaných aktivit
4-01 Fytocenologický průzkum na sukcesních plochách a v lemech na Šumavě
4-02 Fytocenologický průzkum bezlesí v Krkonoších
4-03 Sledování sukcese se smrkem na bývalých loukách na Šumavě
5-03 Pancířníci na plochách s různou historií užití země v Krkonoších, možnosti využití sukcesních procesů

Vyhodnocení splnění dílčího cíle 4 v celém průběhu řešení projektu

Rok 2010 byl posledním rokem řešení tohoto dílčího cíle. Zapsána byla řada fytocenologických snímků na loukách a v obdobných společenstvech jak na Šumavě, tak v Krkonoších, přičemž série snímků byla pořízena na lokalitách, kde probíhal vlastní výzkum v 80. letech minulého století. Tím se podařilo popsat nejen variabilitu těchto společenstev ve sledovaných regionech, ale poznat též jejich dlouhodobou dynamiku (od 80. let 20. století, při užití některých dostupných materiálů [MORAVEC 1965] jiných autorů též dynamiku za více jak 50 let). Pro interpretaci dat byly využity i údaje o vývoji krajiny od doby mapování stabilního katastru (první polovina 19. století). Ukázalo se, že řada změn souvisí se změnou dynamiky vody v celé krajině, což může být dáno do souvislosti nejen se změnou hospodaření, ale též s vývojem klimatu ve 20. století. Pro snížení zásob vody v půdě má zřejmě větší význam zvýšení průměrných teplot, které není kompenzováno ani doloženým zvýšením úhrnů srážek (MATĚJKA 2011b). Pro celou krajinu mají velký význam sukcesní procesy, které jsou pozorovatelné zvláště výrazně jako vstup dřevin do ekosystémů sekundárního bezlesí.

Vyhodnocení splnění dílčího cíle 5 v celém průběhu řešení projektu

Rovněž DC 5 byl v roce 2010 naplněn. Zhodnocena a publikována byla dynamika rostlinných společenstev subalpinského a alpinského stupně v Krkonoších. Ukázalo se, že tato společenstva jsou z hlediska jejich druhové struktury značně stabilní nedojde-li k expanzi *Pinus mugo* na těchto stanovištích. Takový proces však v současnosti lze očekávat i s ohledem na změny klimatu, které byly zřejmě urychleny v několika posledních desetiletích.

Vzhledem k plynulému přechodu sekundárního bezlesí representovaného loukami a travními porosty nad horní hranicí lesa v Krkonoších byly výsledky dílčího cíle 5 presentovány společně s výsledky DC 4.

Luční a obdobná společenstva Šumavy

Fytocenologické snímky vznikly běžným postupem s použitím Braun-Blanquetovy stupnice pro abundanci a dominanci, která byla rozšířena o mezistupně. Data snímků byla zapsána do databáze DBreleve (MATĚJKA 2009c), kde proběhlo i jejich základní zpracování.
Databáze fytocenologických snímků obsahuje celkem 385 vybraných zápisů. V rámci této množiny snímků byla hodnocena i společenstva, kde se po vyloučení kosení nebo pastvy začínají objevovat mladé dřeviny, které však dosud nevytvářejí vlastní výraznou etáž (keřovou nebo stromovou) - ty byly hodnoceny samostatně (viz následující kapitola). Řada snímků byla pořízena i na plochách dříve šetřených Moravcem (MORAVEC 1965). Původní snímky z přelomu 50. a 60. let 20. století však nebyly zahrnuty do tohoto zpracování, protože se jedná o společenstva vyvíjející se ve značně odlišných podmínkách hospodaření a navíc byly tyto snímky pořízeny jiným autorem za použití jiné stupnice pokryvnosti.
Data stupňů pokryvnosti jednotlivých druhů byla před zpracováním převedena na průměrnou pokryvnost pro tyto stupně a dále transformována tak, aby suma pokryvnosti všech druhů v etáži odpovídala celkové odhadnuté pokryvnosti této etáže. V prostředí DBreleve byl proveden výpočet druhové bohatosti (S) a diversity (Shannon-Wienerův index druhové diversity H'). Dále byla provedena klasifikace snímků divisivní procedurou TWINSPAN (HILL 1979), při níž byly použity hodnoty "cut-levels" 0, 1, 10, 31.62 a 56.23 %, které tvoří mocninnou řadu.
Klasifikace snímků dle složení bylinného patra pomocí procedury TWINSPAN (Obr. 13) umožňuje získat přehled o variabilitě lučních společenstev, různých trávníků a sukcesních společenstev bez významnějšího zastoupení dřevin. V následujícím přehledu jsou za konstantní druhy charakterizující danou klasifikační třídu společenstev považovány druhy s konstancí 75 % nebo vyšší. Klasifikační skupiny jsou též srovnávány s jednotkami curyšsko-montpellierského systému (CHYTRÝ 2007; MORAVEC ET AL. 1995) tam, kde je to možné.

***0** Společenstva vysýchavých půd.

- ***00** Společenstva suchých půd, většinou náležející svazu *Arrhenatherion elatioris*.
  - ***000** Společenstva suchých půd nižších nadmořských výšek, průměrná roční teplota odpovídající dlouhodobému normálu 1961-1990 podle modelování v programu PlotOA je přibližně 7 °C.
    - ***0000 (Skupina A)** Konstantní druhy: *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata*, *Galium album*, *Stellaria graminea* a *Veronica chamaedrys*.

***0001 (Skupina B)** Konstantní druhy: *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata*, *Poa pratensis*, *Festuca rubra*, *Pimpinella saxifraga*, *Plantago lanceolata*, *Achillea millefolium* a *Veronica chamaedrys*.

***001** Společenstva suchých půd vyšších nadmořských výšek.

***0010 (Skupina C)** Konstantní druhy: *Agrostis capillaris*, *Festuca rubra*, *Campanula rotundifolia*, *Achillea millefolium*, *Stellaria graminea*, *Hypericum maculatum*, *Rumex acetosa*, *Carex pallescens*, *Potentilla errecta* a *Cirsium heterophyllum*. Společenstva této klasifikační skupiny se nacházejí na nejchladnějších lokalitách v rámci skupiny *00 (průměrná roční teplota okolo 5 °C).

***0011 (Skupina D)** Konstantní druhy: *Dactylis glomerata*, *Agrostis capillaris*, *Festuca rubra*, *Galium album*, *Achillea millefolium*, *Hypericum maculatum*, *Trifolium pratense*, *Veronica chamaedrys*, *Alchemilla vulgaris* agg., *Ranunculus acris* a *Rumex acetosa*.

***01** Společenstva vlhkých niv, většinou náležející svazu *Deschampsion cespitosae*.

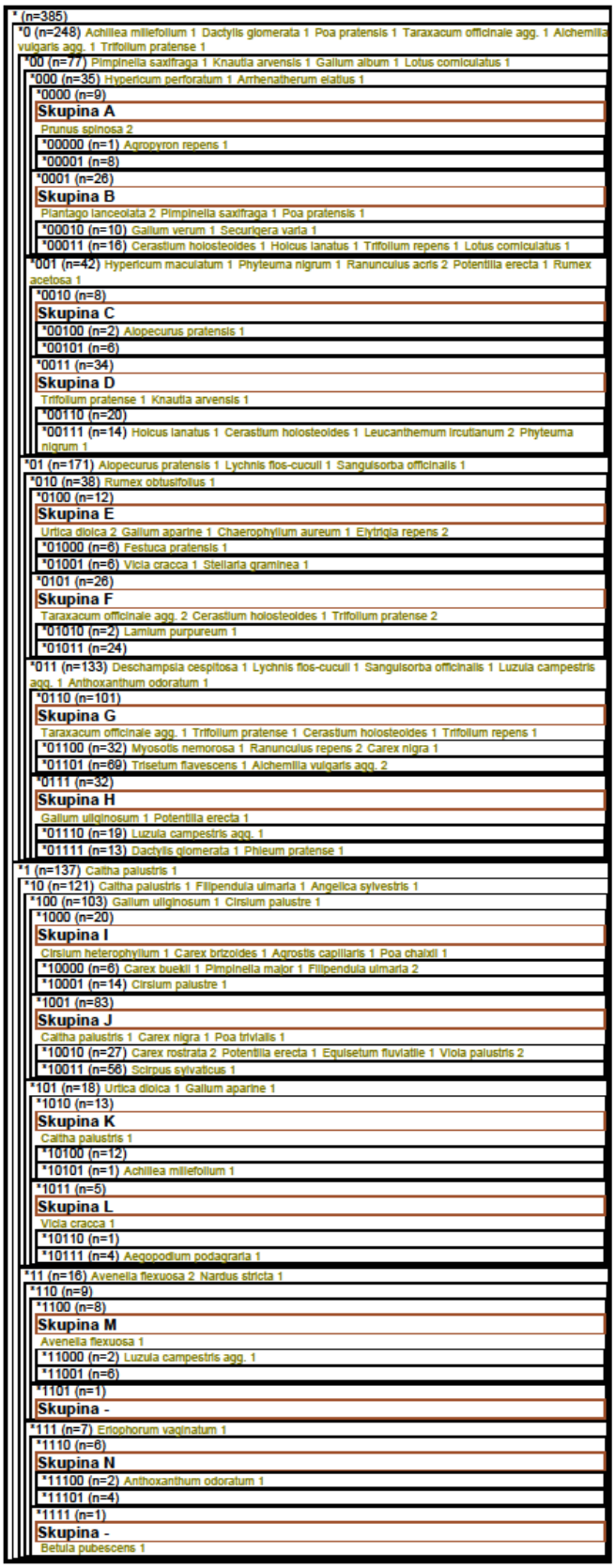
***010** Společenstva vlhkých niv na živinami bohatších půdách až ruderalizovaná společenstva.

***0100 (Skupina E)** Konstantní druhy: *Dactylis glomerata*, *Alopecurus pratensis*, *Urtica dioica* a *Galium aparine*. Většinou ruderalizované porosty, často druhově chudé.

***0101 (Skupina F)** Konstantní druhy: *Dactylis glomerata*, *Poa pratensis*, *Taraxacum* sect. *Ruderalia* a *Ranunculus acris*.

***011** Společenstva vlhkých niv na chudých půdách.

***0110 (Skupina G)** Konstantní druhy: *Poa pratensis*, *Alopecurus pratensis*, *Taraxacum* sect. *Ruderalia*, *Trifolium pratense*, *Cerastium holosteoides*, *Alchemilla*



Obr. 13. Klasifikace snímků lučních a obdobných společenstev Šumavy procedurou TWINSPAN. Charakteristika základních klasifikačních skupin a jejich druhy-indikátory (připojená číslice u jména určuje příslušnou hladinu - cut-level). n - počet snímků.

vulgaris agg., *Ranunculus acris* a *Rumex acetosa*. Bylinné patro má většinou uzavřený charakter.

***0111 (Skupina H)** Konstantní druhy: *Festuca rubra*, *Deschampsia cespitosa*, *Achillea millefolium*, *Veronica chamaedrys*, *Alchemilla vulgaris* agg., *Vicia cracca*, *Ranunculus acris* a *Rumex acetosa*. Bylinná etáž má otevřený charakter, zřejmě v důsledku periodického zvyšování hladiny půdní vody k půdnímu povrchu či nad něj. Průměrná roční teplota (5,9 °C) je přibližně o 1 °C nižší oproti skupinám E až G.

***1** Společenstva trvale vlhkých až zamokřených půd.

***10** Společenstva svazu *Calthion palustris*.

***100** Společenstva svazu *Calthion palustris*, podsvaz *Calthenion*, na chudých půdách, často kosená.

***1000 (Skupina I)** Konstantní druhy: *Galium uliginosum*, *Potentilla erecta* a *Cirsium heterophyllum*. Oproti skupinám J až L, tato společenstva osidlují chladnější lokality s průměrnými teplotami do 6,1 °C (průměrně 5,8 °C). V těchto společenstvech je častá *Carex brizoides*, která se může stát dominantní v případě vyloučení obhospodařování.

***1001 (Skupina J)** Konstantní druh: *Caltha palustris*.

***101** Vysokobylinná společenstva svazu *Calthion palustris*, podsvaz *Filipendulenion*, většinou na bohatších půdách, často až ruderalizovaná společenstva, většinou neobhospodařovaná. Průměrné teploty bývají vyšší (5,7 až 7,8 °C, průměrně 6,9 °C).

***1010 (Skupina K)** Konstantní druhy: *Alopecurus pratensis*, *Scirpus sylvaticus*, *Filipendula ulmaria* a *Urtica dioica*.

***1011 (Skupina L)** Konstantní druhy: *Alopecurus pratensis*, *Phalaris arundinacea*, *Vicia cracca*, *Filipendula ulmaria*, *Urtica dioica* a *Galium aparine*. Průměrné roční teploty jsou nad 6 °C.

***11** Společenstva s hromaděním surového humusu až společenstva rašelinných půd.

***110** Společenstva s *Avenella flexuosa*, svaz *Nardo strictae-Agrostion tenuis*.

***1100 (Skupina M)** Konstantní druhy: *Nardus stricta*, *Avenella flexuosa*, *Festuca rubra*, *Bistorta major* a *Potentilla erecta*. Průměrná roční teplota dosahuje 2,8 až 6,0 °C.

***111** Společenstva rašelinišť s *Eriophorum vaginatum*, svaz *Sphagnion medii*.

***1110 (Skupina N)** Konstantní druhy: *Carex nigra*, *Eriophorum vaginatum* a *Vaccinium uliginosum*. Průměrná roční teplota dosahuje 3,8 až 5,2 °C.

Skupiny *1101 a *1111 byly zastoupeny jediným snímkem, proto nebyly hodnoceny. Jednotlivé klasifikační skupiny A až N jsou dobře odlišitelné na základě jejich druhové skladby (Tabulka 4).

Tabulka 4. Přehled druhového složení lučních a obdobných společenstev v širší oblasti Šumavy podle klasifikace TWINSPAN (viz Obr. 13). Uváděny jsou hodnoty frekvence výskytu druhu v procentech. Zařazeny jsou pouze druhy, které mají frekvenci vyšší než 10 % alespoň v jediné klasifikační skupině.

Klasifikační skupina	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**	**K**	**L**	**M**		**N**	
označení skupiny podle TWINSPAN	***0000**	***0001**	***0010**	***0011**	***0100**	***0101**	***0110**	***0111**	***1000**	***1001**	***1010**	***1011**	***1100**	***1101**	***1110**	***1111**
Počet snímků	9	26	8	34	12	26	101	32	20	83	13	5	8	1	6	1
E_2:																
Betula pendula	11	4														
Crataegus monogyna	11	8														
Quercus robur	11	8														
Rosa dumalis subsp. *subcanina*	11	8			8											
Crataegus × macrocarpa	11															
Prunus avium	11															
Prunus spinosa	11															
Salix caprea				3								20				
Populus tremula												20				
Picea abies										1					17	
E_1:																
Gnaphalium sylvaticum			12	3		4								+		
Luzula luzuloides	22	4	12	6				3					12	+		
Centaurea jacea		15		12			4	6		4						
Polygala vulgaris		4	25	29			1	3					25			
Silene vulgaris	22			12			1	6								
Galium pumilum		4	12	9				6								
Hieracium murorum			12													
Sambucus racemosa			12													
Carlina acaulis	11	8	12	41			2									
Viola canina		8	12	21			1	3		1						
Campanula rotundifolia	33	31	**75**	**62**			9	25	10							
Hieracium pilosella		8	25	12			1									
Tanacetum vulgare		4		3	25							20				
Quercus robur	22	27		9		8	1			1						
Rubus fruticosus agg.	11	12				4	2	3				20				
Erophila verna		12		3		8										
Vicia hirsuta	33	19			8	15	1			1						
Vicia angustifolia	33	15				8	2									
Astragalus glycyphyllos	33	8			8											
Daucus carota	11	12		3		8	1									
Agrimonia eupatoria	22	4														
Agrostis gigantea	22	4														

Klasifikační skupina	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**	**K**	**L**	**M**		**N**	
označení skupiny podle TWINSPAN	***0000**	***0001**	***0010**	***0011**	***0100**	***0101**	***0110**	***0111**	***1000**	***1001**	***1010**	***1011**	***1100**	***1101**	***1110**	***1111**
Campanula rapunculoides		15														
Centaurea scabiosa	44	12		3												
Cerastium arvense		15		3												
Convolvulus arvensis	11															
Epilobium collinum	11															
Erigeron acris	11															
Potentilla argentea		23					1									
Potentilla tabernaemontani		31														
Prunus spinosa	**67**	12														
Ranunculus bulbosus		31		3			1									
Raphanus raphanistrum	11															
Rosa sp. div.		19														
Securigera varia	**56**	27		3												
Torilis japonica	11															
Trifolium arvense	11	19														
Trifolium campestre	11	8														
Triticum aestivum	11															
Verbascum densiflorum	11	4														
Verbascum nigrum	33	12			8		1									
Vicia sylvatica	11															
Hypericum perforatum	44	**65**		3		8	2	3		1						
Pimpinella saxifraga	22	**85**		**62**		8	4	6								
Thymus pulegioides		35	12	26				3								
Dianthus deltoides	33	35	25	29			2	3								
Crataegus sp. div.	11	4		3												
Rumex acetosella	11	38		15		4	4		5							
Fragaria vesca	22	8		6			1				8					
Helianthemum grandiflorum subsp. *obscurum*		12		3												
Lychnis viscaria	22	35		21												
Prunus avium		8	12	3	8											
Rosa dumalis subsp. *subcanina*	11	8		6			1									
Trifolium medium	33	15		18			1	3								
Carex muricata agg.	**56**	15		3			1	3								
Euphorbia cyparissias	11	23		3												
Galium verum	11	35		12		4	3	3								
Hylotelephium jullianum	11	23		6												
Leontodon hispidus		23		32		8	7	6								

Klasifikační skupina	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**	**K**	**L**	**M**		**N**	
označení skupiny podle TWINSPAN	***0000**	***0001**	***0010**	***0011**	***0100**	***0101**	***0110**	***0111**	***1000**	***1001**	***1010**	***1011**	***1100**	***1101**	***1110**	***1111**
Lotus corniculatus	**67**	**69**		**71**		4	13	19		5				+		
Galium album	**78**	**58**	12	**76**	33	12	11	28			8	40				
Knautia arvensis	78	65		**74**		4	10	25								
Elytrigia repens	44	4	12	15	**58**	15	5	12		1		40				
Phleum pratense	**67**	35	**50**	41	**67**	46	31	34	10	6						
Agropyron repens	11	8		6	17	8										
Viola arvensis		8		9	8	15	2									
Myosotis arvensis	44	4				23	1			1						
Silene latifolia	11				8		1									
Hieracium caespitosum		12				4	1									
Medicago lupulina		12				4	3									
Trifolium dubium		27		12		19	7			2						
Plantago lanceolata	44	**85**	25	**71**	8	**54**	**60**	28		7						
Leucanthemum ircutianum	11	**54**	38	**56**	8	27	46	16		1			12			
Saxifraga granulata		23		21		8	17	9		4						
Arrhenatherum elatius	**100**	**81**	12	44	8	27	27	6				20				
Achillea millefolium	**56**	**96**	**75**	**94**	33	**58**	**61**	**81**	30	7	8					
Hieracium aurantiacum		8	38	3			3	6					12			
Maianthemum bifolium			12					3								
Platanthera bifolia			12					3								
Campanula patula	**67**	42	**50**	**59**	8	27	38	19	5	1				+		
Hypochaeris radicata	11	23		32		4	15	3						+		
Acer pseudoplatanus		4	12	6			1			1						
Stellaria graminea	**78**	38	**88**	**68**	33	38	36	**59**	10	12			38			
Hypericum maculatum	22	19	**100**	**85**	25	12	31	**72**	**55**	17	8		12	+		
Populus tremula	22	8	12	3			2	9		1		20		+		
Vicia sepium	22	4	38	21	**50**	12	8	25	10			20				
Artemisia vulgaris	44	19			17	15	2			1		20				
Arabidopsis thaliana		4			8	15	3									
Veronica arvensis		15		3		35	6									
Tripleurospermum inodorum	11				8	8										
Dactylis glomerata	**89**	**81**	**50**	**79**	**75**	**92**	**51**	47	5	6	8	**60**				
Prunella vulgaris	11	4		3		12	6	3		1						
Leontodon autumnalis		15		9		19	10									
Trisetum flavescens	44	38		35	8	**50**	44	3		1						
Centaurea pseudophrygia				15		8	7	16	5							
Taraxacum officinale agg.	33	**62**		**53**	42	**100**	**82**	6		7						

Klasifikační skupina	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**	**K**	**L**	**M**		**N**	
označení skupiny podle TWINSPAN	***0000**	***0001**	***0010**	***0011**	***0100**	***0101**	***0110**	***0111**	***1000**	***1001**	***1010**	***1011**	***1100**	***1101**	***1110**	***1111**
Trifolium pratense	11	**62**		**76**	17	**69**	**84**	25		16						
Cerastium holosteoides	11	**50**		35	17	**73**	**80**	25		14						
Veronica serpyllifolia		12		6	8	12	22			2						
Crepis biennis	11			6	17	31	20	3								
Viola tricolor			12		8		1	9								
Carum carvi		12		9		38	15	3								
Lolium perenne		4		3		27	6									
Capsella bursa-pastoris					8	23										
Lolium multiflorum						15	1									
Plantago major				3		**50**	10			1						
Bellis perennis				3		8	16			1						
Cirsium arvense	44	4		12	**58**	27	10	9		5		20				
Rumex obtusifolius	22			6	**58**	**58**	15	9		7		20				
Rhinanthus minor		4		35			19			8						
Veronica chamaedrys	**78**	**77**	**62**	**88**	**67**	42	**64**	**88**	45	27	15		12			
Aegopodium podagraria	22	12	**62**	21	**58**	12	20	22	5	1		80				
Chaerophyllum aureum	44	12		18	**67**	8	5	19	30	1						
Anthriscus sylvestris	**56**	27		32	42	42	41	25	15	12	15	20				
Geum urbanum	22	4			17	4	2					20				
Heracleum sphondylium		15		32	**58**	35	38	25	5	2	15	20				
Stellaria media						23				1						
Trifolium repens	11	35	38	**50**	17	**65**	**64**	9		13						
Festuca pratensis	11	15		44	42	**58**	**59**	34		23	8					
Glechoma hederacea				3	8	8	21			2		20				
Ajuga reptans				3			17	6		5						
Alchemilla vulgaris agg.	22	46	**50**	**82**	**50**	**62**	**89**	**81**	5	28	8					
Poa pratensis	22	**81**		**56**	**50**	**81**	**83**	**50**	5	17			12			
Phyteuma nigrum			25	47	8		29	**50**		11		20				
Pimpinella major		19	25	24		4	34	**53**	35	7	8	20				
Avenula pubescens	22	46	25	**56**	8	4	20	**59**	10	23		20	12			
Holcus mollis	11	15	**50**	24		8	4	31	10	6			12			
Agrostis capillaris	**56**	**54**	**100**	**79**	17	46	35	**56**	**70**	16		20	38	+	17	
Geranium sylvaticum	11		25	3	33	4	4	3		1	8	20	12			
Silene dioica			38		8		1	9				40				
Vicia cracca	44	23	**50**	**71**	42	35	40	**81**	40	18	15	**100**	12			
Betonica officinalis		4	12	3			5	9	10	4						
Festuca rubra	**56**	**88**	**88**	**97**	33	31	**66**	**81**	**50**	**53**			**75**	+	17	

Klasifikační skupina	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**	**K**	**L**	**M**		**N**	
označení skupiny podle TWINSPAN	***0000**	***0001**	***0010**	***0011**	***0100**	***0101**	***0110**	***0111**	***1000**	***1001**	***1010**	***1011**	***1100**	***1101**	***1110**	***1111**
Carex pilulifera		4	**62**	24			2	28	5	6			25			
Soldanella montana			12					3		1						
Cardaminopsis halleri			**50**	6			1	16	5			40				
Rubus idaeus	11	4	25	6	17	4	1	9	5	1		40		+		
Veronica officinalis		4	**62**	15			1						**50**	+		
Vaccinium myrtillus			25	6				3		1			12		17	
Briza media	11	12	38	59			5	41	30	17			12			
Epilobium montanum	11	4								1						
Vicia tetrasperma	22	12					2		5	1						
Alopecurus pratensis		15	25	26	**83**	**58**	**81**	**62**	20	42	**77**	**100**				
Carex hirta		12		6	33	4	17	16		12	8	20				
Ranunculus acris		31	**62**	**82**	**58**	**81**	**89**	**78**	30	48	31					
Ranunculus repens	11	4		15	42	46	49	22	5	31	8					
Trifolium hybridum	22	8		3		23	14	3		11						
Carex ovalis		8	12				24	16	5	12						
Anthoxanthum odoratum	22	38	25	41		8	**64**	47	10	35	8				33	
Equisetum arvense	22	8			8		10	6		1	8	40				
Cynosurus cristatus		4		15		8	34			13						
Lychnis flos-cuculi			38	9		4	**72**	**50**	25	**66**	15		12			
Deschampsia cespitosa		8	**50**	32	8	12	**72**	**75**	**65**	49	8	20	38	+	17	
Sanguisorba officinalis		8	12	24	25	15	**67**	**62**	**65**	48	31	20				
Lathyrus pratensis	**56**	23	25	38	**50**	23	**58**	**66**	**50**	**60**	31	40				
Rumex crispus	22	12		3	8	12	7			8	8					
Holcus lanatus	44	35	25	44	17	35	**73**	41	25	**54**	8		25		17	+
Rumex acetosa	22	42	**75**	**91**	**67**	**50**	**87**	**75**	**65**	**67**	38	40	38			
Carex pallescens			**75**	24			20	**56**	40	19			25			
Scorzonera humilis			25	6			9	34	10	11						
Luzula campestris agg.		**50**	**50**	**62**			41	**50**	25	33			25			
Poa palustris				6	25	42	27	19	5	35	31					
Poa trivialis	22		12	3	42	31	21	12		43	**62**	40				
Arctium lappa					8							20				
Urtica dioica	44	8		6	**100**	23	7	19	20	11	**100**	**100**				
Galium aparine	22	4		6	**75**	8	1	6		1	**69**	**80**				
Symphytum officinale		4				12	2			1	38	20				
Ficaria verna subsp. *bulbifera*						4	5			2	38					
Cirsium oleraceum					17	8	7	3		13	46	**60**				
Stachys sylvatica	11						1			1		20				

Klasifikační skupina	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**	**K**	**L**	**M**		**N**	
označení skupiny podle TWINSPAN	***0000**	***0001**	***0010**	***0011**	***0100**	***0101**	***0110**	***0111**	***1000**	***1001**	***1010**	***1011**	***1100**	***1101**	***1110**	***1111**
Galeopsis pubescens			25		8			9	10	5	23		12			
Crepis mollis subsp. *hieracioides*			12	9			9	31	20	14			12			
Iris sibirica							2	6	10	1						
Willemetia stipitata			12				2	9	5	4						
Cardamine pratensis				3	8	4	36	12		40	8					
Myosotis nemorosa							37	25	30	**57**	8					
Myosotis palustris subsp. *laxiflora*							12			19	15					
Ranunculus auricomus agg.							23	34	10	45	31					
Carex cespitosa							2		5	5	15					
Carex flava							6	3		11						
Equisetum palustre					8	4	12	9		30	46					
Mentha arvensis	22	4			8	8	5	12	5	14						
Galium uliginosum			38			4	12	**62**	**90**	**65**		20	25		17	
Cirsium palustre			25	9	8	4	31	**53**	**60**	**72**	23			+		
Selinum carvifolia								3	10	1						
Anemone nemorosa				3				25	5	11	23		12			
Equisetum sylvaticum				3			3	19	10	13						
Bistorta major			75	3			20	**50**	45	45	15	20	**75**		33	
Knautia dipsacifolia							1	3	15	1			12			
Carex brizoides					8		11	28	**60**	13	38	40				
Stellaria nemorum								3	5			20				
Salix cinerea			12				1	3	10	1						
Galeopsis tetrahit agg.	11			9		4	1	12	20	2	8					
Pinus sylvestris	11									1						
Succisa pratensis			12	9			2	6	20	5						
Senecio ovatus		4	12					3	30	1				+		
Epilobium angustifolium		4			17				5	4			12	+		
Potentilla erecta	11	4	**75**	47			7	**59**	**75**	40			**75**	+	17	
Cirsium heterophyllum	11	4	**75**	3	17		6	31	**85**	2		20	25	+		
Ligusticum mutellina			38				1	3	10				38			
Salix caprea			12						5					+		
Nardus stricta			**50**	26			2	16	25	7			**100**	+	**50**	
Avenella flexuosa			**50**	3				6	10	1			**100**		**50**	
Hieracium lachenalii			12											+		
Homogyne alpina			12										12		17	
Luzula multiflora			25	3				3	10	1			**62**		17	
Sorbus aucuparia					8								12	+	17	

Klasifikační skupina	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**	**K**	**L**	**M**		**N**	
označení skupiny podle TWINSPAN	***0000**	***0001**	***0010**	***0011**	***0100**	***0101**	***0110**	***0111**	***1000**	***1001**	***1010**	***1011**	***1100**	***1101**	***1110**	***1111**
Arnica montana			38					6		1			25			
Galium saxatile			12	3			1	6	10				12	+		
Galeopsis bifida			12		8			3		1			12			
Carex sp.div.	11			3			1		5	1						
Luzula pilosa	11													+		
Betula pendula	22	15		6			1	6		10				+		
Festuca ovina		8						3	15							
Carex panicea				12			5	31	20	40			25			
Angelica sylvestris	11			18	8		24	**53**	**55**	**64**	46					
Juncus effusus			12				19	19	40	**64**	8			+		
Picea abies	11		12					6	15				12	+	17	
Melampyrum pratense		4	12										12	+	**67**	
Calamagrostis villosa									10				38	+	**50**	
Gentiana pannonica			12						5				25			
Calluna vulgaris			12					3	5	1				+	33	
Vaccinium vitis-idaea									5				12		33	
Carex nigra							23	19	15	**64**	8		**50**		**83**	
Juncus filiformis			12				10	12	40	24			38		**50**	+
Betula pubescens			12					3	15	2			12	+		+
Molinia caerulea			12	6			2	22	30	25	8		25		33	
Tephroseris crispa							2	3	10	31	8					
Viola palustris			25					6	35	37						+
Carex rostrata									25	37	15				**50**	
Equisetum fluviatile										35	8					
Eriophorum angustifolium								3		13						
Epilobium palustre									30	6						
Scutellaria galericulata							1		10	6	8					
Valeriana dioica							2	6	5	17			12			
Agrostis stolonifera				3			5	3	10	29					17	
Carex canescens										12			12			+
Carex echinata							1	3		19						
Epilobium ciliatum							3		10	5						
Crepis paludosa								9	5	23						
Carex hartmanii								9		14						
Ranunculus flammula							2			14						
Dactylorhiza majalis								3		11						
Valeriana officinalis							1		10	2						

Klasifikační skupina	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**	**K**	**L**	**M**		**N**	
označení skupiny podle TWINSPAN	***0000**	***0001**	***0010**	***0011**	***0100**	***0101**	***0110**	***0111**	***1000**	***1001**	***1010**	***1011**	***1100**	***1101**	***1110**	***1111**
Galium palustre							8	6	5	43	15					
Stellaria alsine							2			11						
Caltha palustris subsp. *laeta*					8		11	9	5	**81**	**85**					
Geum rivale							1	9		16	8					
Scirpus sylvaticus							10	12	25	**52**	**77**			+		
Lysimachia vulgaris				6	8		5	22	15	41	**54**					
Carex vesicaria							5	3		18	23	20				
Impatiens noli-tangere										1		20				
Filipendula ulmaria				3	17	4	29	28	**55**	**59**	**92**	**80**				
Chaerophyllum hirsutum			12		8		8	6	5	17	46	20				
Scrophularia nodosa									5	2		20				
Aconitum variegatum			12						15							
Poa chaixii			12					3	40			20				
Polemonium caeruleum									25			20				
Thalictrum aquilegiifolium									25			20				
Carex buekii							1		30							
Silaum silaus							1		20	1						
Galeopsis sp. div.				3				3	20	4		40				
Phalaris arundinacea							7	6	25	6	23	**80**				
Impatiens glandulifera												20				
Milium effusum												20				
Myosoton aquaticum												20				
Spiraea salicifolia												20				
Lamium maculatum							1					40				
Oxycoccus palustris										1					**50**	
Trientalis europaea										2			12		**67**	
Luzula sylvatica													12			
Andromeda polifolia															17	
Trichophorum cespitosum															33	
Eriophorum vaginatum															**100**	+
Vaccinium uliginosum									5	1			12		**83**	

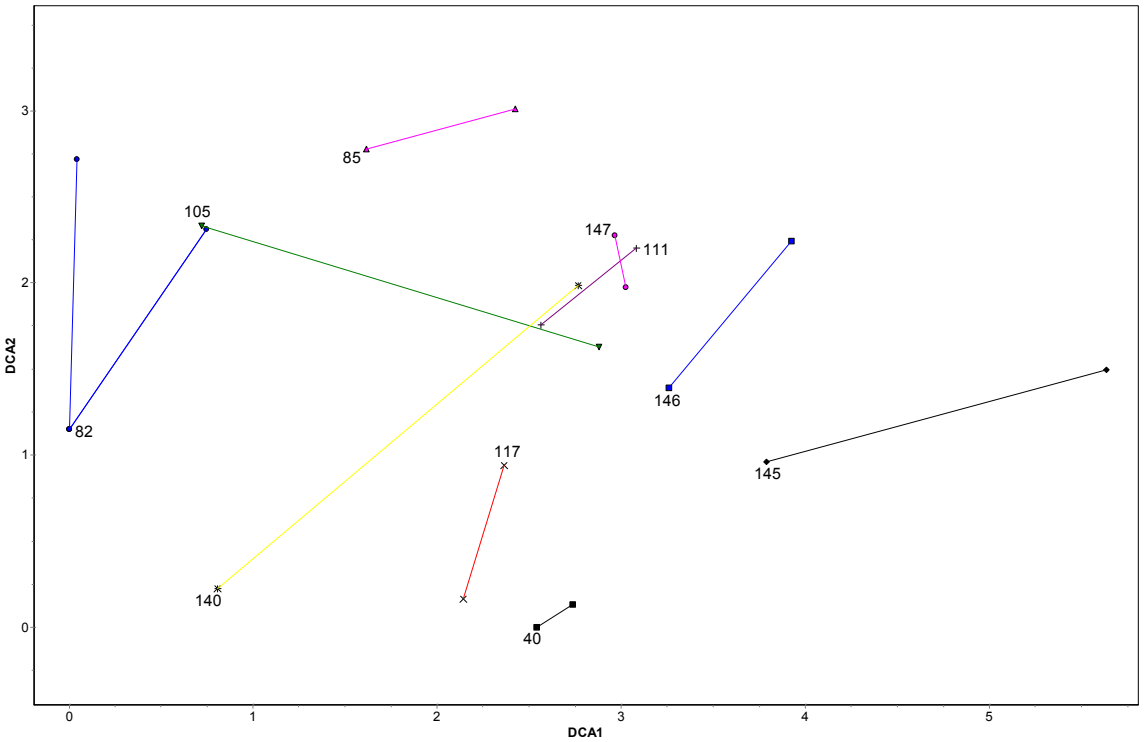
Tabulka 5. Průměrná pokryvnost dřevin (suma pro keřové a bylinné patro, data v %) v porostech se zmlazením dřevin s rozlišením snímků podle klasifikačních skupin TWINSPAN.

Klasifikační skupina TWINSPAN (Obr. 13)	***0000**	***0001**	***0010**	***0011**	***0100**	***0101**	***0110**	***0111**	***1000**	***1001**	***1010**	***1011**	***1100**	***1101**	***1110**	***1111**
Počet snímků	7	15	4	6	2	3	7	9	8	19	1	4	1	1	1	1
Acer pseudoplatanus		0.02	0.02	0.02	0.5		0.34			0.01						
Alnus glutinosa										0.1						
Alnus incana								0.13								
Betula pendula	0.59	0.41		0.5			0.01	0.03		0.35				0.32		
Betula pubescens			0.03					0.02	0.14	0.05			0.51	**1.6**		**1.1**
Corylus avellana		0.04														
Crataegus × macrocarpa	0.21															
Crataegus monogyna	0.21	0.39														
Crataegus sp. div.	0.02	0.15														
Fraxinus excelsior										0.02						
Picea abies	0.09		0.012					0.01	0.08	0.03			**10**	**6.5**	**3.1**	
Pinus sylvestris										0.01						
Populus tremula	0.23	0.24	0.06	**1**			0.08	0.35		0.01		1.1		0.32		
Prunus avium		0.22	0.02	0.01	0.02											
Prunus padus									0.07		**3**					
Prunus spinosa	**2.7**	0.04														
Quercus robur	0.03	0.42		0.12		0.12				0.43						
Robinia pseudacacia					0.13											
Rosa sp. div.	0.03	0.39		0.03	**1.5**		0.04									
Rubus fruticosus agg.		0.51				0.10	0.05	0.01				0.13				
Rubus idaeus	0.01	0.03	**15**	0.18	**5.2**	0.08	0.86	**1.7**	0.25	0.12		**1.2**		**1.6**		
Salix caprea			0.01						0.01			0.25		0.32		
Salix cinerea			0.16				0.18	0.43	0.09	0.01						
Salix fragilis									0.07							
Salix pentandra									0.07							
Salix sp. div.		0.13					0.01	0.03		0.26						
Sambucus nigra					0.38											
Sambucus racemosa			0.07													
Sorbus aucuparia					1								0.1	0.32	0.42	
Spiraea salicifolia												0.07				

Změny druhového složení rostlinných společenstev na loukách a v obdobných ekosystémech Šumavy

V průběhu let 1983 až 2010 bylo opakovaně snímkováno 80 lokalit, na nichž bylo zapsáno 162 snímků. První snímkování ve většině případů proběhlo mezi lety 1983 až 1990, druhé pak od roku 2004. Tyto snímky byly vyhodnoceny v rámci zpracování celé fytocenologické databáze (viz předchozí kapitola). Pro podrobnější zpracování bylo vybráno 75 snímků z 37 lokalit, u nichž oba (všechny) zápisy byly zařazeny do stejné klasifikační skupiny dle procedury TWINSPAN na čtvrté klasifikační hladině.

Zajímavý je pohled na vývoj druhové bohatosti a diversity při rozdělení ploch do klasifikačních skupin. Zatímco ve skupinách *00 a *01 počet druhů v bylinném patru se průměrně mírně zvýšil nebo se prakticky nezměnil (*00: 31,3 → 35,7; *01: 29,1 → 30,8), ve skupině *10 došlo k poklesu (26,2 → 24,9). Obdobně tomu bylo u celkové diversity hodnocené Shannon-Wienerovým indexem (*00: 3,54 → 3,78; *01: 3,59 → 3,68; *10: 3,32 → 3,18). Zdá se tedy, že změny na mokrých loukách svazu *Calthion* jsou více nepříznivé nežli u lokalit suchých (svaz *Arrhenatherion*) nebo mírně vlhkých (svaz *Deschampsion*). Toto zjištění podtrhuje skutečnost konstatovanou již dříve, že na mnoha lokalitách byl pozorován úbytek vody v půdním profilu a to jak na základě ústupu vizuálně hodnoceného zamokření, tak za pomoci bioindikace.



Obr. 14. Ordinační prostor prvých dvou os DCA s umístěním dvojic opakovaných fytocenologických snímků z mokrých luk klasifikační skupiny *10 (svaz *Calthion*). Začátek každé zobrazené trajektorie odpovídá snímku z 80. let 20. století a je popsán číslem lokality.

Plochy, jejichž fytocenologické snímky z obou období odpovídaly klasifikační skupině *01 (40 snímků z 20 lokalit, celkem zaznamenáno 177 druhů bylinného patra) byly analyzovány metodou CCA, přičemž jako environmentální faktor se uplatnil rok zápisu snímku. Ukazuje se, že tato metoda nedokáže dobře odhalit nějaký obecný trend ve vývoji druhové struktury těchto společenstev (Monte-Carlo test udává pravděpodobnost p = 0,274, první ordinační osa korelovaná s rokem zápisu popisuje pouze 2,7 % celkové variability druhových dat, r = 0,805).

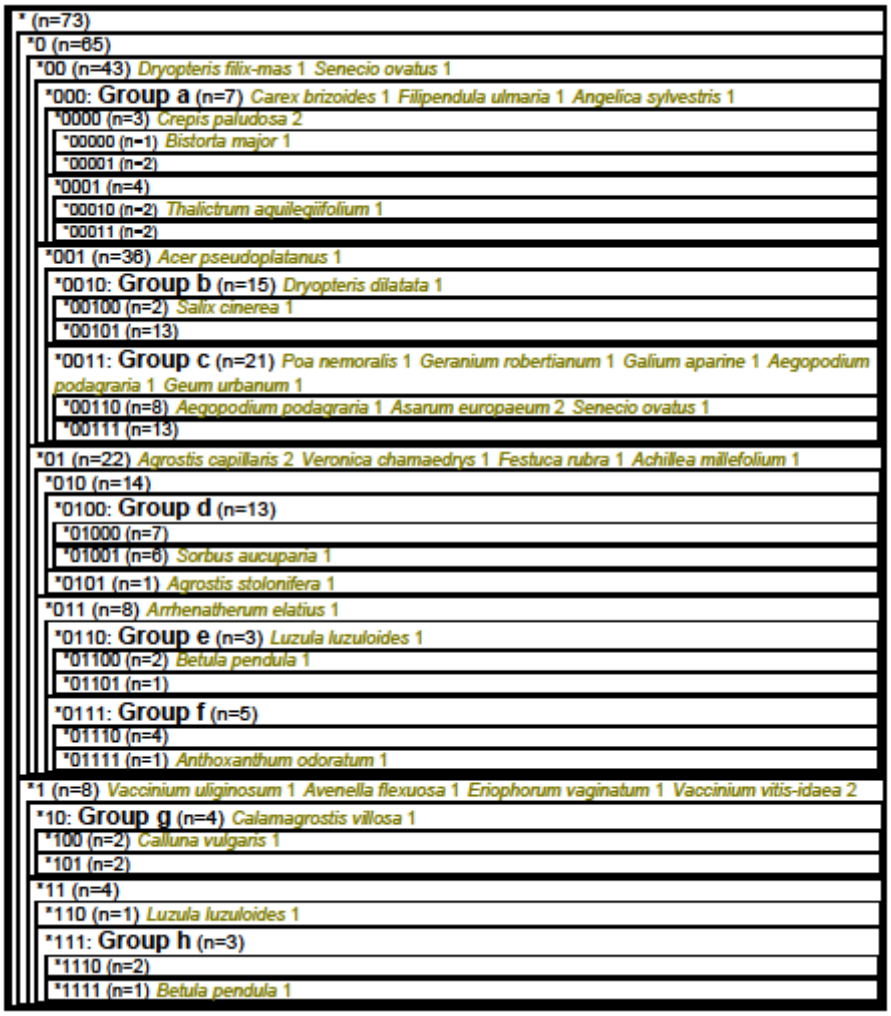
Přesto se při bližším prozkoumání dat ukázalo, že z druhů častěji se vyskytujících, jejichž přítomnost na plochách se s časem zvyšovala, je možno jmenovat *Anthriscus sylvestris*, *Carex hirta*, *C. nigra*, *C. ovalis*, *C. pallescens*, *Phleum pratense*, *Plantago lanceolata*, *Poa palustris* a *Trisetum flavescens*. Naopak snížení výskytu bylo možno pozorovat například u *Agrostis capillaris*, *Achillea millefolium*, *Angelica sylvestris*, *Bistorta major*, *Festuca rubra* a *Ranunculus auricomus* agg. To ukazuje na pravděpodobné zvyšování míry ruderalizace těchto porostů. Společně s uvážením změn druhové diversity (viz výše) lze uvažovat o probíhající první fázi ruderalizace, kdy nástup nových (ruderálních) druhů je silnější nežli úbytek druhů původních.

Obdobně koncipovaná přímá gradientová analýza CCA pro klasifikační skupinu *10 (21 snímků z 10 lokalit, celkem 128 druhů bylinného patra) neprokázala jednoznačný vliv na druhovou strukturu společenstva (p = 0,768 pro Monte-Carlo test). Je to způsobeno skutečností, že vývoj na různých plochách probíhal odlišně, jak je patrno z rozdílnosti směru posunu plochy v rámci ordinačního prostoru DCA v průběhu sledovaného období (Obr. 14). V případě, že základní klasifikační skupina TWINSPAN se změnila, pak v rámci skupiny *01 došlo k průměrnému snížení druhové bohatosti a to jak v případech změny *01 → *00 (36,0 → 33,3; n=3) a *01 → *10 (27,0 → 23,4; n=5), tak při změnách na vyšší nežli druhé hladině: *01 → *01 (34,2 → 32,2; n=9).

Sukcese dřevin v bývalém bezlesí na Šumavě

Po vyloučení kosení a pastvy dochází v travních společenstvech k procesům sekundární sukcese. V první etapě dochází ke změně druhové skladby bylinné etáže a současně s tím nebo s určitým časovým odstupem dojde ke vstupu prvních druhů dřevin, které se několik let uplatňují pouze v rámci bylinné etáže nebo vytvářejí silně nezapojené nízké keřové patro. Taková společenstva jsou v české literatuře označována jako luční lada (BLAŽKOVÁ 2001, 2003). Ta byla klasifikována společně s kosenými a obdobnými společenstvy v předchozí kapitole, protože jejich struktura je často velmi blízká výchozím společenstvům a lze je řadit i v rámci curyšsko-montepellierského syntaxonomického systému. Na suchých lokalitách v teplejších částech území byly často zjištěny dřeviny *Betula pendula*, *Crataegus monogyna*, *Quercus robur*, *Rosa dumalis* subsp. *subcanina*, *Crataegus* × *macrocarpa* (případně další druhy rodu), *Prunus avium* a *Prunus spinosa*. Ve vyšších polohách a na zamokřených lokalitách to byla užší skupina druhů z nichž byly významnější *Salix caprea*, *Populus tremula* a zvláště *Picea abies* (Tabulka 4). Je zajímavé, že ve středních polohách byl jinak běžný *Acer pseudoplatanus* zjištěn pouze v bylinném patře nebo již jako vzrostlý strom. Přerůstání této dřeviny do keřového patra totiž může být limitováno okusem srnčí zvěří. Přehled všech druhů dřevin vyskytujících se v porostech bez rozvinutého keřového nebo stromového patra je uveden v Tabulce 5. Celkem bylo v těchto porostech identifikováno 28 druhů dřevin, z toho 15 druhů potenciálně stromového vzrůstu a 13 druhů keřů. Nejširší ekologickou amplitudu z nich vykazuje často hojně rozšířený *Rubus idaeus*. Dále se s vyšší průměrnou pokryvností objevují v nižších a teplejších polohách *Prunus spinosa*, *Populus tremula* a *Rosa* sp. div. (zvláště *R. dumalis*), na svěžích půdách *Prunus padus*. Vyšší nadmořské výšky jsou typické hojným výskytem *Picea abies* a *Betula pubescens*.

Z databáze všech fytocenologických snímků byly dále vybrány takové, kde byla pokryvnost stromového patra vyšší nebo rovna 5 % nebo pokryvnost keřového patra byla vyšší než 5 %. Současně byly vyloučeny snímky s pokryvností keřového patra vyšší než 50 %, protože taková společenstva představují typické křoviny a jejich hodnocení by bylo potřebné provádět samostatně, současně však aktuální databáze neobsahuje dostatečné množství takových zápisů pro analýzu. Celkem se jednalo o 73 snímků. Podmnožinou těchto snímků byly zápisy z mezí hodnocené v samostatném článku (MATĚJKA 2010d).



Obr. 15. Klasifikace sukcesních společenstev Šumavy s významnou účastí dřevin. Uveden je počet snímků v každé skupině (n) a druhy - identifikátory členění s příslušnou hladinou jejich zastoupení (cut-level 1 – pokryvnost > 0 %, 2 – pokryvnost >1 %, 3 – pokryvnost >10 %, 4 – pokryvnost >31.62 %, 5 – pokryvnost >56.23 %).

Pomocí klasifikace TWINSPAN bylo rozlišeno celkem 8 typů společenstev (Obr. 15). Jednotlivé typy byly charakterizovány v práci MATĚJKA (2010e) následovně:

Group a (TWINSPAN class *000, 7 relevés) - secondary forests on alluvial wet soils, *Alnus incana* and *Salix fragilis* prevails in the woody strata (*Alnus glutinosa* in lower altitudes). The potential vegetation belongs into the alliance *Alnion incanae*. It contains balks of the type *Alnus incana - Prunus padus*. Constant species with frequency 75% or more are represented by the group *Urtica dioica*, *Filipendula ulmaria*, *Carex brizoides* and *Angelica sylvestris*.

Group b (TWINSPAN class *0010, 15 relevés) - secondary cultivated forests with *Picea abies* or *Pinus sylvestris*. Regeneration of *Sorbus aucuparia* and *Fagus sylvatica* is common. Ground vegetation can be limited as the consequence of the high tree canopy density in some plots. Historical land-use is variable (pastures, arable land, meadows, and forests). Constant species are *Sorbus aucuparia*, *Mycelis muralis*, *Senecio ovatus*, *Oxalis acetosella* and *Vaccinium myrtillus*.

Group c (TWINSPAN class *0011, 21 relevés) - broadleaved balk communities on relatively rich soils, type *Acer pseudoplatanus - Corylus avellana* (3 relevés were classified as the type *Betula pendula - Agrostis capillaris*). Sites are localized on slopes, soils are often with stony boulders. Species *Acer pseudoplatanus*, *Betula pendula*, *Populus tremula*, *Fraxinus excelsior*, *Fagus sylvatica* and *Quercus robur* can be the tree dominant. Constant species are *Sorbus aucuparia* (regeneration), *Galium aparine*, *Urtica dioica*, *Geranium robertianum*, *Poa nemoralis*, *Acer pseudoplatanus* and *Corylus avellana* (mainly in the shrub layer).

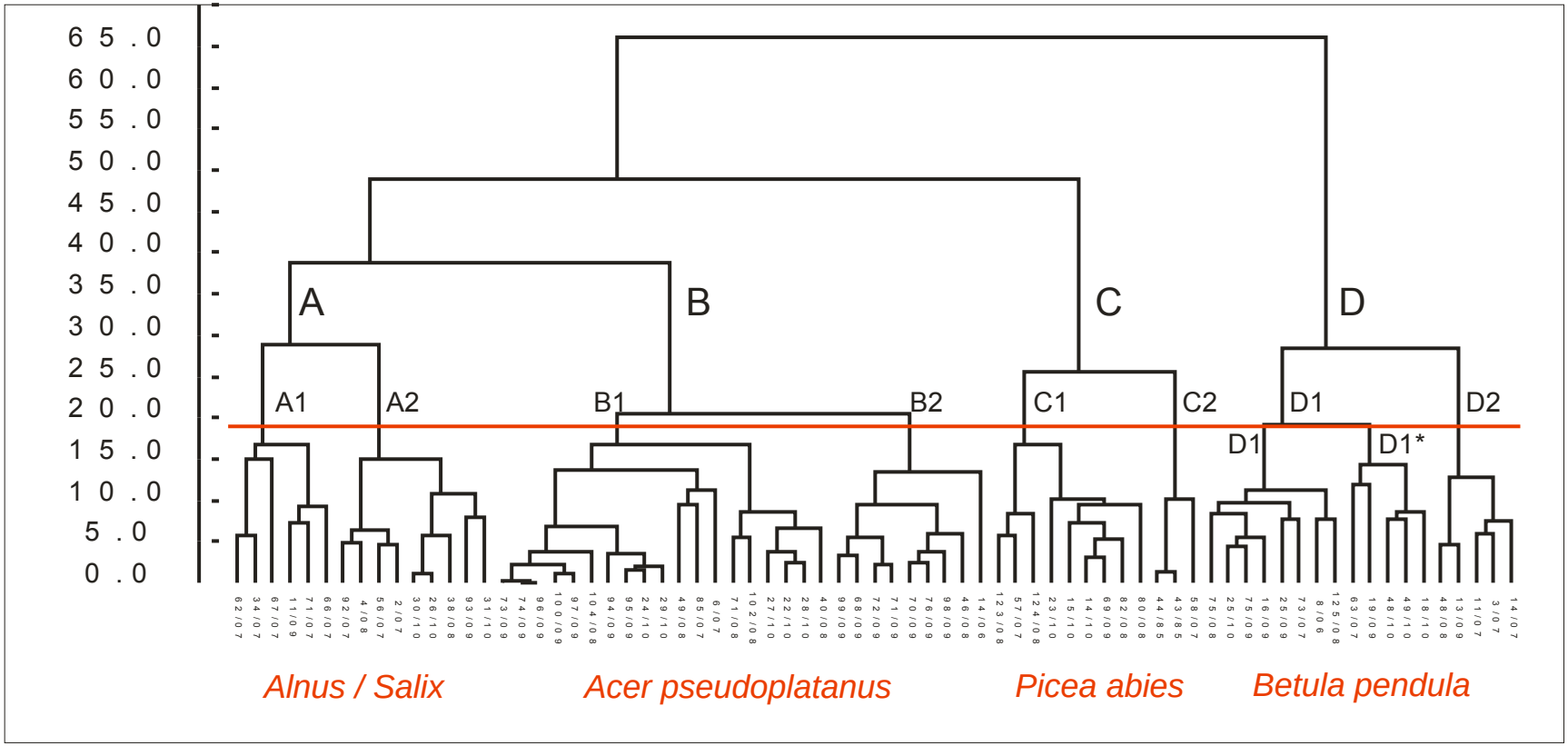
Group d (TWINSPAN class *0100, 13 relevés) - heterogeneous group of secondary forest and balks on dry to moderately wet soils. Balk communities were classified into different types, mainly into type *Betula pendula - Agrostis capillaris*. Beside birch, *Picea abies*, *Pinus sylvestris* and *Salix caprea* were found as the tree dominants. Constant species are *Veronica chamaedrys*, *Agrostis capillaris*, *Festuca rubra* and *Potentilla erecta*.

Localities were found in altitudes above 740 m a.s.l. Communities of this group are typical Norway spruce succession in the grasslands, where spruce is individually scattered within the plot.
Group e (TWINSPAN class *0110, 3 relevés) represents light balks in altitudes less than 730 m a.s.l., which are similar to the group d. Dominant tree species was *Betula pendula* or *Quercus robur*. *Luzula luzuloides*, *Fagus sylvatica*, *Acer pseudoplatanus*, *Campanula persicifolia*, *Prunus avium*, *Arrhenatherum elatius*, *Veronica chamaedrys* and *Agrostis capillaris* were found in the herb layer of all sites. This group was created by the well-developed balk communities of the type *Betula pendula - Agrostis capillaris*.
Group f (TWINSPAN class *0111, 5 relevés) was found in localities of grasslands of alliance *Arrhenatherion elatioris* with sparse woody species (*Crataegus* sp. div., *Quercus robur*, *Betula pendula*, *Picea abies*); altitudes less than 720 m a.s.l. (mainly less than 500 m a.s.l.). Soil is relatively rich comparing the previous group, often with stones. The sites are importantly sloped. Constant species are *Anthriscus sylvestris*, *Arrhenatherum elatius*, *Knautia arvensis*, *Poa pratensis*, *Plantago lanceolata*, *Achillea millefolium*, *Veronica chamaedrys*, *Agrostis capillaris* and *Festuca rubra*.
Both groups e and f represent sites in the lowest altitudes.
Group g (TWINSPAN class *10, 4 relevés) represents the succession of *Picea abies* or *Betula pendula* in the plots with moderately wet soil, prevailing in the Norway spruce altitudinal zone. Balks were classified as the *Picea abies - Calamagrostis villosa* type. Constant species were *Sorbus aucuparia* (regeneration in the herb layer), *Avenella flexuosa*, *Calamagrostis villosa*, *Melampyrum pratense*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *Vaccinium uliginosum* and *Trientalis europaea*.
Group h (TWINSPAN class *111, 3 relevés) represents successional stages on the soil type organosol. Birch *Betula pubescens* was dominant, *Pinus sylvestris* was presented. No rowan regeneration was observed here. Canopy is opened. Group of constant species: *Avenella flexuosa*, *Calluna vulgaris*, *Vaccinium uliginosum* and *Eriophorum vaginatum*. The communities can be classified in the alliance *Sphagnion medii*.
Communities of the groups d, g and h occupy localities in the highest altitudes (745 to 1160 m a.s.l.). Both groups g and h are the poorest in number of species. The last group of communities shows the lowest species diversity (Shannon-Wiener's index H=1.6 to 2.1).

Pro druhý způsob zpracování dat o složení společenstev byla vybrána Wardova hierarchická aglomerativní klasifikace s kvadrátem euklidovské distance (Obr. 16). Ukazuje se, že takový výsledek je plně konzistentní s klasifikací společenstev mezí (MATĚJKA 2010d). Došlo k výraznému rozlišení čtyř typů, pro které jsou typické dominantní dřeviny účastnící se v rámci sukcese. Jedná se o (A) společenstva na vlhkých půdách s *Alnus incana* (*A. glutinosa*) a různými druhy rodu *Salix* (mimo *Salix caprea*), (B) společenstva s *Acer pseudoplatanus* tvořící nejčastější typ sukcese ve středních nadmořských výškách, (C) společenstva s *Picea abies* typická pro vyšší nadmořské výšky a (D) společenstva s *Betula pendula* na chudých půdách. Pro jednotlivé typy společenstev je též charakteristické jejich rozmístění v různých nadmořských výškách (Tabulka 6).

Tabulka 6. Rozšíření sukcesních společenstev s dřevinami podle nadmořských výšek (m) při jejich rozdělení do klasifikačních skupin získaných pomocí dvou numerických metod. Žlutě jsou označeny typické kombinace klasifikačních skupin. Viz též prezentace na http://www.infodatasys.cz/presentation_en/AktualitySV2010.pdf.

		TWINSPAN (Obr. 15)								
		a	**b**	**c**	**d**	**e**	**f**	**g**	**h**	
Wardova metoda (Obr. 16)	**A1**	600-872			745-769					600-872
	A2	454-750		612-792						454-792
	B1		655-838	563-832	781	495	717			495-838
	B2		637-756	699						637-756
	C1		870-930	712	1160			745-1127		712-1160
	C2								746-906	746-906
	D1			737-958	773-1064	725				725-1064
	D1*				766-961					766-961
	D2					715	435-634			435-715
		454-872	637-930	563-958	745-1160	495-725	435-717	745-1127	746-906	435-1160



Obr. 16. Klasifikace sukcesních společenstev Šumavy s významnou účastí dřevin pomocí Wardovy metody s kvadrátem euklidovské distance jako mírou nepodobnosti. Data logaritmicky transformována.

Celkem bylo zaznamenáno 47 druhů dřevin (Tabulka 7), z nichž pouze *Larix decidua*, *Pinus strobus* a *Pseudotsuga menziesii* lze považovat za cizí prvky. Tyto tři druhy však byly zjištěny pouze ve stromovém patře a lze tedy jejich výskyt považovat za důsledek umělé výsadby. Skoro polovina všech zjištěných druhů (20) je tvořena keřovitými dřevinami, které nevstupují do stromové etáže a tedy ani v budoucnosti na sledovaných lokalitách nebudou tvořit edifikátory společenstva.

Tabulka 7. Frekvence výskytu (v %) druhů dřevin v sukcesních společenstvech Šumavy.

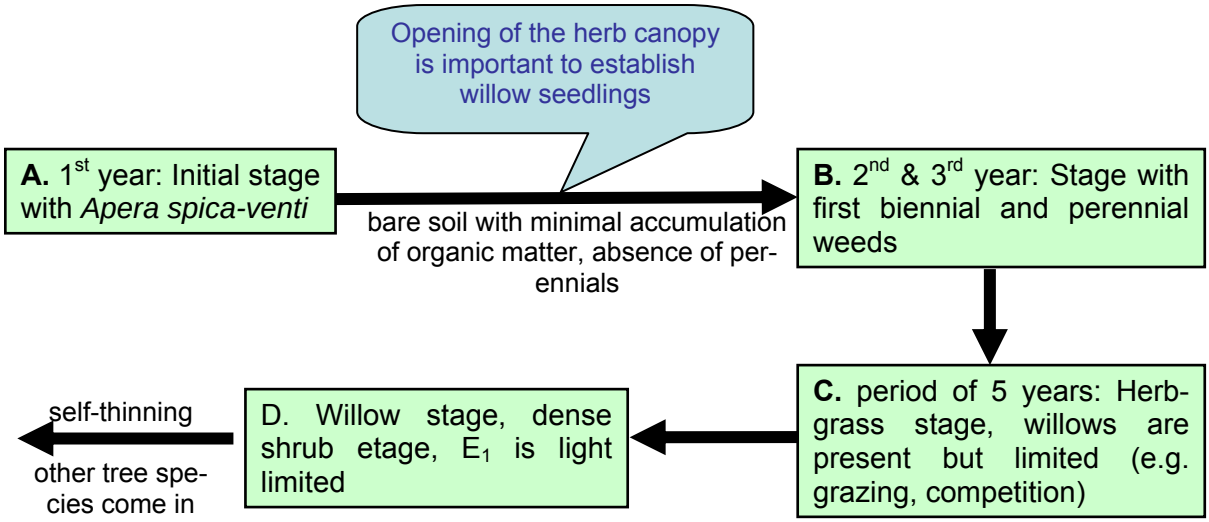
Klasifikační skupina TWINSPAN (Obr. 15)		**a**	**b**	**c**	**d**	**e**	**f**	**g**	**h**
Druh	**Etáž**								
Abies alba	3		20						
	1		20	5	8				
Acer platanoides	2	14		5					
	1			14					
Acer pseudoplatanus	3	14	13	43	8				
	2			38		33			
	1		73	76	31	100	20	25	
Alnus glutinosa	2				8				
Alnus incana	3	86			8				
	2	43		5	8				
	1	29							
Betula pendula	3	29	20	62	46	67	20	25	
	2	14	7	10	38	33		25	33
	1		20	10	23	67			33
Betula pubescens	3				15				33
	2				38				100
	1		13		15				67
Cornus sanguinea	2	14							
Corylus avellana	2	14	27	95					
	1	14	60	48	8	33			
Crataegus × macrocarpa	3			5					
	2			19					
Crataegus laevigata	2			14			20		
Crataegus monogyna	2			14			20		
Crataegus sp. div.	2						20		
	1		13	19	8	67			
Cytisus scoparius	2						20		
	1					33			
Daphne mezereum	1		20	10					
Euonymus europaea	2	14					40		
Fagus sylvatica	3		20	5					
	2		7	5		67			
	1		67	33	8	100	20		
Frangula alnus	2		13	19	8			25	
	1		60	14				25	
Fraxinus excelsior	3			14					
	2			19		33	20		
	1		33	33	8	67			
Juniperus communis	1			5				25	
Larix decidua	3		13						
Lonicera nigra	2			5					
	1		7						
Picea abies	3	43	100	10	38		20	50	
	2	14	67		54			75	33
	1		33	5	54	67		50	
Pinus strobus	3	14							
Pinus sylvestris	3		40	19	23			25	
	2				15				33
	1		7		8	33			33
Populus tremula	3	29	13	19	23				
	2	14		10	23		20		
	1		7	33	31	33			
Prunus avium	3			33	8				
	2		7	19			20		
	1		20	43		100			
Prunus padus	3	29							
	2	71		14					

Klasifikační skupina TWINSPAN (Obr. 15)		**a**	**b**	**c**	**d**	**e**	**f**	**g**	**h**
Druh	**Etáž**								
	1			5					
Prunus spinosa	2			29			40		
	1			5		33	60		
Pseudotsuga menziesii	3		7						
Pyrus communis	2						20		
Quercus petraea	3			10					
	1						20		
Quercus robur	3			33		33			
	2			5		33	60		
	1		47	38	8	100	60		
Rosa dumalis subsp. *subcanina*	2			19			60		
	1			38		67	40		
Rosa pendulina	1	14							
Rubus fruticosus agg.	1		53	10		67	20		
Rubus idaeus	1	43	67	52	46	33			
Salix alba	3	14							
Salix caprea	3	14		5	8				
	2	43			23				
	1				15				
Salix cinerea	2	14	7		15				
	1	14	13		23				
Salix fragilis	3	57							
	2	29							
Salix pentandra	2	14							
Salix purpurea	2	14			15				
	1				8				
Sambucus nigra	2			19					
	1		7	5	8				
Sambucus racemosa	2		13	5					
	1		47						
Sorbus aucuparia	3	14	7	19					
	2		7	24	8		20	50	33
	1	29	100	76	46	33	20	100	
Tilia cordata	3			10					
	1			10					
Ulmus glabra	3			5					
	2			5					
	1		7	5					

Poznámky k sukcesním schématům v sekundárním bezlesí na Šumavě

Na základě dříve provedené studie sukcese na opuštěných polích (MATĚJKA 1998) je možno popsat sukcesní model se vstupem dřevin do ekosystému, přičemž tyto dřeviny (zpravidla jeden dominantní druh) se začínají objevovat rovnoměrně a ve velkém počtu po celé ploše a to v jediném okamžiku. Příklad takové sekundární sukcese je na Obr. 17 reprezentován *Salix caprea*. Obdobně však vznikala na Šumavě řada porostů s *Betula pendula* nebo *Alnus glutinosa*. Podmínkou pro vznik těchto porostů je výskyt určitého okamžiku, kdy je původní porost na celé ploše intenzivně disturbován (například po záplavě) nebo jedna populace (zpravidla efemérní) jednorázově odumírá (studovaný příklad *Apera spica-venti*).

Tento sukcesní model se značně liší od vstupu dřevin do takzvaných lučních lad (BLAŽKOVÁ 2001, 2003), kdy nacházíme jedince dřevin zpravidla nerovnoměrně rozptýleny na ploše. Tento druhý typ sukcese je popisován dále na příkladu vstupu *Picea abies* do horských luk na Šumavě. Obdobně vzniklé porosty byly v rámci projektu BiodivKršu studovány rovněž na Medvědí hoře (BEDNAŘÍK ET MATĚJKA 2011). Pokus o srovnání obou sukcesních modelů je proveden v Tabulce 8.



Obr. 17. Schéma sukcese dřevin na opuštěných polích v jižních Čechách - typ *Salix caprea*.

Tabulka 8. Srovnání základních sukcesních typů s dřevinami.

Typ	**"Time window"**	**"Space (gap) window"**
Representant	*Betula pendula* / *Salix caprea*	*Picea abies*
Počáteční podmínky:		
• Početnost mezer	velmi časté	řídké
• Variabilita podmínek prostředí	homogenní	heterogenní
• Význam mikrostanovišť	nejsou diferencována	významné
• Klíčení a vzcházení dřevin	jediná časová vlna	v průběhu delšího období
• Typický iniciální biotop	orná půda	louka / pastvina
Výsledné rostlinné společenstvo:		
• Stromové patro	uzavřené, husté	otevřené, rozptýlení jedinci
• Věková struktura	stejnověké	různověké
• Změna prostorové heterogenity	dlouhodobě konstantní, až po delší sukcesi se může zvyšovat	rychlý vzrůst je následován delším obdobím s vysokou heterogenitou, poté může dojít k poklesu heterogenity

Sukcese smrku na dříve zemědělských půdách na Šumavě

Metodika

Pro podrobnou analýzu byly vybrány čtyři plochy, tři v severozápadní části Šumavy v nadmořských výškách okolo 1100 m, tyto lokality se nacházejí v 7. lesním vegetačním stupni, jedna plocha leží v jihovýchodní části Šumavy v nivě Studené Vltavy v nižší nadmořské výšce odpovídající 5. lesnímu vegetačnímu stupni.

Každá kruhová plocha má velikost 2500 m^2. Na každé ploše byl zapsán fytocenologický snímek. Poloha všech jedinců vyšších než 0,5 m byla zaměřena technologií Field-Map, současně byla zaznamenána jejich výška a výčetní tloušťka (ta byla počítána na základě obvodu kmene). Významní jedinci rostoucí v blízkosti za hranicí plochy byli rovněž zaměřeni, do počtu jedinců na ploše však nebyli počítáni. Střed každé plochy byl zaměřen přesnou GPS tak, aby bylo možno provést projekci naměřených pozic na ortofotomapu v prostředí GIS.

Historie užití země byla popsána na základě map stabilního katastru. Jejich indikační skicy byly skenovány a transformovány v prostředí GIS do souřadného systému S-JTSK.

Vyhodnocení struktury etáže dřevin proběhlo především s ohledem na výškovou distribuci jedinců.

Pozornost byla věnována rovněž vyhodnocení shlukovitosti výskytu dřevin v rámci prostorové struktury jejich populace. Pro tento účel byla využita hierarchická klasifikace metodou nejbližšího souseda. Tato klasifikace dokáže identifikovat relativně souvislé shluky bodů v prostoru bez ohledu na celkovou velikost shluku. Jednotlivé shluky tak mohou mít různý tvar - pokrývají různé plošné útvary od kompaktních konvexních tvarů až po velmi složité protáhlé útvary. Velikost shluků byla identifikována prostřednictvím grafů, kde je proti pořadovému indexu shlukování vynesena hladina nepodobnosti. Pokud existují na ploše shluky jedinců o určité velikosti

(dané maximální hodnotou vzdálenosti mezi sousedními jedinci), pak se to projeví v grafu určitou náhlou (skokovou) změnou.

Výsledky

Fytocenologické snímky jsou uvedeny v Tabulce 9. Rostlinná společenstva na prvních třech lokalitách v 7. LVS mají obdobnou strukturu jako společenstva na Medvědí hoře, která vznikla sukcesí na ploše v minulosti vykáceného lesa, která byla následně řadu let pravidelně pasena (BEDNAŘÍK ET MATĚJKA 2011).

Obdobně jako v případě lesních ekosystémů nižších nadmořských výšek na Šumavě (např. MATĚJKA 2009) se ukazuje, že zásadní význam pro sukcesi smrku má předchozí užití země, kde k sukcesi dochází, respektive jeho variabilita v prostoru. Tímto způsobem je mnohdy možné vysvětlit především tvorbu různých shluků jedinců dřevin. Ty lze často spatřit při hranicích bývalých pozemků s různým typem využití. Lokalita ZH1 byla v minulosti jediným lučním pozemkem (Obr. 18). Hustší porost se smrkem je v současnosti nalézán v okolí zvláště na místech, která byla v minulosti ornou půdou. Většinu lokality ZH2 pokrývala v minulosti louka (Obr. 24). V těchto místech jsou nyní nalézáni menší jedinci dřevin, tedy zde došlo k jejich invazi později nežli v okrajových místech, které bývaly v minulosti evidovány jako neobhospodařovaná půda nebo pole. Trochu jiná situace je představena na lokalitě HH1 (Obr. 31), kde většina lokality byla v minulosti užívána jako louka, případně spásána, na části bylo pole. Sukcese smrku je nyní do značné míry soustředěna na úzký pozemek (dříve s travním porostem) oddělující ornou půdu od velké obecní pastviny.

Zdá se tedy, že pravděpodobně docházelo k ústupu hospodaření na plochách s různým využitím v různou dobu, tedy i počátek sukcese se takto lišil na různých lokalitách podle místních hospodářských a majetkových poměrů. Přesto je významná znalost rozmístění hranic pozemků s různým hospodařením, kde se změny projevovaly nejdříve.

Tabulka 9. Základní charakteristiky výzkumných ploch a složení rostlinného společenstva na těchto plochách.

Lokalita	ZH1	ZH2	HH1	ST1
Mapový list SMO-5	Srní 1-2	Srní 1-1	Vimperk 8-2	Horní Vltavice 1-5
snímek	14/10	17/10	15/10	18/10
Datum	24.6.2010	28.6.2010	25.6.2010	29.6.2010
Nadmořská výška (m)	1134	1080	1161	766
Sklon (°)	10	10	5	0
Expozice (°)	90	80	90	-
Průměrná teplota vzduchu (°C)	4,00	4,15	3,80	6,00
Soubor lesních typů	7 K	6/7 K	7 K	6 L
Pokryvnost E_0 (%)	5	15	25	5
Pokryvnost E_1 (%)	90	90	95	95
Pokryvnost E_2 (%)	1	2	1	7
Pokryvnost E_3 (%)	8	1	15	0
E_3:				
Picea abies	8	0.9	15	
Acer pseudoplatanus		0.1		
E_2:				
Picea abies	0.3		0.99	6.7
Sorbus aucuparia	0.7	1.4	0.01	
Acer pseudoplatanus		0.6		
Populus tremula				0.07
Salix caprea				0.07
Salix cinerea				0.21
E_1:				
Acer pseudoplatanus	r	+-1		
Agrostis capillaris		+	+-1	1
Achillea millefolium				+-1
Alchemilla vulgaris agg.				+
Alopecurus pratensis				+-1
Anthoxanthum odoratum			+-1	
Arnica montana		r	+-1	
Avenella flexuosa	2	2	2	
Avenula pubescens				+
Betula pendula		r		
Bistorta major	r	+		1
Calamagrostis epigejos		(r)		
Calamagrostis villosa	+	+		

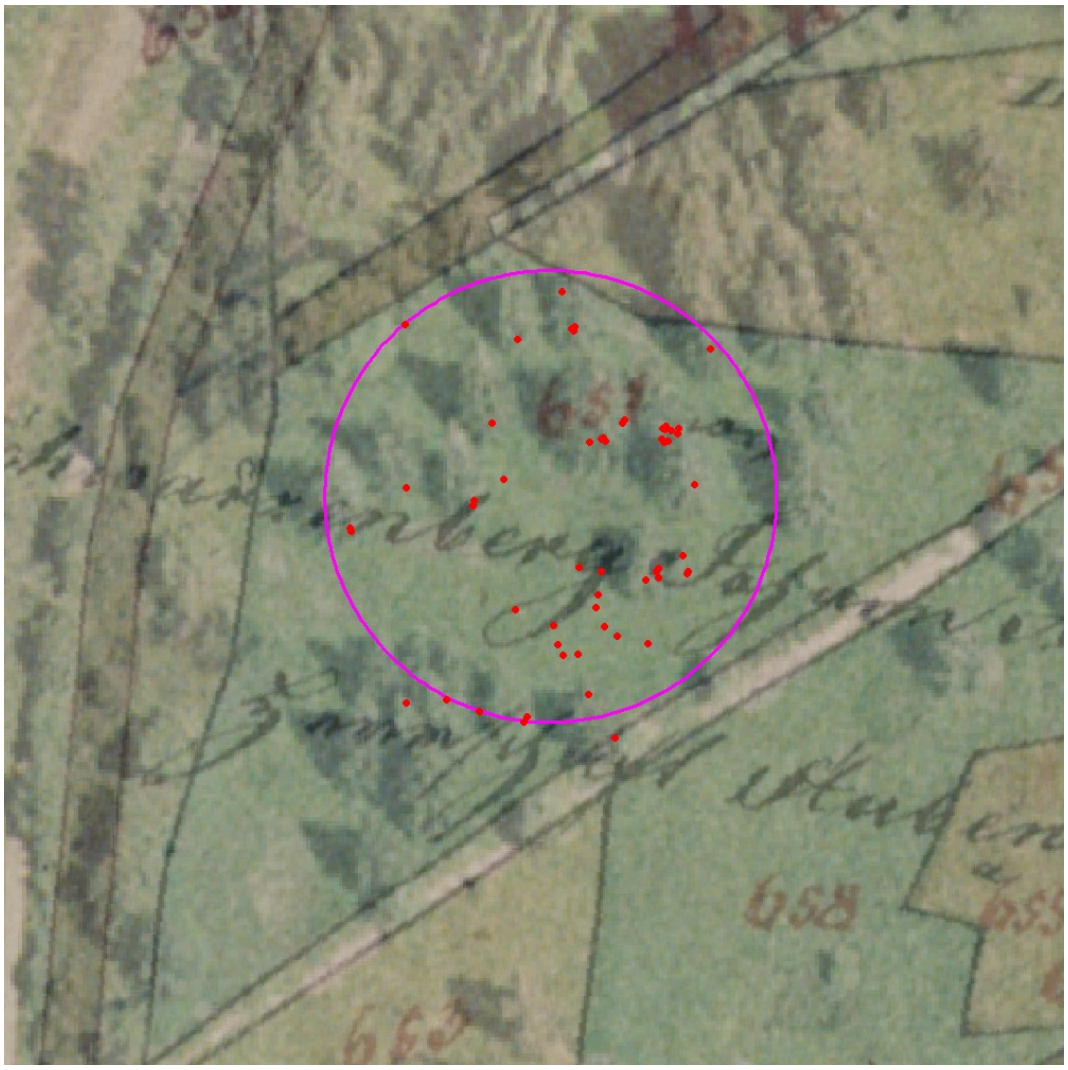
Lokalita	ZH1	ZH2	HH1	ST1
Calluna vulgaris				1
Campanula patula		r		+
Campanula rotundifolia				+
Cardaminopsis halleri				1
Carex brizoides				3
Carex nigra		+		+
Carex ovalis				+-1
Carex pallescens				+-1
Carex pilulifera			+	+-1
Cirsium heterophyllum				+
Dactylis glomerata		(r)		+-1
Deschampsia cespitosa				1
Epilobium angustifolium		r		
Festuca rubra		+	1	+-1
Filipendula ulmaria				+
Galeopsis pubescens		r-+		1
Galium saxatile	+	1		
Galium uliginosum				+
Geranium sylvaticum			r	
Hieracium laevigatum	r	+		
Hieracium murorum		r	r	
Holcus mollis	+		+-1	1-2
Homogyne alpina			+-1	
Hypericum maculatum		r		1
Juniperus communis	r			
Lathyrus pratensis				+
Leucanthemum ircutianum				+
Luzula campestris agg.		+	+	+
Luzula luzuloides			+	+
Luzula pilosa			+	
Luzula sylvatica	r			
Lychnis flos-cuculi				+
Maianthemum bifolium	r			
Melampyrum pratense	1	+-1	1	
Nardus stricta	+		3	
Picea abies	+	r-+	+	+
Plantago lanceolata				r
Poa chaixii				+
Poa pratensis				+-1
Potentilla erecta	r	+	1	1
Ranunculus acris				+
Rubus fruticosus agg.		(+)		
Rubus idaeus		r		+
Rumex acetosa		r	+	+-1
Salix cinerea				+
Silene dioica		+		+
Solidago virgaurea		r-+	+-1	
Sorbus aucuparia	+-1	+	+-1	
Stellaria graminea			r	1
Vaccinium myrtillus	4-5	4	3	
Vaccinium uliginosum			1	
Vaccinium vitis-idaea	1		1	
Veronica chamaedrys			1	+
Veronica officinalis			+	+-1
Vicia cracca				+
Viola tricolor				+

Většina jedinců *Picea abies* na lokalitách ZH1, ZH2 a HH1 přesahuje výšku 5 m (Tabulka 10). Vždy je v těchto případech dřevinná skladba doplněna o *Sorbus aucuparia*, který je však výrazně nižší a mladší. Je tedy zřejmé,

že jeho vstup do ekosystému probíhal mnohem později, v době, kdy smrk již byl vzrostlý. To je dáno zřejmě skutečností, že jeřáb je šířen ptáky, kteří lokalitu začínají systematicky vyhledávat až v době, kdy mohou usednout na nějaké stromy. Odlišná situace je na lokalitě ST1, kde bylo upuštěno od kosení mnohem později a smrk zde většinou nepřesahuje 3 m. Zde je patrné šíření stromů od dřívějšího porostu stromů na břehu Studené Vltavy (Obr. 36).

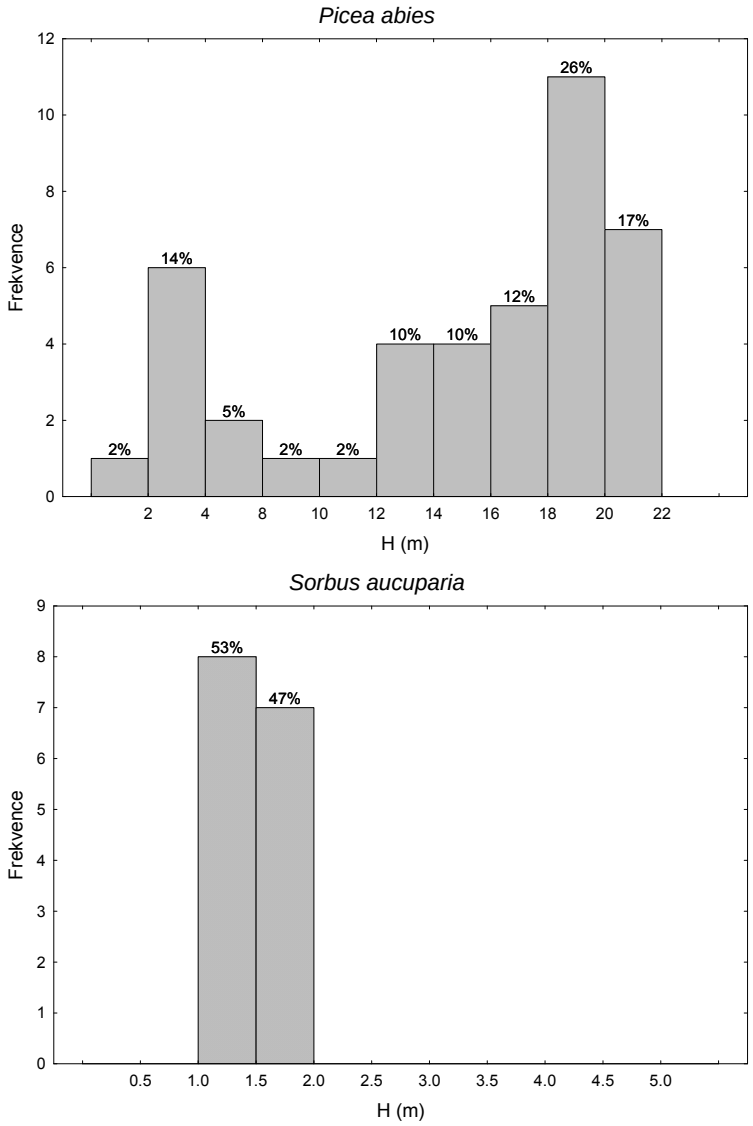
Tabulka 10. Dřeviny na výzkumných plochách. N - počet jedinců na plochu 0,25 ha; max H - maximální výška; max DBH - maximální průměr ve výčetní výšce. Dále jsou uvedeny hodnoty aritmetického průměru ± standardní chyba (v závorce počet jedinců) samostatně pro jedince vyšší než 5 m a pro jedince do této výšky.

Plocha	Druh	N	max H (m)	$H_{(H>5)}$ (m)	$H_{(H\leq5)}$ (m)	max DBH (mm)
ZH1	*Picea abies*	42	21.5	16.93±0.62 (n=35)	2.83±0.37 (n=7)	683
ZH1	*Sorbus aucuparia*	15	2.0		1.55±0.25 (n=15)	
ZH2	*Picea abies*	19	22.0	13.37±1.02 (n=13)	3.22±0.40 (n=6)	541
ZH2	*Sorbus aucuparia*	28	4.2		2.03±0.19 (n=28)	
ZH2	*Acer pseudoplatanus*	12	15.4	12.82±1.22 (n=9)		242
HH1	*Picea abies*	91	18.8	11.50±0.44 (n=70)	2.93±0.21 (n=21)	621
HH1	*Sorbus aucuparia*	1	2.3			
ST1	*Picea abies*	143	5.0		2.40±0.08 (n=143)	
ST1	*Populus tremula*	6	2.1			
ST1	*Salix caprea*	1	1.8			
ST1	*Salix cinerea*	4	2.7			

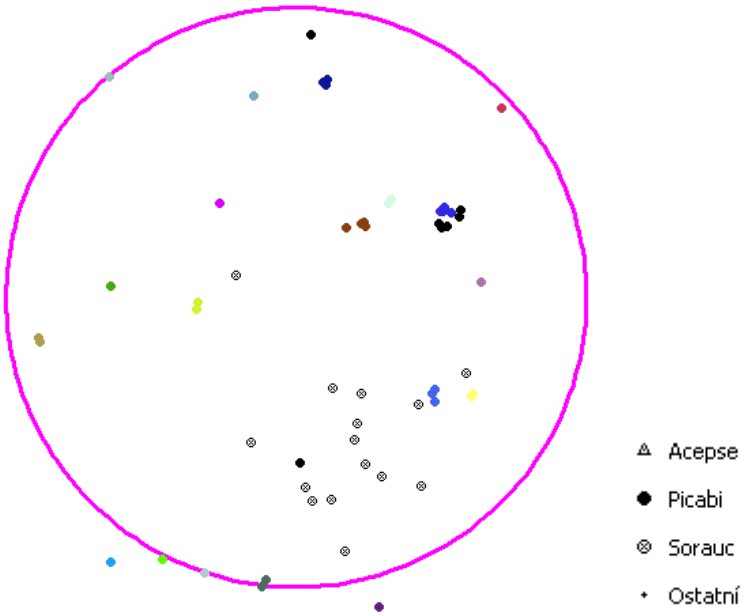


Obr. 18. Výzkumná plocha ZH1 se sukcesí smrku. Velikost plochy 0,25 ha, velikost výřezu 1,74 ha. Zobrazena je poloha všech měřených jedinců dřevin. Jako podkladová vrstva byl použit překryv skenované mapy stabilního katastru (obec Stubenbach I^{ter} Theil, 1837) a ortofoto z roku 2008.

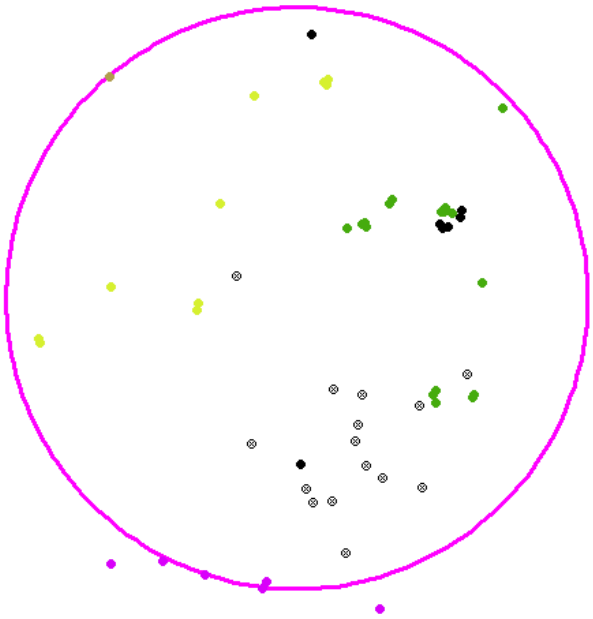
Na všech plochách byla znatelná výrazná tvorba shluků dřevin, může se jednat i o tvorbu dvou (plochy ZH1 a ST1) či tří (plocha ZH2) hierarchických úrovní shluků. Lze předpokládat, že v průběhu dalšího růstu porostu se shluky mohou stávat méně zřetelné tak, jak bude zanikat volný prostor mezi korunami jedinců náležejících různým shlukům.
To, že sukcese na lokalitě ZH1 (Obr. 18-23) probíhala na poměrně homogenní ploše dokládá skutečnost, kdy zde nalézáme poměrně rovnoměrně rozmístěné shluky (s limitní distancí mezi stromy do 2 m) s menším počtem jedinců (do 5 stromů). Naproti tomu na lokalitě ZH2 (Obr. 24-30) je vidět nerovnoměrnost rozmístění stromů mezi různě velké shluky - jedná se o jeden shluk o 9 jedincích a několik více méně samostatně rostoucích stromů. Obdobná situace je vidět na lokalitě HH1 (Obr. 31-35), kde je opět jeden prostorově rozsáhlý shluk o mnoha jedincích a několik samostatných jedinců či malých shluků s maximálně 7 jedinci.
Sukcese dřevin na lokalitě ST1 (Obr. 36-41) je výrazně mladší a proto jsou zde rozeznatelné shluky dvou úrovní s nižšími limitními vzdálenostmi (do 2,5 a 4,8 m). I zde je patrná nerovnoměrnost rozdělení počtu jedinců do shluků, což svědčí o heterogenitě prostředí, v tomto případě je však spíš způsobeno různě intenzivním dopadem semen na místa různě vzdálená od plodících jedinců v okolí řeky.



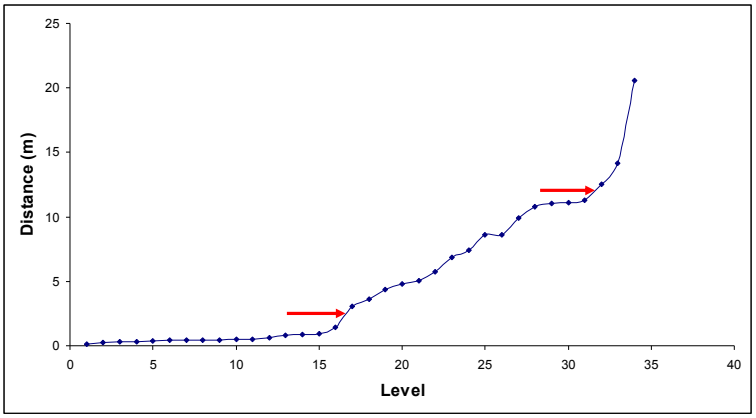
Obr. 19. Distribuce jedinců dřevin na ploše ZH1 podle výšky.



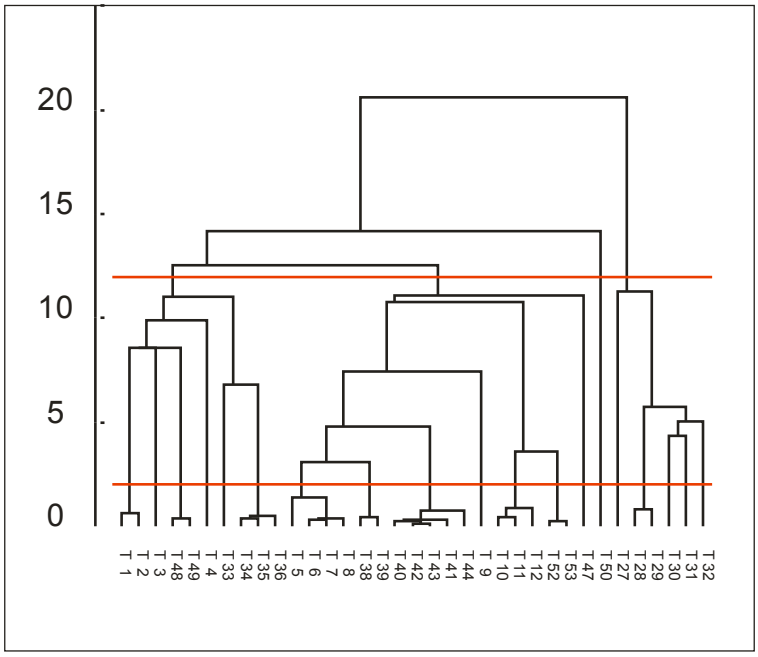
Obr. 20. Odlišené shluky dřevin na ploše ZH1, hladina 2 m. Celkem 19 shluků stromů vyšších než 5 m, jedinci do 5 m vyznačeni černou barvou.



Obr. 21. Odlišené shluky dřevin na ploše ZH1, hladina 12 m. Celkem 4 shluky stromů vyšších než 5 m, jedinci do 5 m vyznačeni černou barvou.

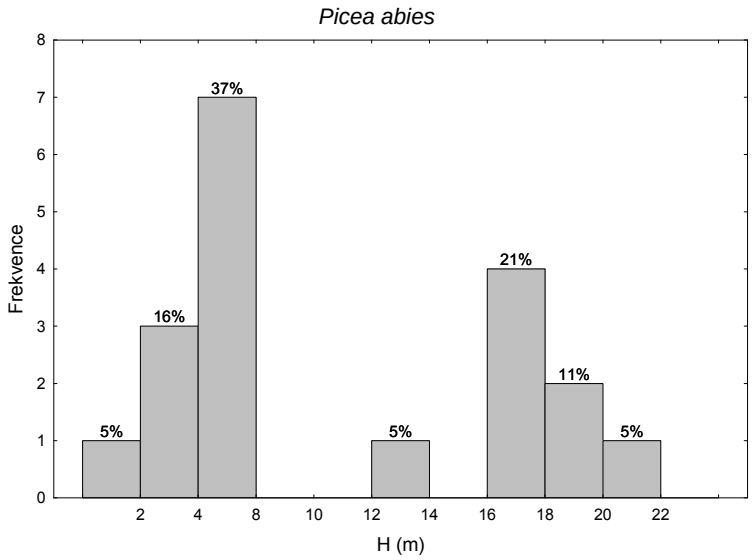


Obr. 22. Závislost shlukové vzdálenosti na hladině klasifikace při metodě nejbližšího souseda. Plocha ZH1.

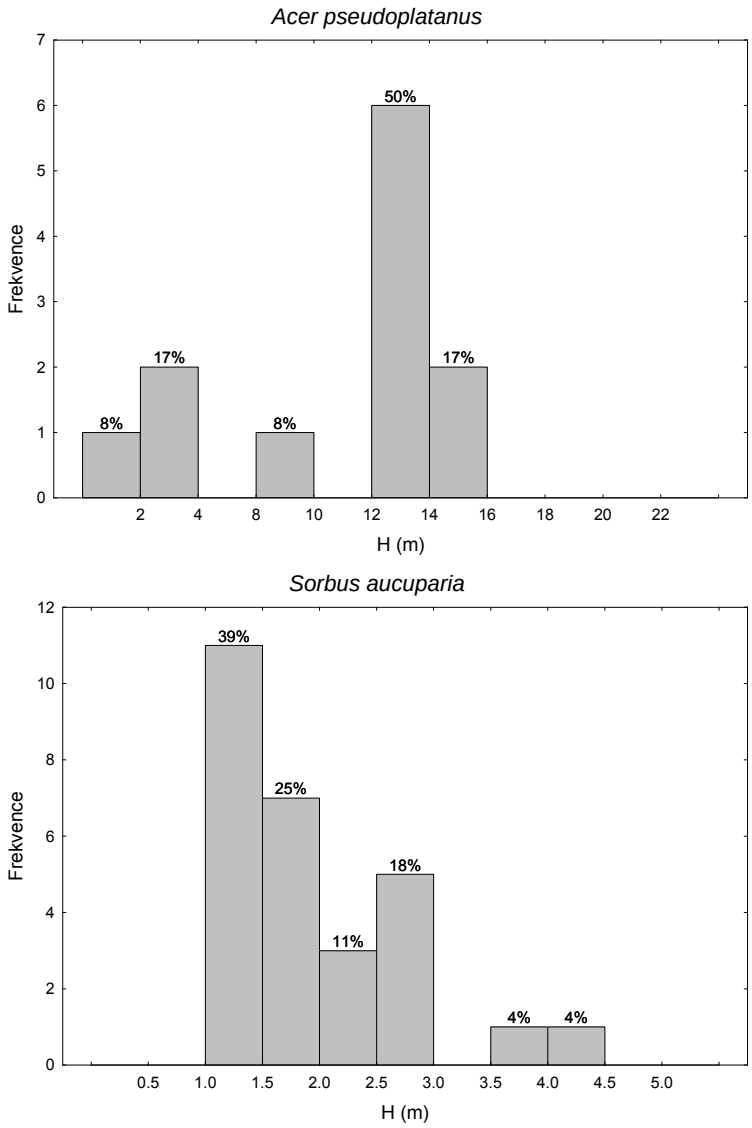


Obr. 23. Klasifikace jedinců dřevin na ploše ZH1 vyšších než 5 m podle vzdálenosti v reálném prostoru (metoda nejbližšího souseda). Vyznačeny významné hladiny 2 a 12 m.

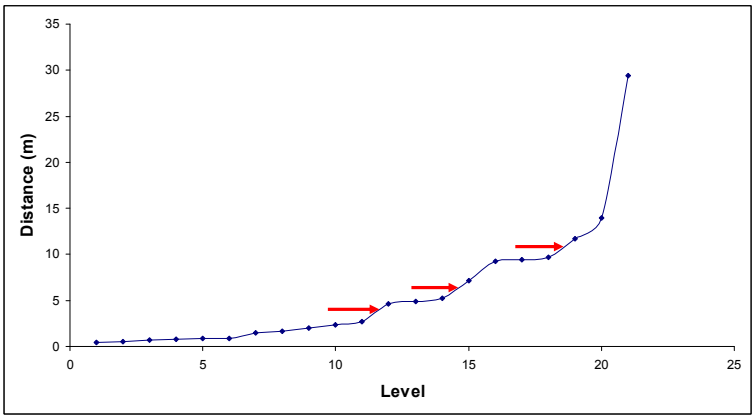
Obr. 24. Výzkumná plocha ZH2 se sukcesí smrku. Velikost plochy 0,25 ha, velikost výřezu 1,74 ha. Zobrazena je poloha všech měřených jedinců dřevin. Jako podkladová vrstva byl použit překryv skenované mapy stabilního katastru (obec Stubenbach I^{ter} Theil, 1837) a ortofoto z roku 2008.



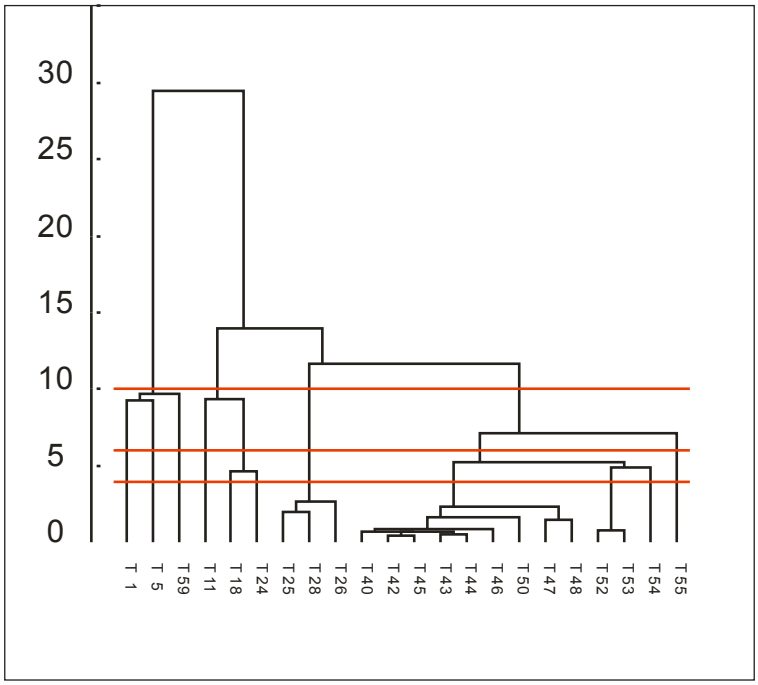
(Pokračování na následující straně)



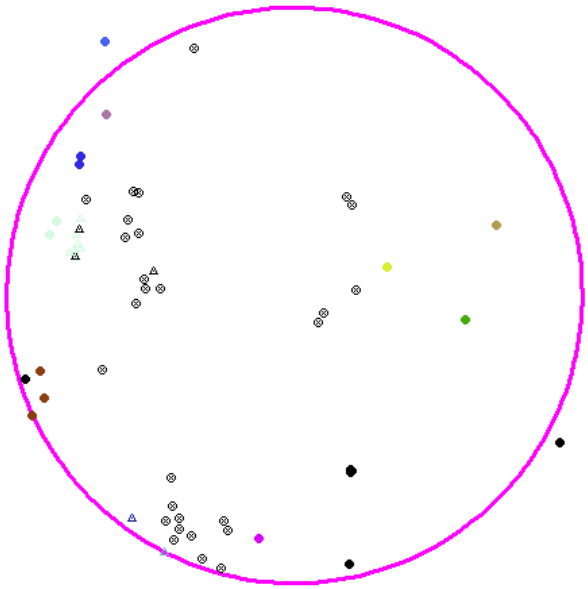
Obr. 25. Distribuce jedinců dřevin na ploše ZH2 podle výšky.



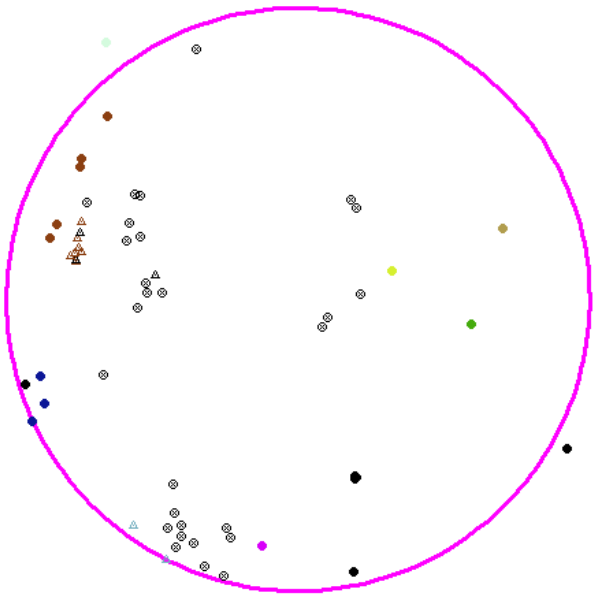
Obr. 26. Závislost shlukové vzdálenosti na hladině klasifikace při metodě nejbližšího souseda. Plocha ZH2.



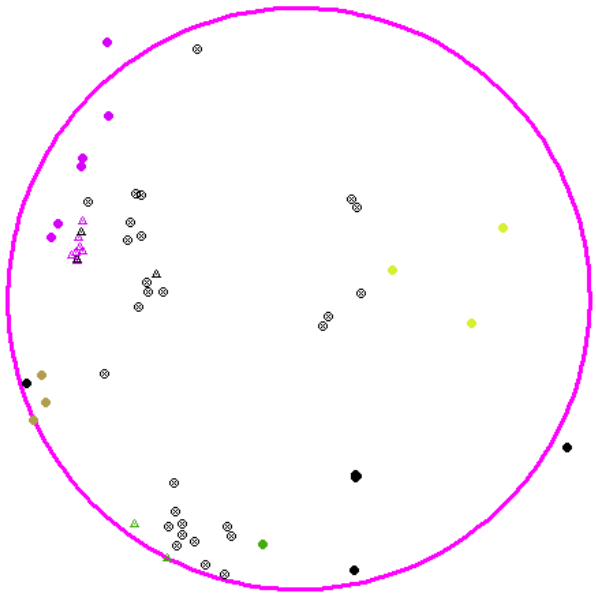
Obr. 27. Klasifikace jedinců dřevin na ploše ZH2 vyšších než 5 m podle vzdálenosti v reálném prostoru (metoda nejbližšího souseda). Vyznačeny významné hladiny 4, 6 a 10 m.



Obr. 28. Odlišené shluky dřevin na ploše ZH2, hladina 4 m. Celkem 11 shluků stromů vyšších než 5 m, jedinci do 5 m vyznačeni černou barvou.

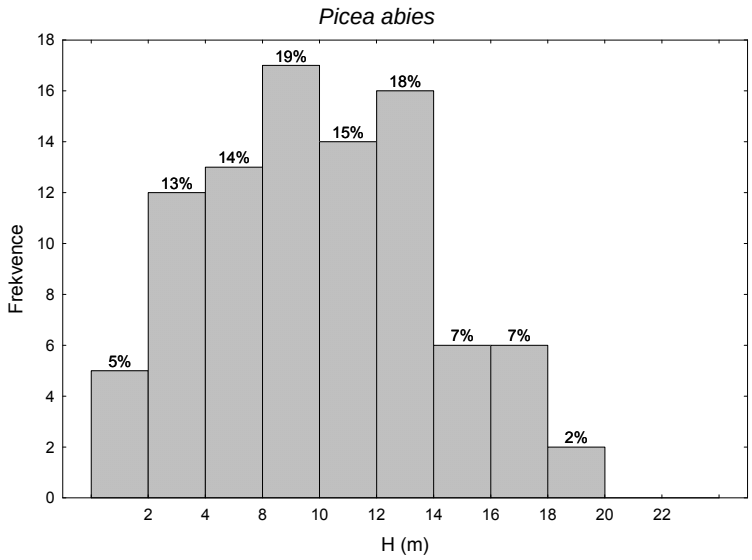


Obr. 29. Odlišené shluky dřevin na ploše ZH2, hladina 6 m. Celkem 8 shluků stromů vyšších než 5 m, jedinci do 5 m vyznačeni černou barvou.

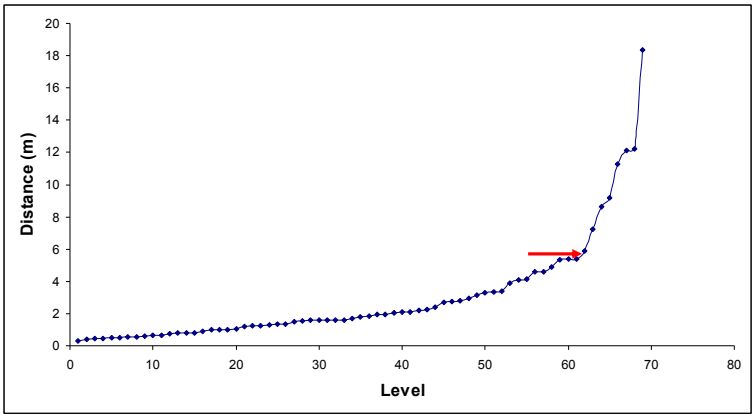


Obr. 30. Odlišené shluky dřevin na ploše ZH2, hladina 10 m. Celkem 4 shluky stromů vyšších než 5 m, jedinci do 5 m vyznačeni černou barvou.

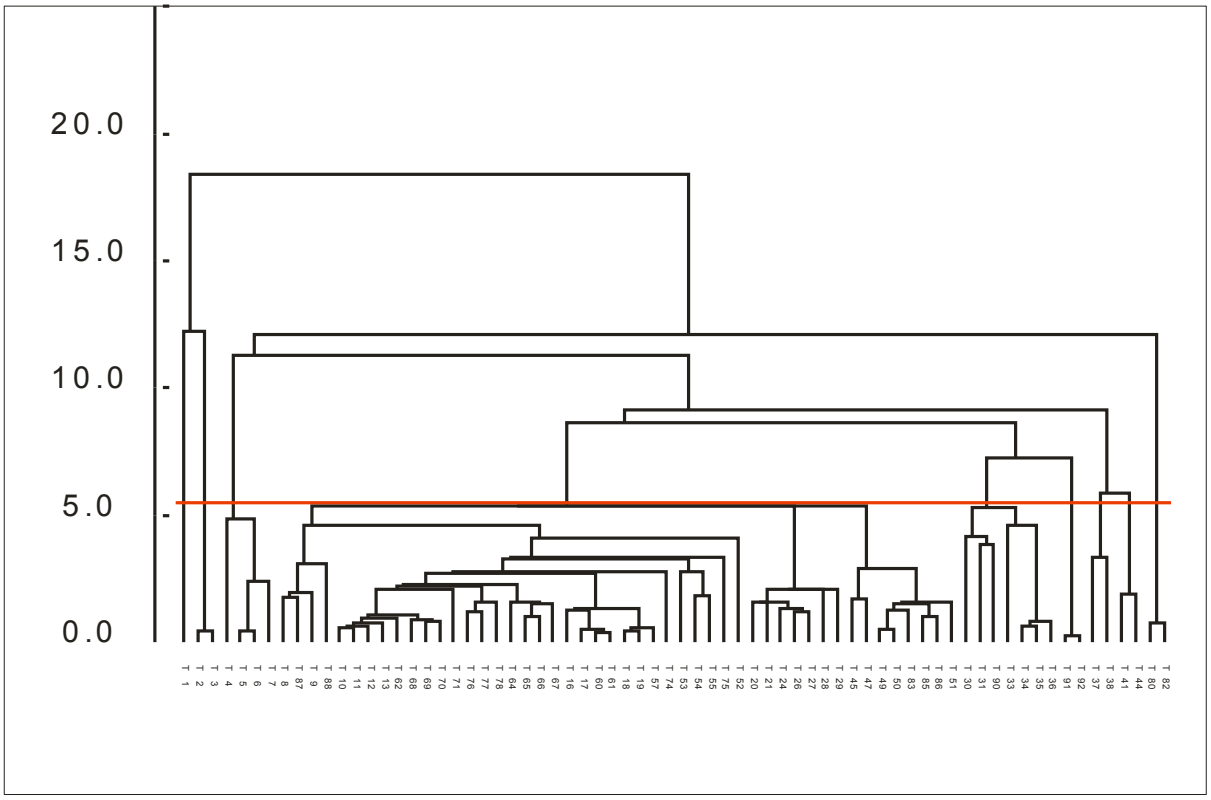
Obr. 31. Výzkumná plocha HH1 se sukcesí smrku. Velikost plochy 0,25 ha, velikost výřezu 1,74 ha. Zobrazena je poloha všech měřených jedinců dřevin. Jako podkladová vrstva byl použit překryv skenované mapy stabilního katastru (obec Innergefild, 1837) a ortofoto z roku 2008.



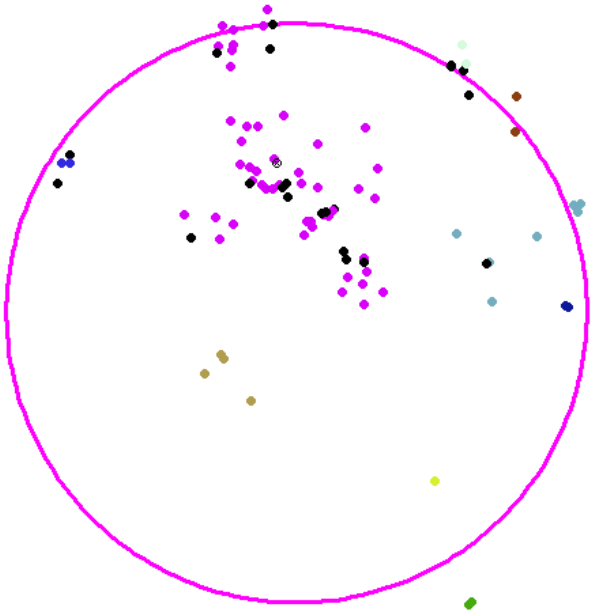
Obr. 32. Distribuce jedinců dřevin na ploše HH1 podle výšky.



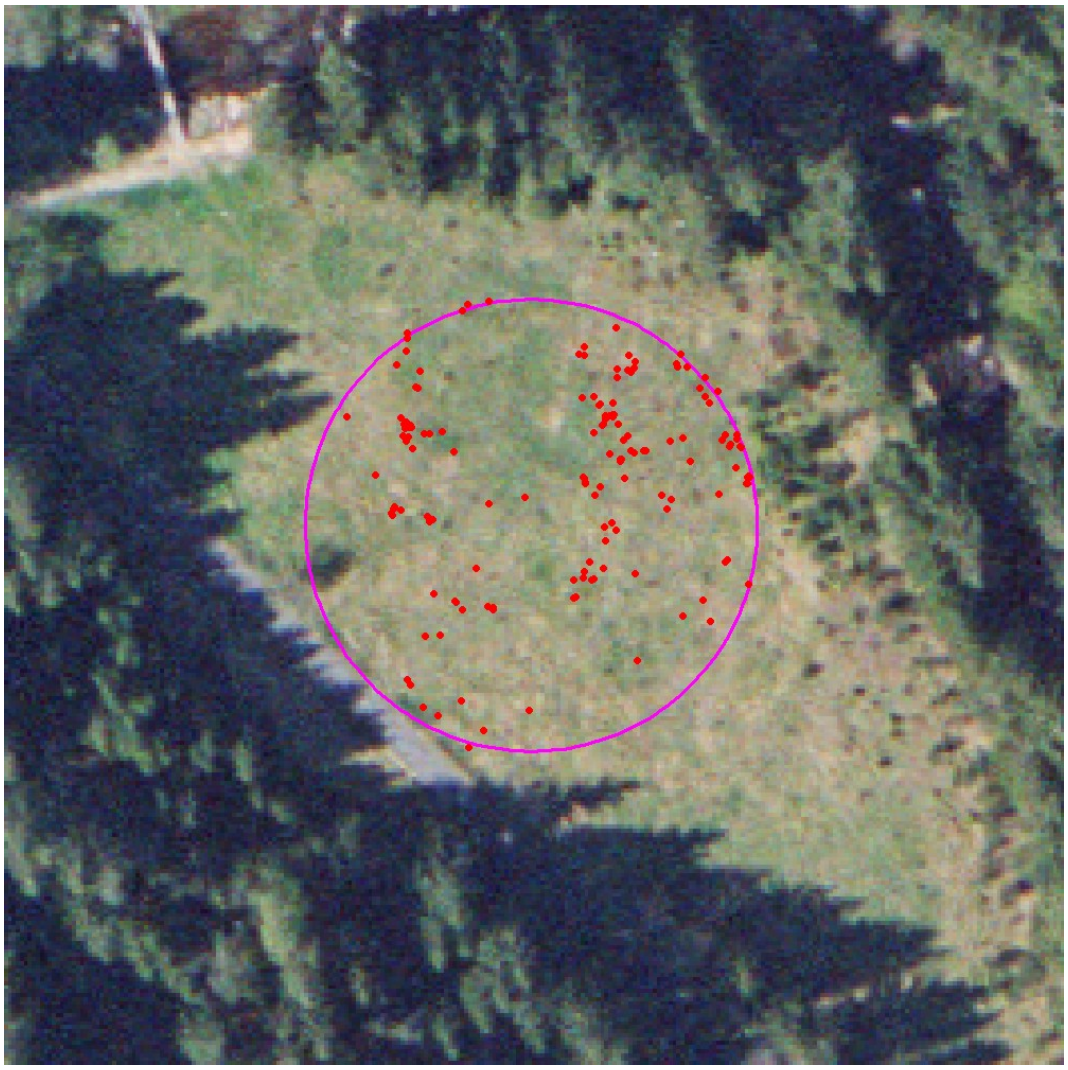
Obr. 33. Závislost shlukové vzdálenosti na hladině klasifikace při metodě nejbližšího souseda. Plocha HH1.



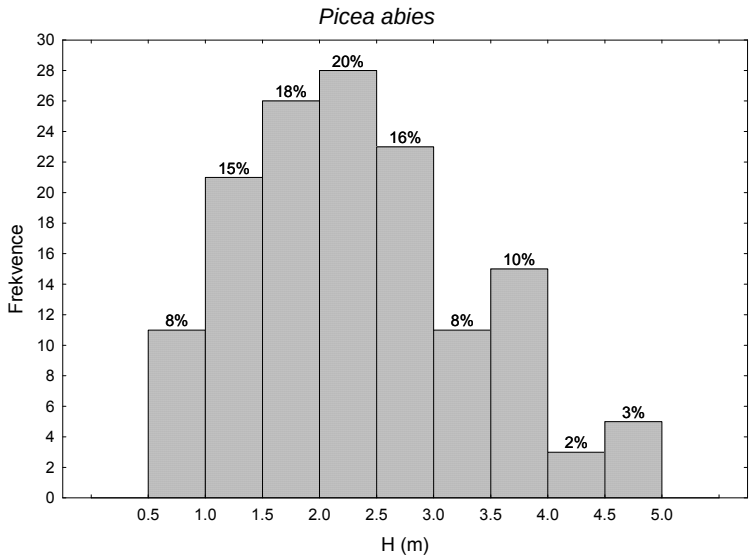
Obr. 34. Klasifikace jedinců dřevin na ploše HH1 vyšších než 5 m podle vzdálenosti v reálném prostoru (metoda nejbližšího souseda). Vyznačena významná hladina 5,5 m.



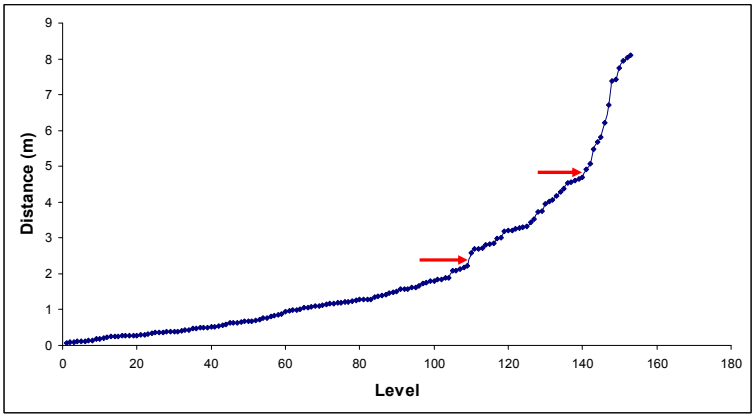
Obr. 35. Odlišené shluky dřevin na ploše HH1, hladina 5,5 m. Celkem 9 shluků stromů vyšších než 5 m, jedinci do 5 m vyznačeni černou barvou.



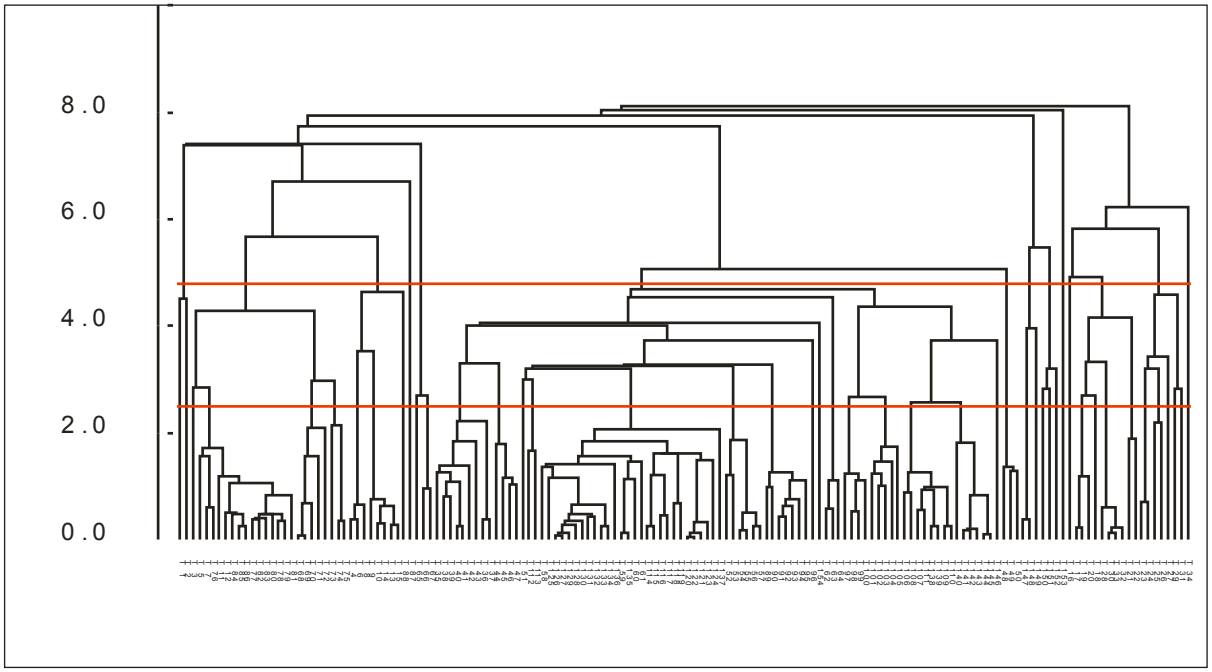
Obr. 36. Výzkumná plocha ST1 se sukcesí smrku. Velikost plochy 0,25 ha, velikost výřezu 1,74 ha. Zobrazena je poloha všech měřených jedinců dřevin. Jako podkladová vrstva bylo použito ortofoto z roku 2005.



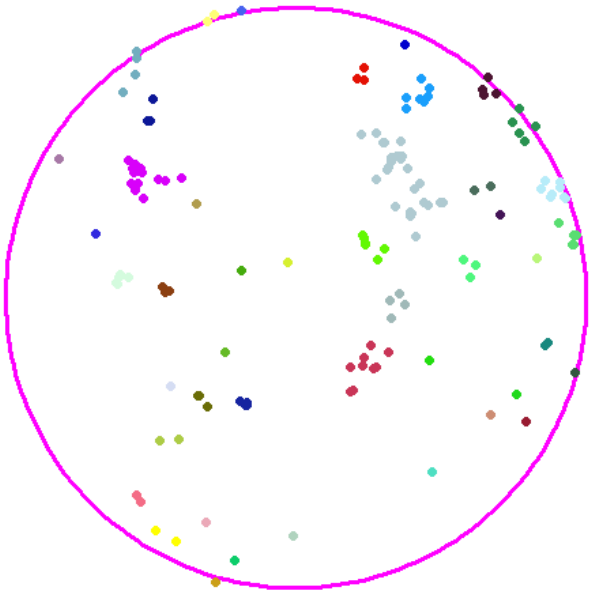
Obr. 37. Distribuce jedinců smrku na ploše ST1 podle výšky.



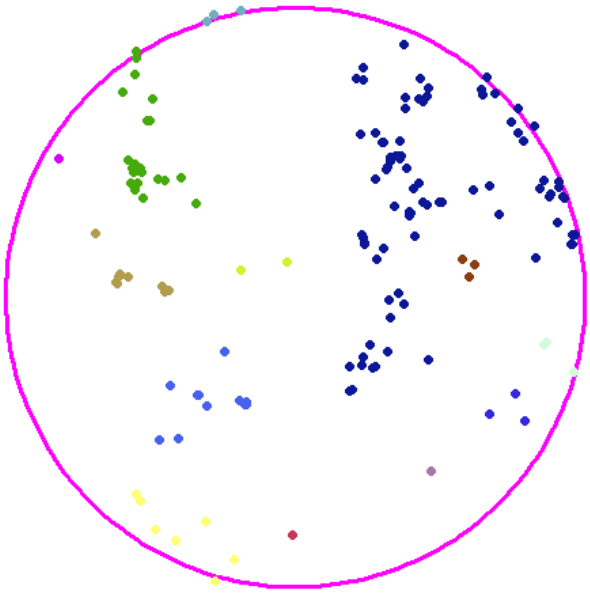
Obr. 38. Závislost shlukové vzdálenosti na hladině klasifikace při metodě nejbližšího souseda. Plocha ST1.



Obr. 39. Klasifikace všech jedinců dřevin na ploše ST1 podle vzdálenosti v reálném prostoru (metoda nejbližšího souseda). Vyznačeny významné hladiny 2,5 a 4,8 m.



Obr. 40. Odlišené shluky dřevin na ploše ST1, hladina 2,5 m. Celkem 45 shluků.



Obr. 41. Odlišené shluky dřevin na ploše ST1, hladina 4,8 m. Celkem 13 shluků.

Rostlinná společenstva sekundárního a primárního bezlesí v Krkonoších

Rostlinná společenstva luk a obdobných biotopů Krkonoš byla souhrnně zpracována v práci KRAHULEC ET AL. (1996). Dále prezentované výsledky nemají primárně sloužit k identifikaci základních vegetačních jednotek (asociací), ale mají podat přehled o možné variabilitě společenstev ve smyslu změn na základních gradientech prostředí a následně o změně vegetace v čase (sukcesi). Z tohoto důvodu nebyla databáze při zpracování omezována pouze na společenstva, která jsou klasifikovatelná v rámci syntaxonomického systému, ale byl zpracováván pořízený materiál kompletně.

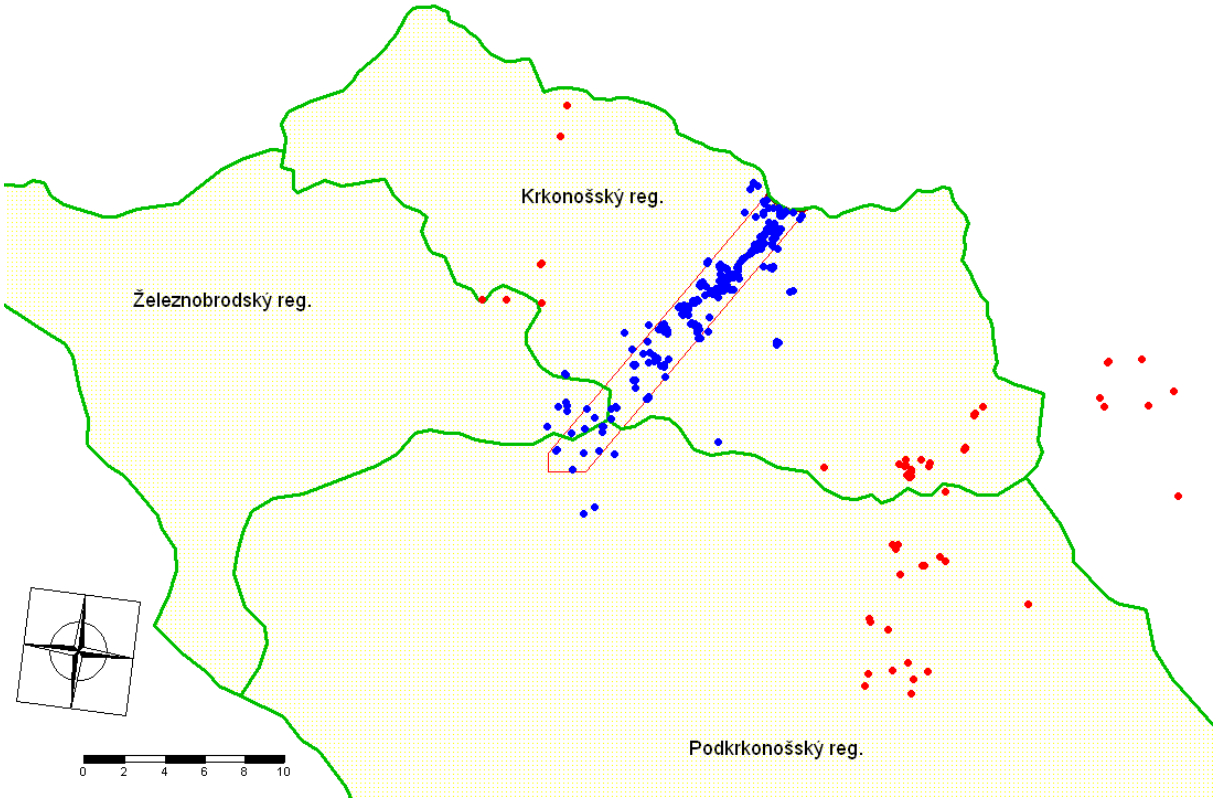
Aktuálně byl fytocenologický průzkum prováděn na 368 lokalitách (Obr. 42), na nichž bylo zapsáno 544 snímků. První snímky byly pořízeny J. Málkovou od roku 1977. V rámci terénního šetření uskutečněného při řešení projektu BiodivKrŠu bylo zapsáno mezi lety 2006 až 2010 celkem 325 snímků, z nichž většina byla lokalizována v prostoru krajinného transektu Vrchlabí - prameny Labe nebo v jeho blízkosti (MATĚJKA 2010c). Dynamika vegetace na subalpinských až alpinských lokalitách, které byly dlouhodobě sledovány, byla vyhodnocena v publikaci MATĚJKA ET MÁLKOVÁ (2010). V této souvislosti je potřeba připomenout první práci zabývající se travními a klečovými porosty alpinského stupně ve vrcholové oblasti později sledovaného krajinného transektu, kterou je studie BUREŠOVÁ (1976). V následujícím textu je pozornost věnována popisu variability rostlinných

společenstev podél zmíněného transektu či v jeho okolí, kde bylo umístěno celkem 307 sledovaných lokalit. Protože dynamika společenstev opakovaně snímkovaných byla vyhodnocena již dříve (MATĚJKA ET MÁLKOVÁ 2010) a jiné snímky v daném území krajinného transektu byly dělány až od roku 2006, byl výběr zde zpracovávaných snímků omezen nejen regionem, ale též obdobím snímkování (2006-2010). Snímky byly rozděleny do dvou skupin podle účasti dřevin - na společenstva s dřevinami (pokud pokryvnost E_3 > 5 % nebo pokryvnost E_2 > 10 %; celkem 41 snímků) a na společenstva travní a obdobná (v ostatních případech; celkem 249 snímků).
Fytocenologické snímky vznikly běžným postupem s použitím Braun-Blanquetovy stupnice pro abundanci a dominanci. Data snímků byla zapsána do databáze DBreleve (MATĚJKA 2009c), kde proběhlo i jejich základní zpracování. Data stupňů pokryvnosti jednotlivých druhů byla před zpracováním převedena na průměrnou pokryvnost pro tyto stupně a dále transformována tak, aby suma pokryvnosti všech druhů v etáži odpovídala celkové odhadnuté pokryvnosti této etáže. V prostředí DBreleve byl proveden výpočet druhové bohatosti (S) a diversity (Shannon-Wienerův index druhové diversity H').

Společenstva travní a jim podobná

Variabilita travních a obdobných společenstev byla vyhodnocena na základě klasifikace divisivní procedurou TWINSPAN (HILL 1979), pro níž byly použity hodnoty "cut-levels" 0, 1, 10, 31.62 a 56.23 %, které tvoří mocninnou řadu.
V rámci prvního běhu této procedury bylo objeveno, že existují čtyři typy společenstev, které jsou značně odlišné od ostatních snímků a přitom jsou reprezentovány pouze malým počtem zápisů (1 až 3). Tyto snímky byly tedy před dalším zpracováním vyřazeny. Jedná se o tyto zápisy:

- Společenstva alpinských trávníků s *Botrychium lunaria* v nadmořské výšce nad 1500 m. Jedná se o snímky, které jsou podobné těm, které jsou v následujícím řazeny do klasifikační skupiny *00 (Obr. 43).
- Sukcesní společenstva s *Carex brizoides* (Tabulka 11), která se vyskytují jak v nižších nadmořských výškách (subtyp A), tak v polohách nad 1100 m n.m. (subtyp B). Jedná se o relativně častá společenstva známá z různých míst střední Evropy, zpravidla jsou však opomíjena, takže v literatuře neexistuje dostatek srovnávacího materiálu. Vzhledem k jejich druhové chudosti je současně i problematické jejich fytocenologické hodnocení.



Obr. 42. Rozmístění ploch s fytocenologickými snímky z bezlesích ekosystémů v oblasti Krkonoš podle aktuální databáze. Modře jsou vyznačeny plochy, jejichž vegetace byla analyzována v souvislosti s vyhodnocením krajinného transektu Vrchlabí - prameny Labe.

- Sukcesní společenstvo na opuštěném poli bylo reprezentované snímkem Z95A-9, datum 4.7.2007, nadmořská výška 699 m, orientace JV, sklon 5 °, velikost plochy 100 m^2, pokryvnost E_0 2 %, pokryvnost E_1 80 %:

Achillea millefolium 1-2, *Avena sativa* r, *Campanula patula* +, *Capsella bursa-pastoris* +, *Cerastium holosteoides* +, *Cirsium arvense* +, *Conyza canadensis* r, *Crepis biennis* r, *Elytrigia repens* 2, *Epilobium ciliatum* +, *Festuca rubra* +, *Galeopsis bifida* +, *G. tetrahit* +, *Gnaphalium sylvaticum* +, *G. uliginosum* 1, *Holcus lanatus* +, *H. mollis* 1-2, *Hypochaeris radicata* +, *Chenopodium album* +, *Lamium purpureum* +, *Lapsana communis* +, *Linaria vulgaris* +, *Lysimachia nemorum* r, *L. nummularia* +, *Matricaria discoidea* +, *M. recutita* +, *Mentha arvensis* 1, *Myosotis arvensis* 1, *Persicaria maculosa* 1-2, *Plantago lanceolata* r, *Plantago major* +, *Ranunculus repens* 2, *Raphanus raphanistrum* 1-2, *Rorippa palustris* +-1, *Rumex acetosella* 4, *R. obtusifolius* 2-3, *Sonchus oleraceus* +, *Spergula arvensis* 2, *Stachys palustris* +, *Stellaria graminea* 1, *S. media* +, *Taraxacum* sect. *Ruderalia* r, *Tripleurospermum inodorum* +, *Triticum aestivum* +, *Veronica officinalis* +, *V. serpyllifolia* +, *Vicia cracca* +, *V. sepium* 1, *Viola arvensis* 1, *V. tricolor* r. Jedná se o vzácná druhově bohatá společenstva v současné krajině Krkonoš, protože dříve běžné polní hospodaření ve vyšších nadmořských výškách dnes prakticky neexistuje. Při srovnání s následující klasifikací (Obr. 43) se tato společenstva nacházejí nejblíže skupině *100 (svaz *Polygono-Trisetion*).

- Sukcese s *Anthriscus sylvestris* na vlhké půdě. Toto společenstvo je nejvíce podobné snímkům dále řazeným ve skupině *11 (svaz *Calthion*) podle klasifikace na Obr. 43.

Tabulka 11. Společenstva s *Carex brizoides* na neobhospodařovaných lokalitách

Snímek	M65/09	M46/08	64/09
Subtyp	A	B	B
Datum	3.8.2009	7.8.2008	17.7.2009
Nadmořská výška (m)	546	1138	1144
Sklon (°)	15	10	3
Orientace	V	JV	JZ
Velikost plochy	50	50	100
Pokryvnost E_0 (%)	0	0	0
Pokryvnost E_1 (%)	100	98	100
Carex brizoides	5	5	5
Dactylis glomerata	+	(+)	
Vicia cracca	r	+	
Rubus fruticosus agg.	2		
Holcus mollis	+-1		
Galeopsis pubescens	+		
Galium album	+		
Hypericum perforatum	+		
Lathyrus pratensis	+		
Sanguisorba officinalis	+		
Vicia tetrasperma	r		
Alopecurus pratensis		1	+
Calamagrostis villosa		+	+
Epilobium angustifolium		(+)	+
Urtica dioica		1	+
Geranium sylvaticum		1	
Achillea millefolium		+	
Galeopsis tetrahit		+	
Senecio ovatus		+	
Veronica chamaedrys		(+)	
Deschampsia cespitosa			+
Rumex arifolius			+
Silene vulgaris			+

Výsledky klasifikace TWINSPAN (Obr. 43) jsou velmi podobné těm, které byly publikovány před doplněním posledních snímků z roku 2010 (MATĚJKA 2010c). Celkem bylo rozlišeno 8 základních skupin společenstev (A až H), jejichž druhové složení je uvedeno v Tabulce 12.

Přestože není cílem této práce provést klasifikaci rostlinných společenstev a jejich začlenění do syntaxonomického systému, byly snímky rozlišených skupin A až H samostatně klasifikovány hierarchickou aglomerativní metodou (average linkage clustering), aby byla zjištěna heterogenita jednotlivých rozlišených skupin. Ta byla stanovena jako maximální distance na nejvyšší hladině klasifikace (Tabulka 12). Jako nejvíce heterogenní se ukazují alpinské trávníky skupiny B, které zahrnují řadu různých syntaxonů, a skupina H s různými společenstvy svazu *Calthion*, většinou na narušovaných půdách. Naopak skupina G, která zastupuje jedinou asociaci a jí blízká společenstva je nejvíce homogenní.

Dále byly tyto dílčí klasifikace užity pro rozlišení významných typů společenstev. Jako typ byly označeny shluky s maximální nepodobností 45 %, které obsahují alespoň 3 fytocenologické zápisy. Celkem bylo rozlišeno 19 typů.

Skupina A (Obr. 44)

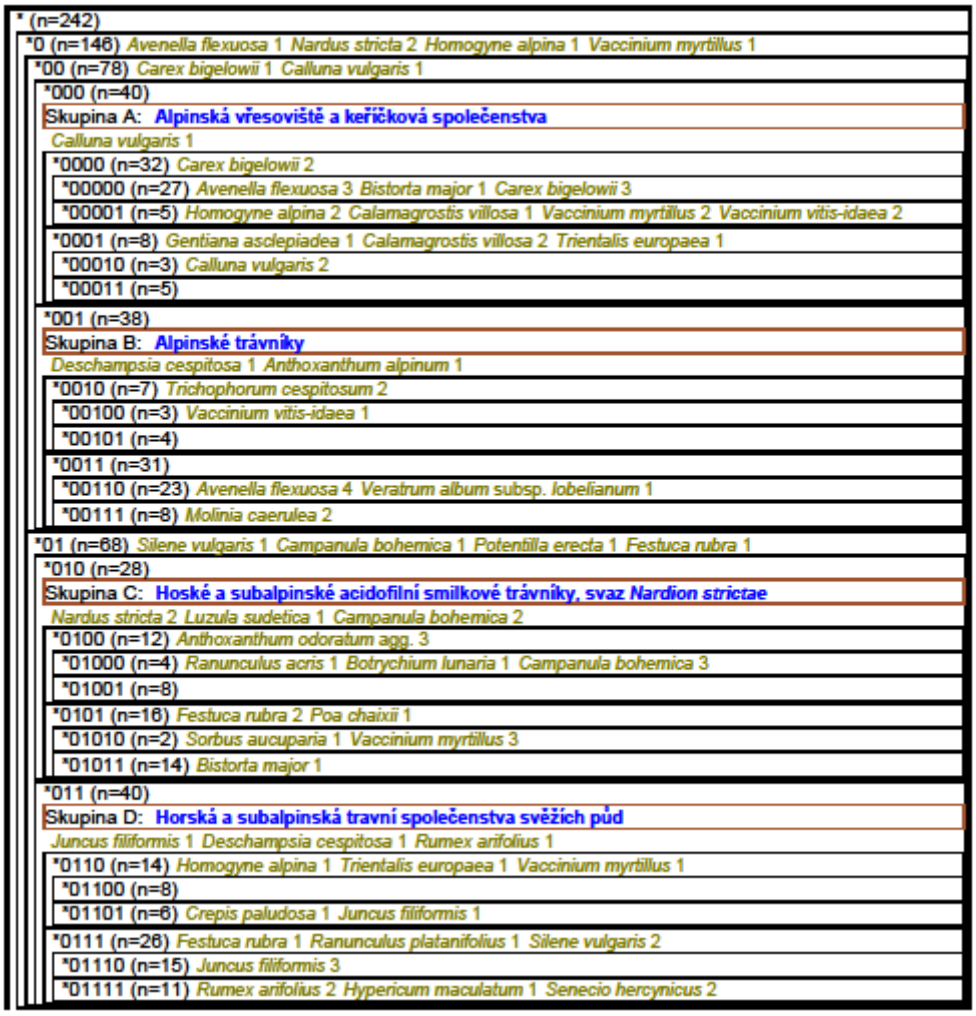
1 – Typ *Calluna vulgaris-Carex bigelowii*
2 – Typ *Calluna vulgaris-Vaccinium uliginosum*
3 – Typ *Calluna vulgaris-Molinia caerulea*
4 – Typ *Calluna vulgaris* (s vysokou pokryvností tohoto druhu)
5 – Typ *Vaccinium myrtillus-Avenella flexuosa*

Skupina B (Obr. 45)

6 – Typ *Nardus stricta-Trichophorum cespitosum*
7 – Typ *Nardus stricta-Avenella flexuosa*
8 – Typ *Molinia caerulea*

Skupina C (Obr. 46)

9 – Typ *Avenella flexuosa-Nardus stricta-Campanula bohemica* (relativně druhově bohatší společenstva, asociace *Festuco supinae-Nardetum strictae*)
10 – Typ *Avenella flexuosa-Galium saxatile* (metlička zde silně dominuje)



Obr. 43. Klasifikace snímků lučních a obdobných společenstev Krkonoš (v oblasti sledovaného krajinného transektu) procedurou TWINSPAN. Charakteristika základních klasifikačních skupin A až H a jejich druhy-indikátory (připojená číslice u jména určuje příslušnou hladinu - cut-level). n - počet snímků. Pokračování na následující straně.

Skupina D (Obr. 47)

11 – Typ *Calamagrostis villosa* (druh zde silně dominuje)

12 – Typ *Juncus filiformis-Carex rostrata* (tato společenstva osidlují nejvlhčí půdy)

13 – Typ *Senecio hercynicus-Polygonatum verticillatum* (představuje sukcesní společenstva nekosených lokalit; dále je typický výskyt *Silene vulgaris* a *Rumex arifolius*)

14 – Typ *Deschampsia cespitosa-Rumex arifolius*

Skupina E (Obr. 48)

15 – Typ *Deschampsia cespitosa-Agrostis capillaris-Poa chaixii*

16 – Typ *Hypericum maculatum-Arrhenatherum elatius-Alchemilla vulgaris* agg.

Skupina F (Obr. 49)

17a – Typ *Festuca rubra-Agrostis capillaris-Leontodon hispidus*

17b – Typ *Trisetum flavescens-Trifolium-Taraxacum* Sect. *Ruderalia*

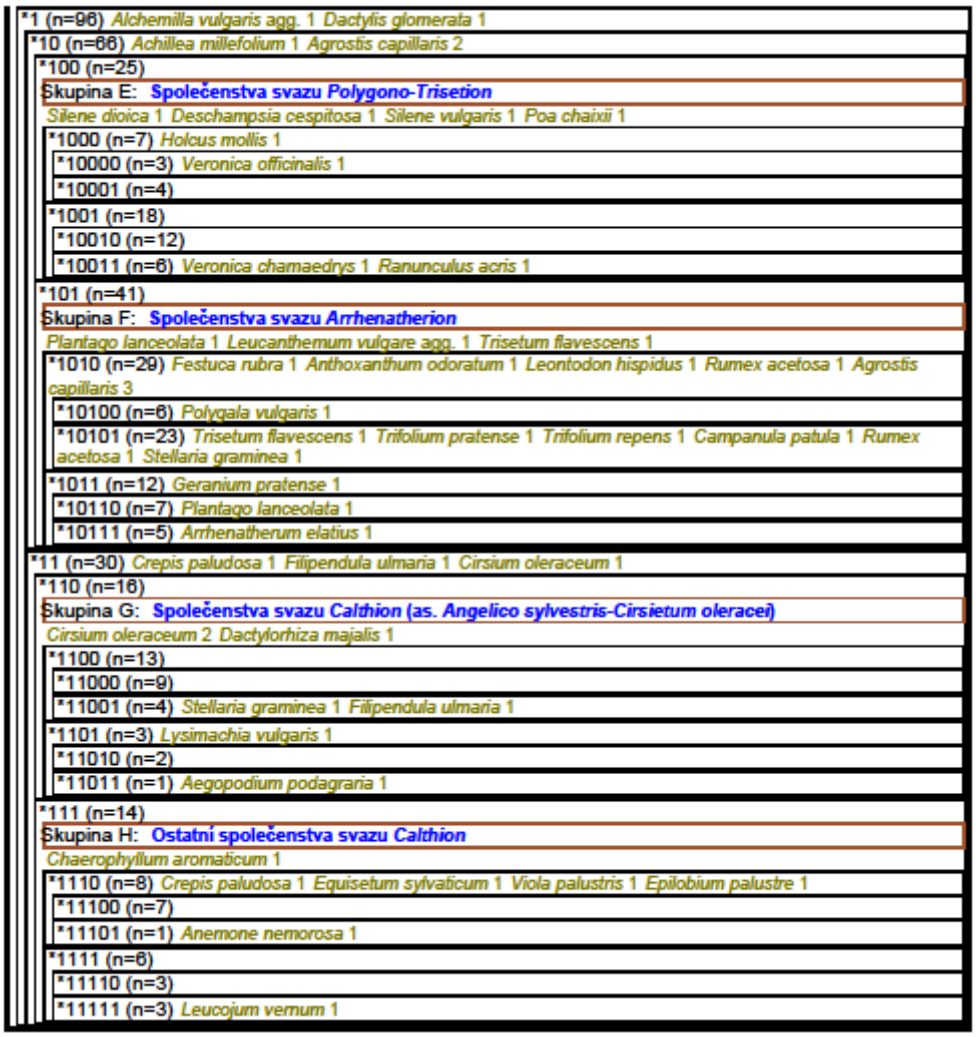
Tyto typy představují dvě varianty asociace *Poo-Trisetetum flavescentis* (případně jim blízká společenstva).

Skupina G (Obr. 50)

18 – Typ *Cirsium oleraceum* (asociace *Angelico sylvestris-Cirsietum oleracei*)

Skupina H (Obr. 51)

19 – Typ *Equisetum sylvaticum-Crepis paludosa-Juncus effusus*



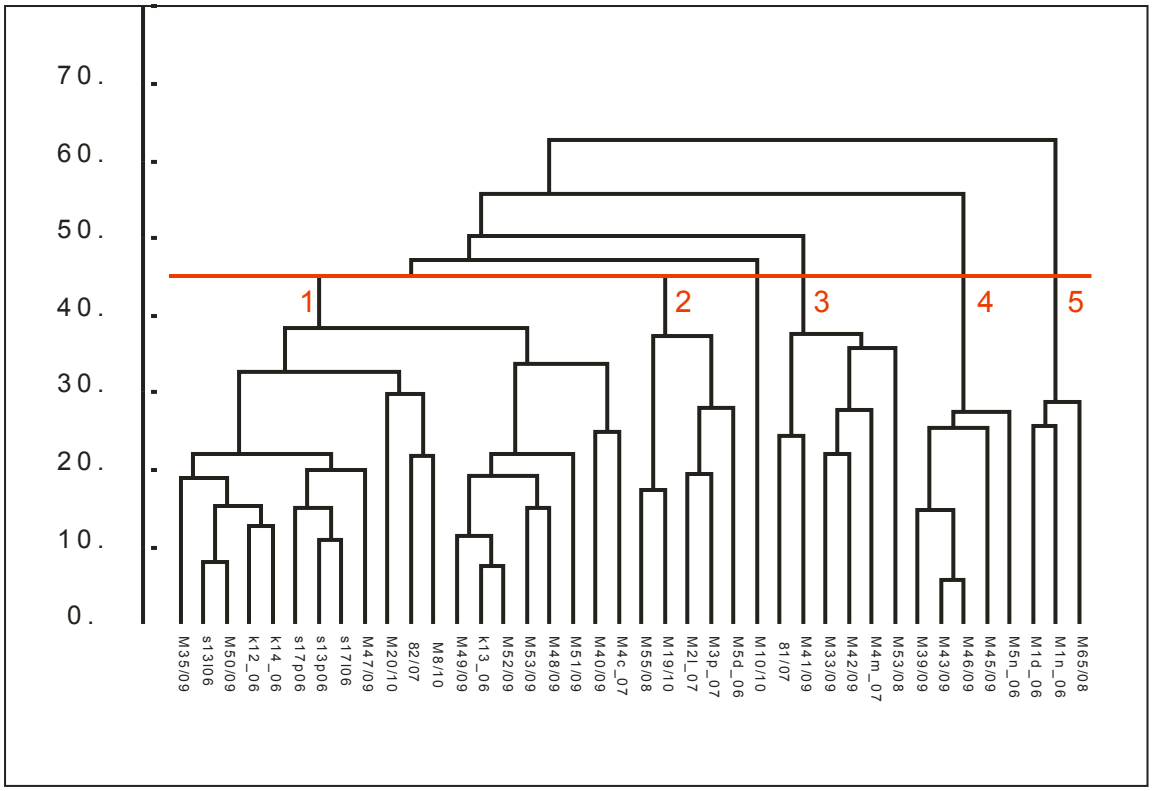
(Pokračování z předcházející strany)

Tabulka 12. Přehled druhového složení lučních a obdobných společenstev v transektu Vrchlabí - prameny Labe a v jeho okolí podle klasifikace TWINSPAN (viz Obr. 43). Uváděny jsou hodnoty frekvence výskytu druhu v procentech. Zařazeny jsou pouze druhy, které mají frekvenci vyšší než 10% alespoň v jediné klasifikační skupině.

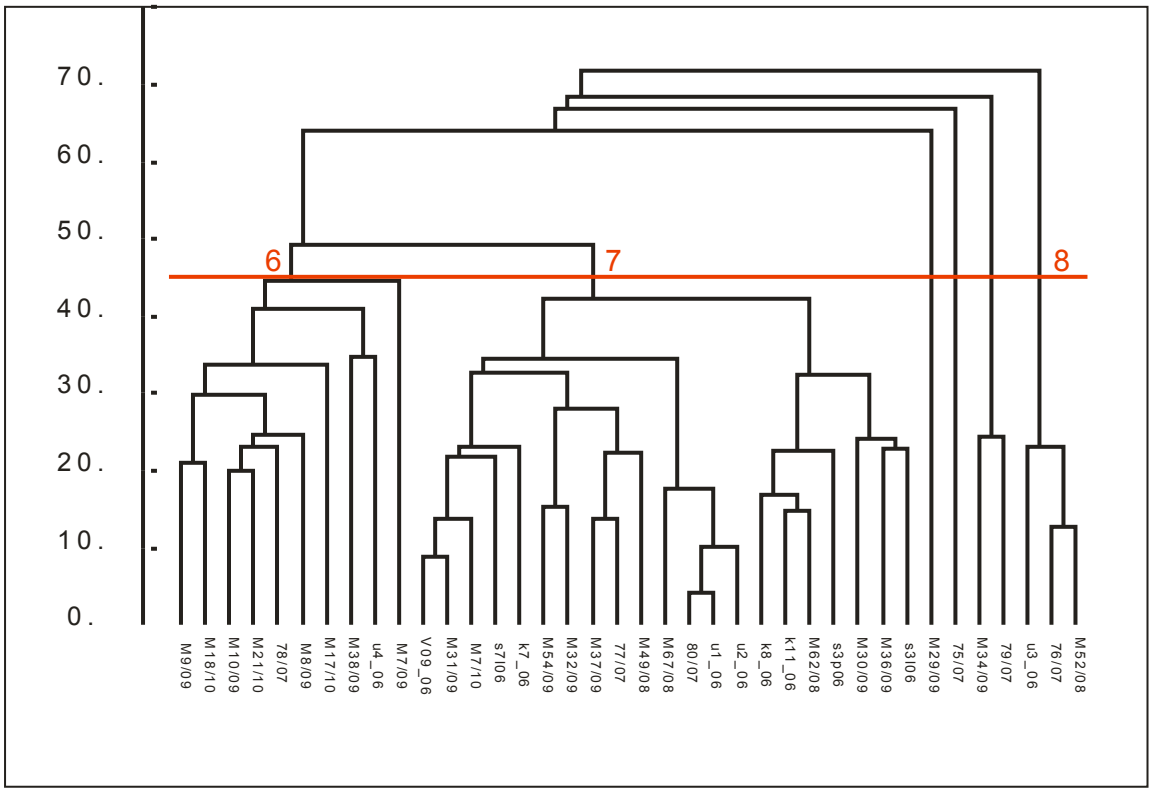
Klasifikační skupina	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**
označení skupiny podle TWINSPAN	***000**	***001**	***010**	***011**	***100**	***101**	***110**	***111**
Počet snímků	40	38	28	40	25	41	16	14
Maximální distance [heterogenita] (%)	62,7	71,8	62,9	63,2	58,3	66,6	50,1	76,3
Alliaria petiolata				2	8			
Epilobium alpestre				2	12			
Achillea millefolium			29	10	**76**	**80**	12	
Poa pratensis				5	16	20	6	
Campanula rotundifolia			14		16	34		
Carlina acaulis			7			20	6	
Plantago major			4			10		
Heracleum sphondylium					16	46	12	14
Arrhenatherum elatius					4	22	12	
Geranium pratense						15		
Carum carvi					4	15	6	
Crepis biennis						20		
Pimpinella saxifraga						12		
Taraxacum sect. *Ruderalia*			7	2	16	32		
Phyteuma spicatum				2	8	17	6	
Trifolium repens					20	**61**	6	7
Campanula patula			7		4	**54**	6	7
Knautia arvensis			4			15		
Leontodon autumnalis						27		
Leucanthemum vulgare agg.			7		12	**68**	12	
Lotus corniculatus			4		4	37	6	
Phleum pratense						17	6	
Plantago lanceolata						**63**	19	7
Polygala vulgaris						15	6	
Prunella vulgaris						34		
Trifolium pratense					8	**59**	19	
Trisetum flavescens				2	4	**56**	6	
Euphrasia rostkoviana						15		
Leontodon hispidus			14	2	16	**61**	6	
Briza media			4		4	22	25	
Stellaria graminea			7	2	8	49	31	21
Dactylis glomerata					**56**	**73**	**50**	21
Cirsium heterophyllum				2	20	2	6	
Vicia cracca			4		4	**51**	38	7
Vicia sepium						27	31	7
Galium album					4	22	12	21
Luzula multiflora						5		14
Lathyrus pratensis			4		4	41	**56**	7
Lychnis flos-cuculi						27	44	14
Sanguisorba officinalis			4			24	**50**	21
Luzula campestris					4	7	12	
Rumex acetosa			11	5	20	44	**62**	36
Ranunculus acris			32	8	40	**68**	**81**	29
Veronica chamaedrys			4	8	40	46	**56**	7
Alchemilla vulgaris agg.		3	18	10	**60**	**85**	**81**	**57**
Cerastium holosteoides			4	2	4	34	31	7
Geranium sylvaticum			4		48	46	**62**	36
Urtica dioica				5	32	7	6	36
Hypericum maculatum	2		29	32	**88**	**59**	44	36
Alopecurus pratensis				20	**64**	29	**56**	43
Rhinanthus minor			11	5	8	24	6	
Holcus mollis			4	10	32	5	12	7

Klasifikační skupina	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**
označení skupiny podle TWINSPAN	***000**	***001**	***010**	***011**	***100**	***101**	***110**	***111**
Epilobium angustifolium			4	15	**52**			7
Rumex alpinus				8	16			7
Acer pseudoplatanus			4	2	12			
Senecio ovatus	2		7	8	36	5	6	14
Agrostis capillaris		5	43	40	**76**	**66**	19	7
Festuca rubra			**57**	45	**72**	**63**	44	21
Crepis mollis subsp. *hieracioides*			21	5	12	17	12	
Galeopsis tetrahit				10	16	7		
Poa chaixii			36	10	**68**	10	6	7
Poa trivialis				2	8		12	7
Chaerophyllum aromaticum					20	2		**64**
Festuca pratensis					4	7	19	7
Aegopodium podagraria					4	7	25	7
Lysimachia nummularia						7	12	7
Rumex obtusifolius						20	25	29
Angelica sylvestris						7	38	7
Listera ovata						7	25	7
Chaerophyllum hirsutum					8	7	38	7
Ajuga reptans					4	7	38	
Cardaminopsis halleri					8		19	
Cirsium palustre						5	19	29
Mentha arvensis						2	6	14
Myosotis palustris					4	5		36
Glyceria fluitans								14
Poa palustris						2	6	**50**
Stellaria alsine								14
Epilobium palustre				2			6	**50**
Galium uliginosum				2		5	19	29
Juncus effusus	2		4	2	8	7	38	**50**
Dactylorhiza fuchsii				5		5	25	29
Menyanthes trifoliata				2			12	7
Caltha palustris							19	29
Filipendula ulmaria						2	**56**	**71**
Lysimachia vulgaris							19	7
Veronica beccabunga							6	21
Athyrium filix-femina							19	7
Lysimachia nemorum					4		19	14
Equisetum fluviatile							19	29
Carex davalliana							12	
Cirsium rivulare							12	7
Carex panicea						2	38	
Dactylorhiza majalis						2	**69**	
Valeriana dioica							38	
Anemone nemorosa							25	14
Cardamine pratensis						2	31	7
Geum rivale							38	7
Leucojum vernum							25	21
Scirpus sylvaticus							**56**	29
Cirsium oleraceum						15	**100**	36
Primula elatior							**81**	29
Equisetum palustre						2	**75**	36
Galium palustre							44	14
Ranunculus repens			4	5	12	2	19	**50**
Eriophorum angustifolium		5		2			25	14
Myosotis nemorosa				10	20	5	**62**	43
Crepis paludosa		5		18	8		**75**	**64**
Equisetum sylvaticum				10			25	43
Carex pallescens	2	3	4	10	4	15	38	14

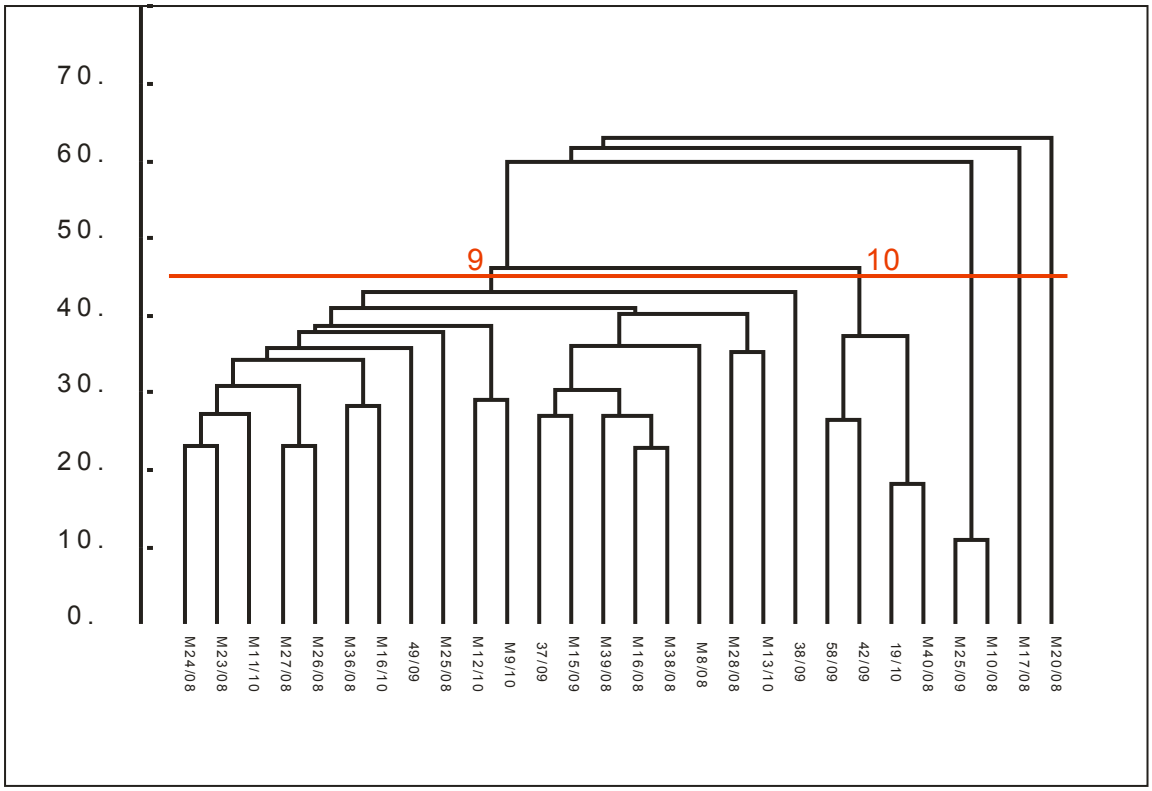
Klasifikační skupina	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**
označení skupiny podle TWINSPAN	***000**	***001**	***010**	***011**	***100**	***101**	***110**	***111**
Holcus lanatus			7		4	5	6	14
Carex echinata		5		2			31	7
Viola palustris		11		2	4			36
Juncus conglomeratus				5				14
Carex nigra	2		11	25		2	**56**	29
Senecio hercynicus			21	55	44			7
Epilobium montanum			4	8	12	2		7
Silene dioica		5	14	42	**68**	5	12	
Galeopsis pubescens				20	16	5	19	7
Salix silesiaca			11	2	12	2	6	
Carex ovalis			7	2	4		12	
Veronica officinalis			18		12	7	6	
Hieracium laevigatum			29	5	16	12		
Campanula bohemica		5	**82**	48	**76**	29		
Deschampsia cespitosa	12	**82**	29	**75**	**64**	7	31	36
Luzula sudetica		26	**57**	8	16	20		7
Potentilla aurea	2	11	25	12	12	5		
Picea abies	5	3	11	12		5		7
Sorbus aucuparia	2		14	8	8			
Potentilla erecta	12	16	**71**	**70**	40	34	31	29
Galium saxatile		8	46	10	24	7		
Luzula luzuloides	8		39	35	16	12		
Phleum rhaeticum			18	5	4			
Silene vulgaris	2	11	**75**	**62**	**72**	12		
Rumex arifolius		5	18	**60**	48			
Cicerbita alpina				10	8			
Polygonatum verticillatum			4	18	12			
Ranunculus platanifolius			11	38	24			7
Juncus filiformis	2	5	7	**60**	16		12	29
Carex brizoides				10				
Maianthemum bifolium	2		7	15				
Dryopteris dilatata				10				
Melampyrum sylvaticum		3	4	10		2		
Botrychium lunaria			11					
Bistorta major	**70**	**82**	**82**	**82**	**76**	27	**81**	**50**
Anthoxanthum odoratum agg.	15	**74**	**71**	**68**	28	**51**	**75**	29
Gentiana asclepiadea	18	3	39	42	16			
Melampyrum pratense	12		11	10	4			
Trientalis europaea	18	18	21	38				7
Calamagrostis villosa	38	29	21	**62**	8			7
Veratrum album subsp. *lobelianum*	22	34	18	**52**	16			
Solidago virgaurea subsp. *minuta*	48	**53**	43	42	20			
Vaccinium myrtillus	**75**	45	**64**	48	4	2		7
Avenella flexuosa	**98**	**87**	**82**	**60**	24	5		7
Nardus stricta	**90**	**97**	**96**	35	28	27	6	
Hieracium tubulosum	15	13	18	5				
Homogyne alpina	**68**	**76**	32	35	4			
Hieracium alpinum	**50**	29	29					
Carex bigelowii	**78**	**82**	4					
Agrostis rupestris	12	3						
Calluna vulgaris	**90**	18	11					
Vaccinium vitis-idaea	**50**	8						
Vaccinium uliginosum	12	3	4					
Pedicularis sudetica		13						
Trichophorum cespitosum	2	21						
Molinia caerulea	10	39	4	10				



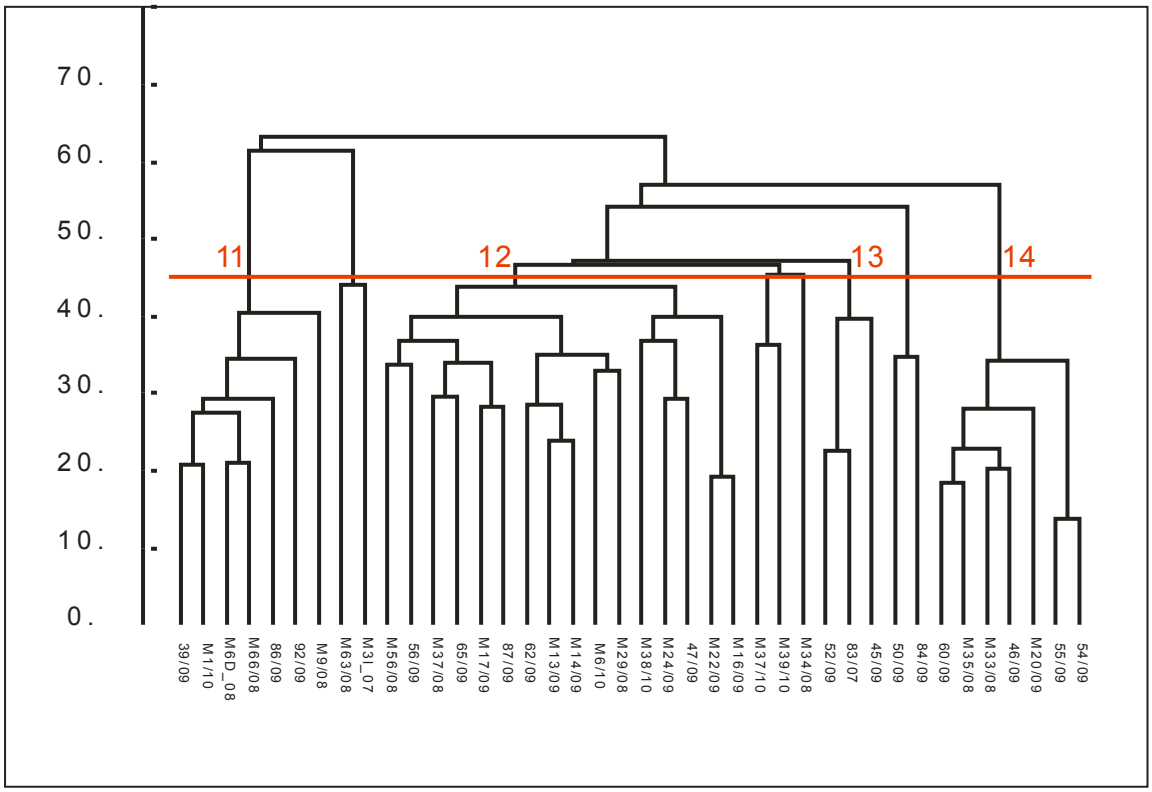
Obr. 44. Hierarchická klasifikace snímků skupiny A.



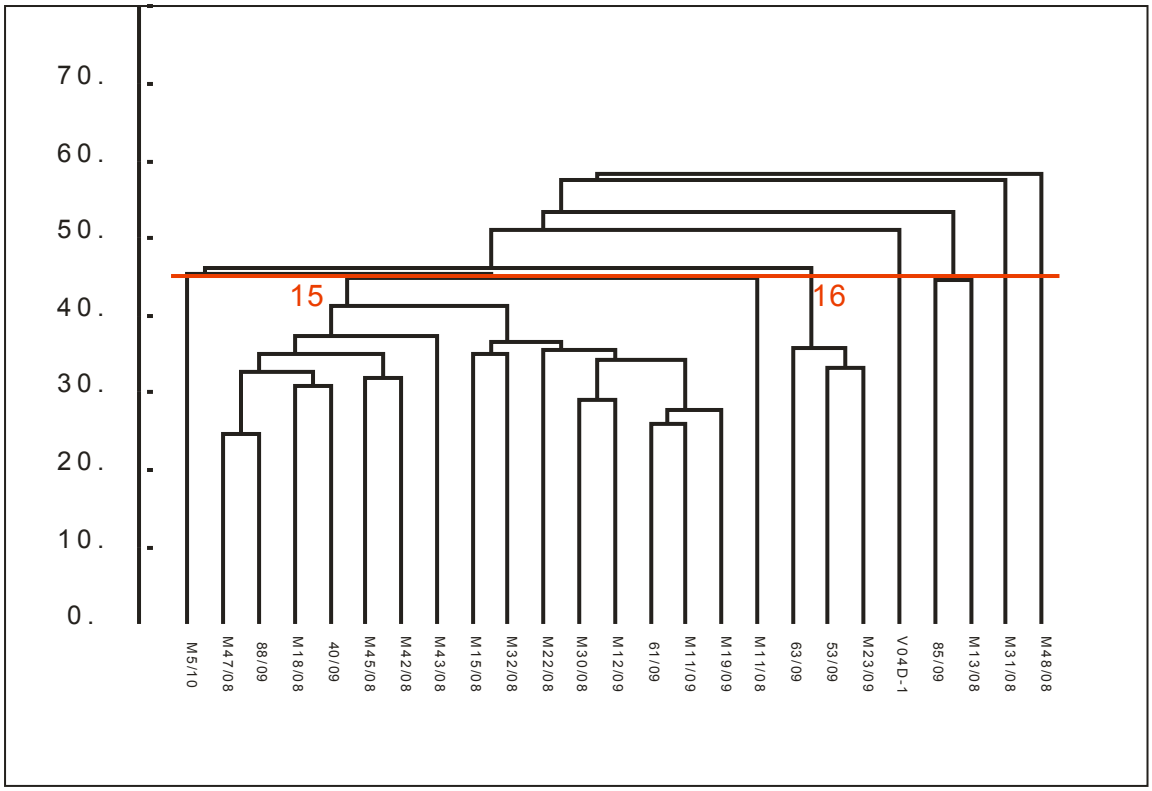
Obr. 45. Hierarchická klasifikace snímků skupiny B.



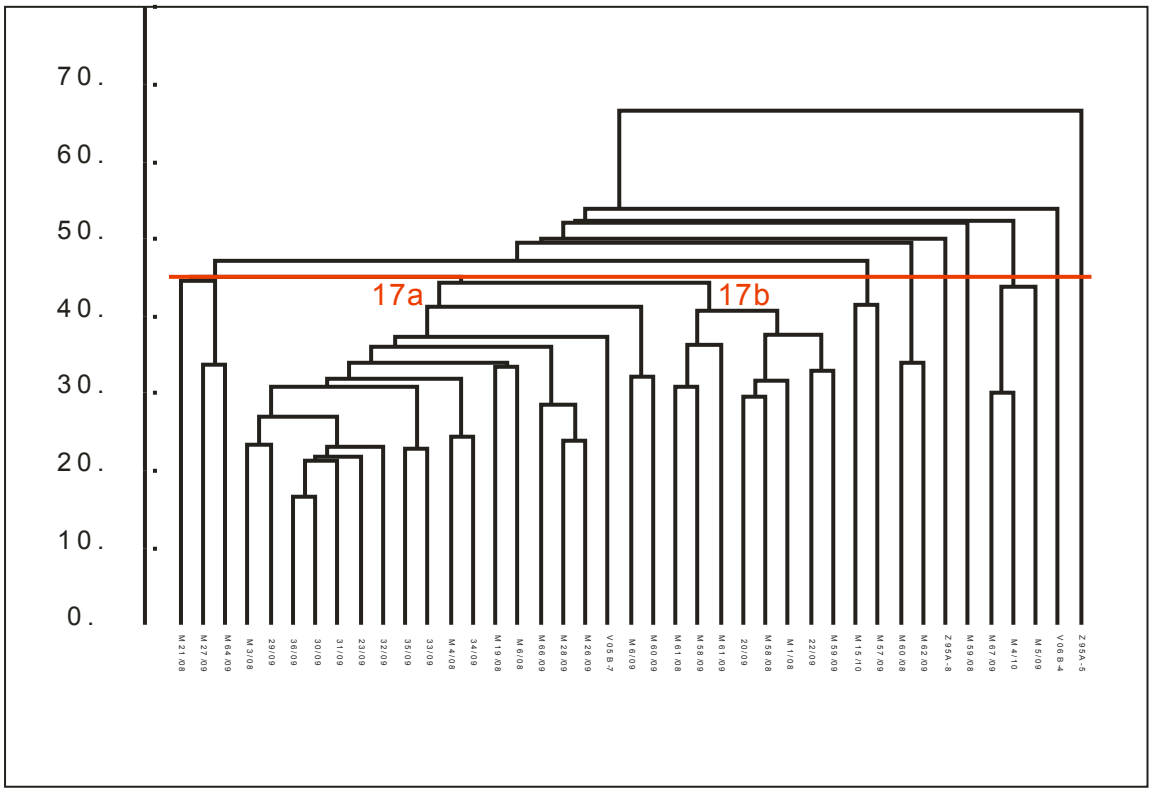
Obr. 46. Hierarchická klasifikace snímků skupiny C.



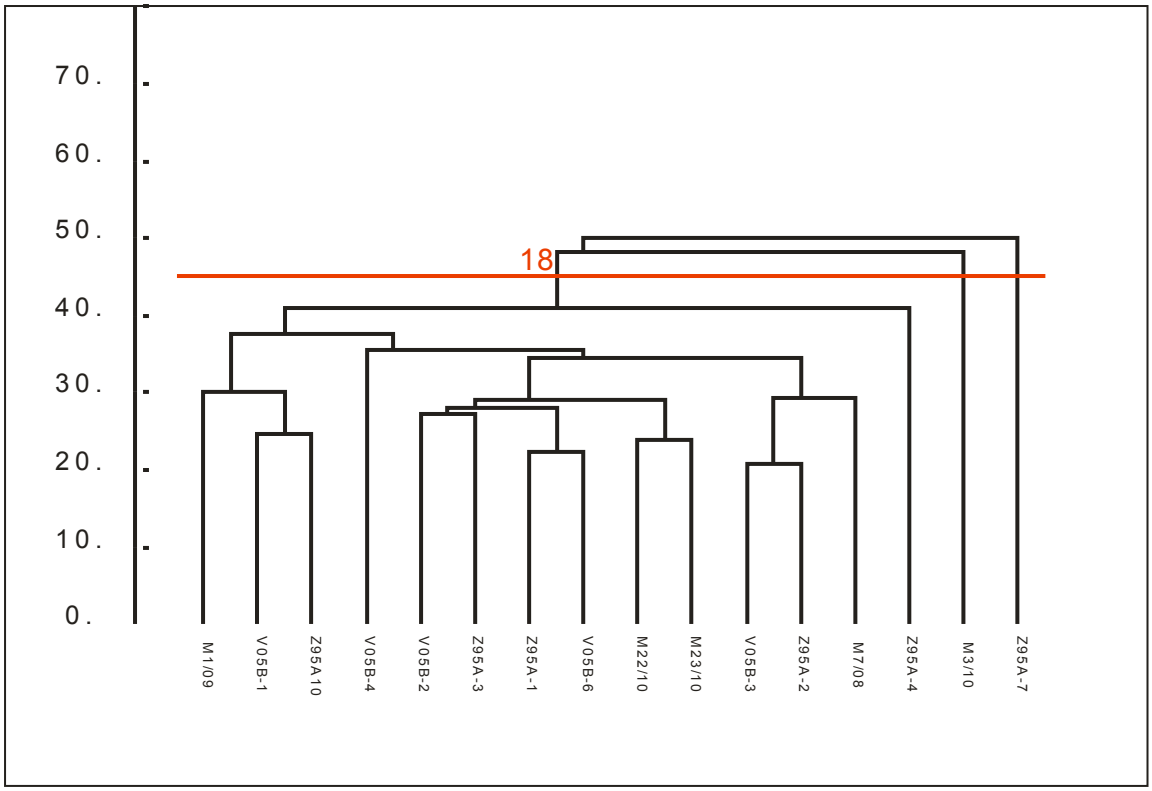
Obr. 47. Hierarchická klasifikace snímků skupiny D.



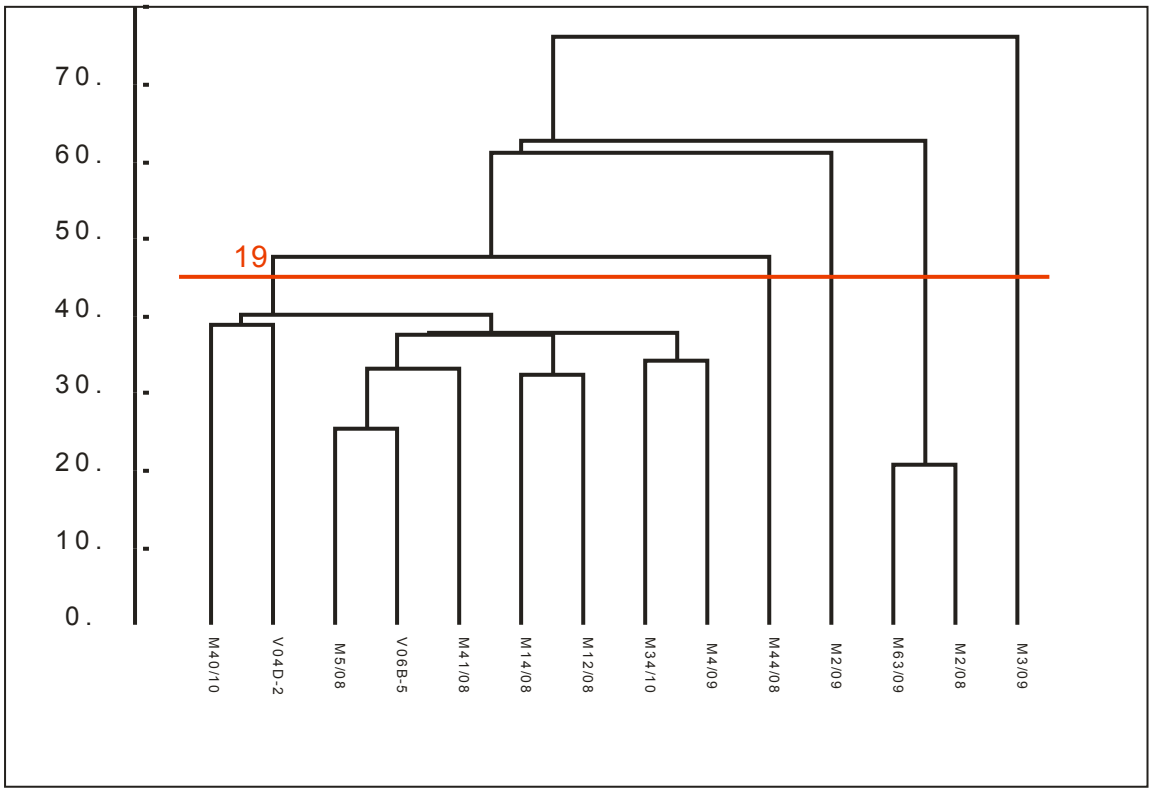
Obr. 48. Hierarchická klasifikace snímků skupiny E.



Obr. 49. Hierarchická klasifikace snímků skupiny F.

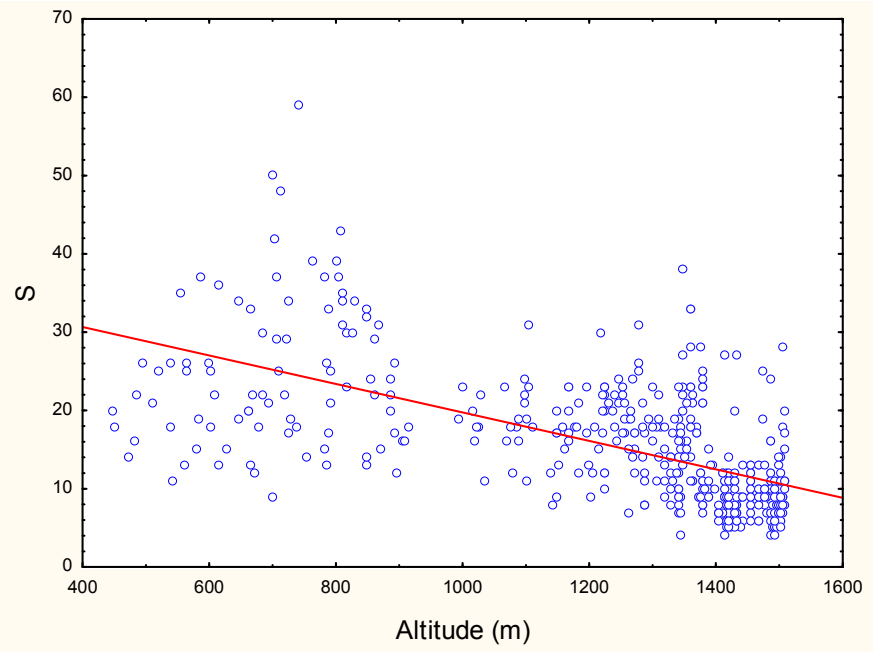


Obr. 50. Hierarchická klasifikace snímků skupiny G.

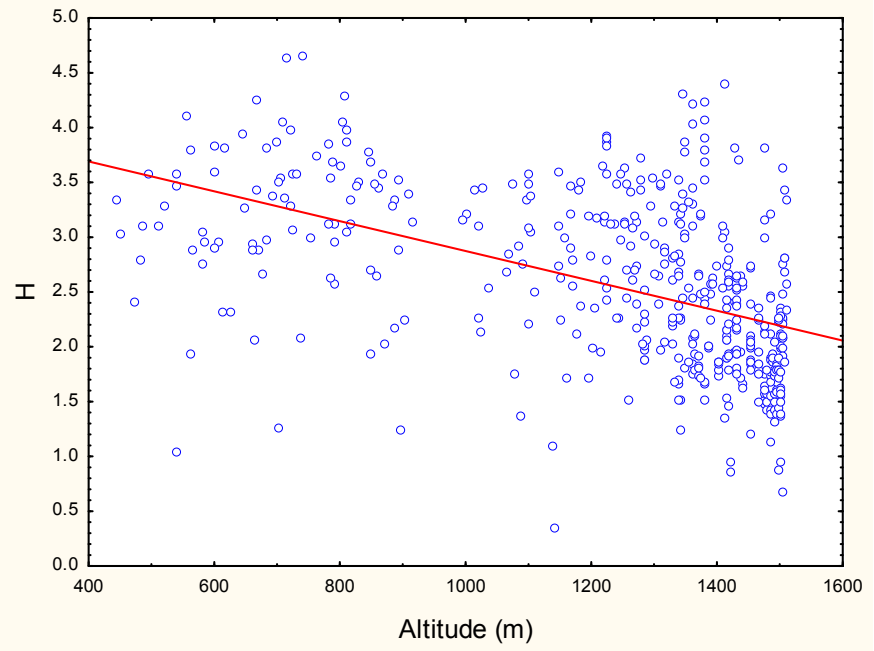


Obr. 51. Hierarchická klasifikace snímků skupiny H.

Významným faktorem prostředí, který má vliv na druhové složení sledovaných rostlinných společenstev je nadmořská výška. Ta ovlivňuje nejen druhovou bohatost ($r = -0{,}619$, $\alpha < 0{,}001$; Obr. 52), ale i celkovou druhovou diversitu ($r = -0{,}496$, $\alpha < 0{,}001$; Obr. 53). Mnohem méně je závislá druhová vyrovnanost na nadmořské výšce ($r = -0{,}134$, $\alpha \leq 0{,}0034$), přesto i tento vztah je statisticky signifikantní.

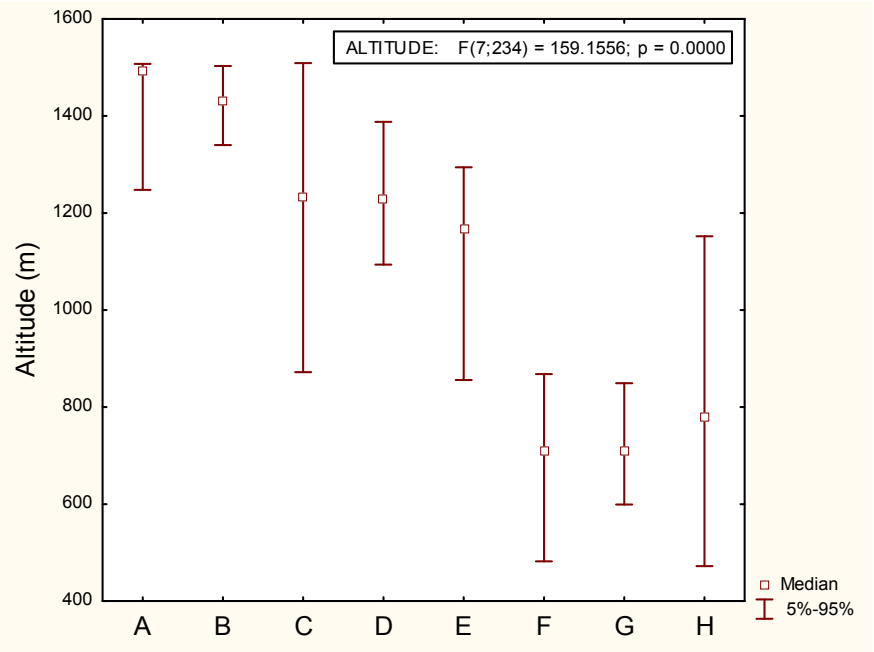


Obr. 52. Závislost druhové bohatosti bylinného patra na nadmořské výšce (S = 37.9 - 0.0182 Altitude).

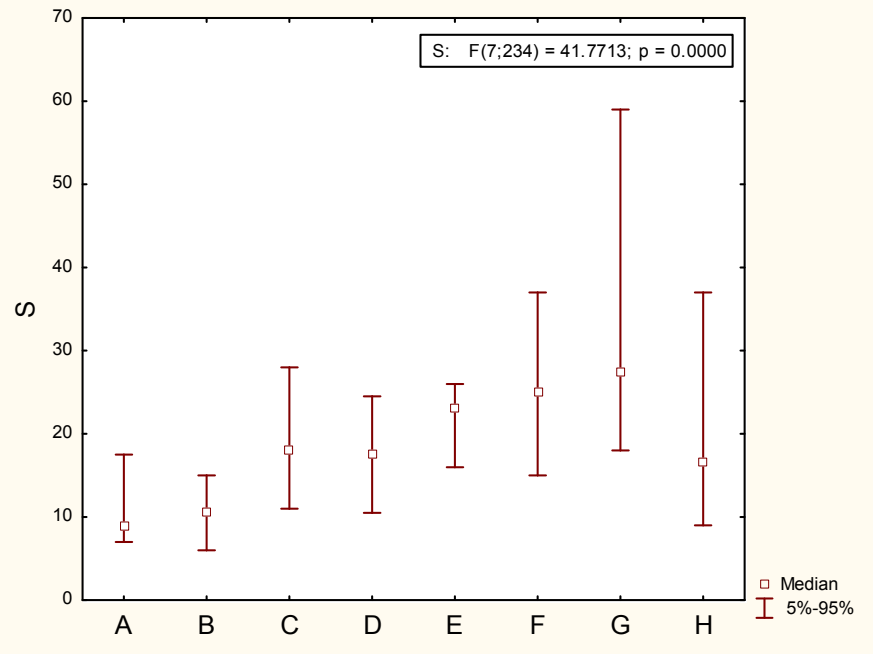


Obr. 53. Závislost Shannon-Wienerova indexu druhové diversity bylinného patra na nadmořské výšce (H = 4.24 - 0.0014 Altitude).

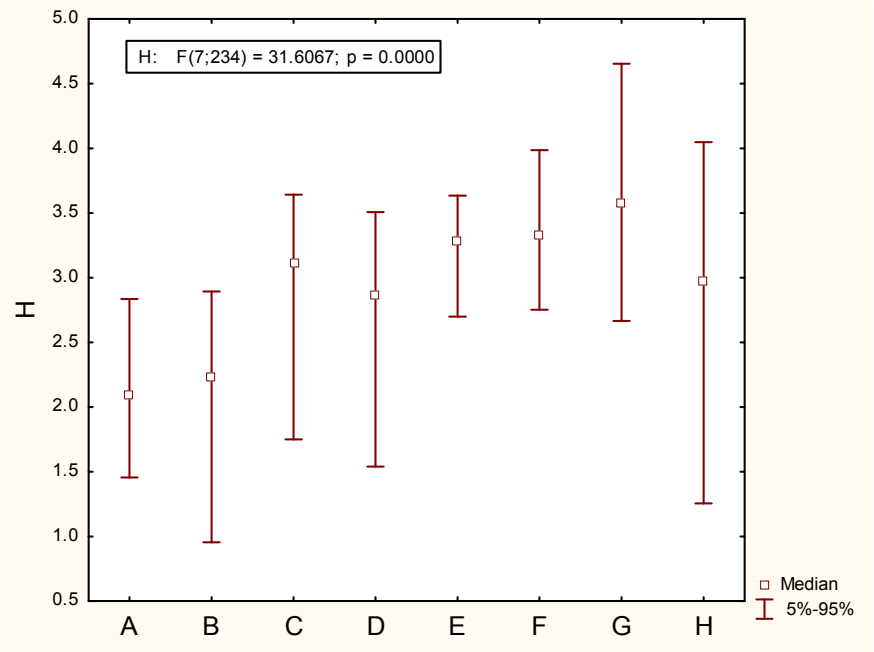
Rovněž rozmístění jednotlivých rozlišených klasifikačních skupin společenstev podél gradientu nadmořské výšky je silně signifikantní (testováno jednofaktorovou analýzou rozptylu; Obr. 54). Alpinská vřesoviště a keříčková společenstva (skupina A) se vyskytují od přibližně 1250 m n.m., alpinské trávníky (B) od 1340 m n.m. Horské a subalpinské smilkové trávníky (C) mají široké rozpětí výskytu. Horská a subalpinská společenstva svěžích půd jsou nalézána do nadmořské výšky 1390 m. Výskyt společenstev svazu *Polygono-Trisetion* (E) končí pouze o málo níže, ve výšce 1300 m n.m. Spodní hranice této jednotky tvoří relativně ostrý přechod se společenstvy svazu *Arrhenatherion* při hranici přibližně 870 m n.m. V obdobné nadmořské výšce (850 m n.m.) končí výskyt asociace *Angelico sylvestris-Cirsietum oleracei* (skupina G). Ostatní společenstva svazu *Calthion* jsou však nalézána až do výšky přibližně 1300 m n.m.
Druhová bohatost (Obr. 55) i celková diversita (Obr. 56) jsou rovněž specifické pro jednotlivé klasifikační skupiny.



Obr. 54. Rozsah výskytu jednotlivých skupin společenstev A až H na gradientu nadmořských výšek.



Obr. 55. Druhová bohatost bylinného patra jednotlivých skupin společenstev A až H.



Obr. 56. Celková diversita (Shannon-Wienerův index) bylinného patra jednotlivých skupin společenstev A až H.

Společenstva s dřevinami

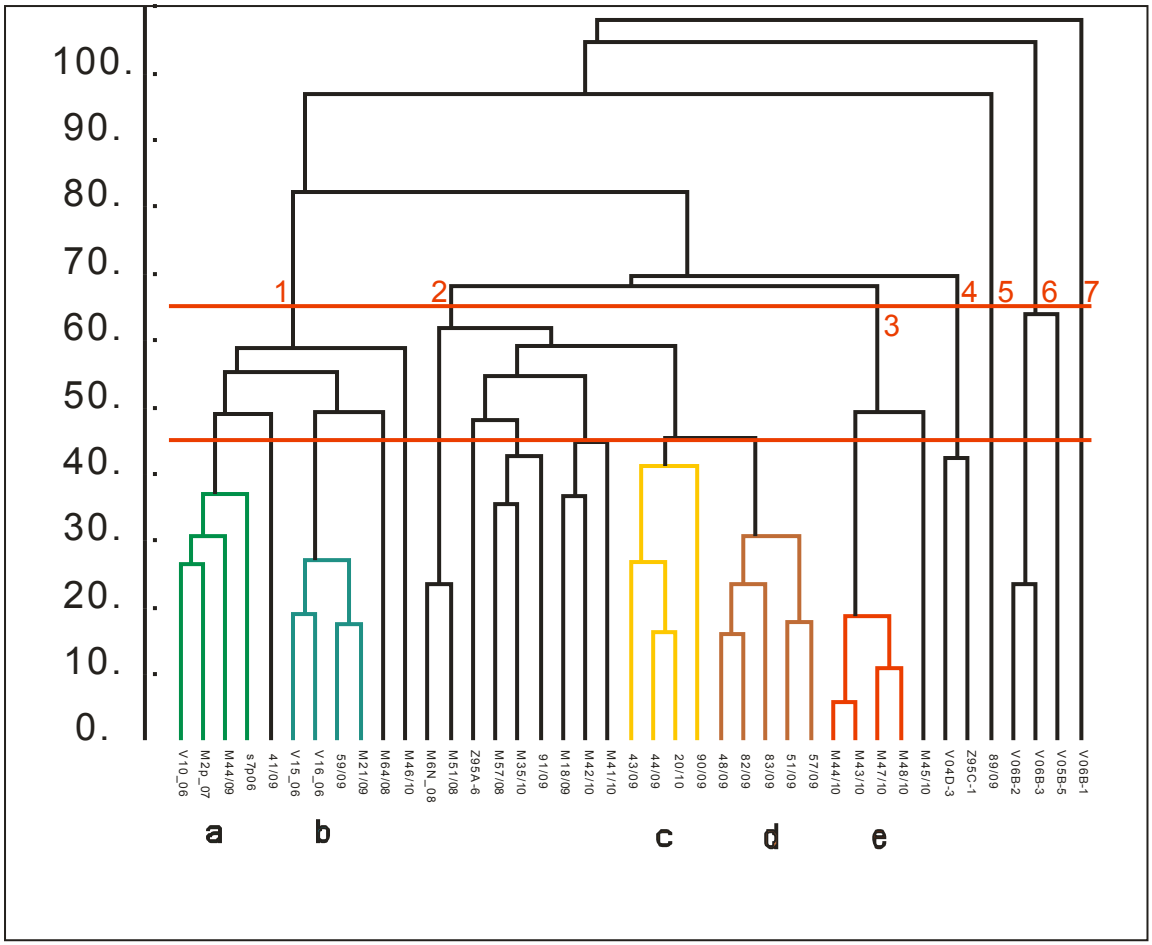
Ve sledované oblasti bylo snímkováno pouze malé množství těchto společenstev. Jejich numerická klasifikace byla provedena podle zastoupení druhů jak v bylinné, tak v obou dřevinných etážích (Obr. 57). Na hladině nepodobnosti 65 % byly rozlišeny tři výraznější shluky snímků (označené 1, 2 a 3) a několik menších shluků nebo osamostatnělých snímků.

Shluk 1 představuje společenstva svazu *Pinion mughi* s dominantním druhem *Pinus mugo* v nadmořských výškách 1310 až 1496 m. Klasifikace rovněž ukazuje na existenci dvou oddělených homogenních podskupin (a, b) v rámci tohoto shluku. Ty jsou charakterizovány buď dominancí *Vaccinium myrtillus* (shluk a) nebo *Calamagrostis villosa* (shluk b). Toto členění neodpovídá v literatuře udávanému rozdělení asociace *Myrtillo-Pinetum mughi* Hadač 1956 na *M.-P.m.* subas. *typicum* Jirásek 1996 a *M.-P.m.* subas. *homogynetosum* Jirásek 1996 (například HUSOVÁ ET AL. 2002), přičemž oba diferenciální druhy druhé subasociace (*Homogyne alpina* a *Trientalis europaea*) jsou přítomny ve většině snímků (Tabulka 13). Skutečnost, že tato společenstva jsou nalézána i nad hranicí alpinského stupně, který je možno ve sledovaném území položit do nadmořské výšky 1400 m, svědčí o tom, že zřejmě díky vzrůstu průměrných teplot v průběhu celého 20. století bylo možné takovéto rozšíření společenstev kleče nad její původní hranici, k čemuž zřejmě napomohly i dřívější úspěšné výsadby, často i geneticky nevhodné, nepůvodní kleče (HOLUBIČKOVÁ 1980). S dalším vzrůstem teplot lze očekávat, že šíření kleče na úkor alpinských společenstev bude pokračovat. Mírně odlišnou strukturu fytocenóz zaznamenaných ve sledované vrcholové oblasti Studniční hory lze pozorovat ve snímcích zapsaných zde v druhé polovině 60. let 20. století (BUREŠOVÁ 1976). Tehdy byla pozorována vysoká pokryvnost *Calluna vulgaris*, což by svědčilo pro příbuznost spíše s aktuálními snímky následujícího shluku, ale současně i *Vaccinium myrtillus* a *Homogyne alpina*, chyběl však *Trientalis europaea*. Zdá se tedy, že se jedná o skutečné změny, které mají zřejmě příčinu v nárůstu průměrných teplot vzduchu.

Shluk 3 obsahuje další společenstva s *Pinus mugo* (Tabulka 14), která jsou však typická vysokou pokryvností *Calluna vulgaris*, *Carex bigelowii* a *Nardus stricta*. Tato společenstva se nevyskytují pod 1400 m n.m., rostou tedy ve vlastním alpinském stupni Krkonoš. Fytocenologicky mají tato společenstva blízko k asociaci *Avenello flexuosae-Callunetum vulgaris* Zlatník 1925 (třída *Loiseleurio-Vaccinietea*). Jedná se o nejextrémnější klečová společenstva, kde se již nevyskytuje *Trientalis europaea*, minimální výskyt má i *Homogyne alpina*.

Shluk 2 zastupuje různé jehličnaté porosty převážně sekundárních lesů (Tabulka 15) ve vyšších nadmořských výškách (mimo jediného snímku nad 850 m n.m., většinou však nad 1050 m n.m.). I do této skupiny jsou zařazeny některé porosty s *Pinus mugo*, protože druhové složení jejich bylinného patra může být blízké smrkovým lesům. Klasifikační skupiny c a d pak představují vlastní více-méně homogenní skupinu sekundárních lesů s *Picea abies* na pozemcích, které představovaly v minulosti sekundární bezlesí, většinou pastviny, ale též ornou půdu. Bylinné patro je tvořeno především kombinací druhů *Avenella flexuosa*, *Vaccinium myrtillus* a *Calamagrostis villosa*. Smrk je v rámci skupiny c vzrostlý a vytváří ucelené stromové patro, zatímco ve skupině d většinou dosud neopustil keřové patro a zápoj dřevin je dosud nižší, proto se v porostu pravidelně objevuje *Epi-*

lobium angustifolium. Podobná společenstva vzniklá na základě sukcese smrku byla sledována i na Šumavě (viz výše).



Obr. 57. Klasifikace fytocenologických snímků s účastí dřevin (metoda average linkage, euklidovská distance, sloučená data etáží E_1 až E_3). Barevně jsou odlišeny homogenní shluky a až e.

Tabulka 13. Společenstva asociace *Myrtillo-Pinetum mughi* Hadač 1956 - klasifikační skupina 1 na Obr. 57.

Klasifikační skupina	a	a	a	a		b	b	b	b		
Snímek	V10_06	M2p_07	M44/09	s7p06	41/09	V15_06	V16_06	59/09	M21/09	M64/08	M46/10
Číslo lokality	15	26	21	19	231	16	17	249	271	203	346
Nadmořská výška (m)	1379	1329	1496	1485	1348	1364	1370	1310	1354	1343	1477
Sklon (°)	0	0			0	0	0	4	12	10	10
Orientace								JZ	JZ	JV	S
Pokryvnost E_3 (%)	0	0	0	0	10	0	0	10	5	0	0
Pokryvnost E_2 (%)	65	80	85	90	40	60	59	50	60	95	70
Pokryvnost E_1 (%)	82	95	40	80	80	81	78	70	80	75	80
Pokryvnost E_0 (%)	3	0	5	0	60	2	3	5	5	3	5
Počet druhů (S)	11	14	8	6	13	11	17	14	15	7	10
Diversita ('H)	2.38	2.03	1.59	1.14	1.81	1.93	1.92	1.98	1.86	1.24	2.18
Vyrovnanost (e)	0.69	0.53	0.53	0.44	0.49	0.56	0.47	0.52	0.48	0.44	0.66
E_3											
Picea abies					10			10	5		
E_2											
Pinus mugo	65	80	85	90	38	50	59	48	60	95	70
Picea abies					2	10		2.5			
Sorbus aucuparia subsp. *glabrata*							0.47				
E_1											
Calamagrostis villosa	r	1-2	+	2	1-2	3	3	3	3	3	+-1

Klasifikační skupina	a	a	a	a		b	b	b	b		
Snímek	V10_06	M2p_07	M44/09	s7p06	41/09	V15_06	V16_06	59/09	M21/09	M64/08	M46/10
Vaccinium myrtillus	3-4	3	2-3	3-4	5	3	2-3	1-2	1	1	
Homogyne alpina	1-2	+	+	+	1-2		+	+	+	+	1
Bistorta major	+	r	+	+	+		+	+	r		
Avenella flexuosa	2	2	2		2	2	1	2	2	1	3
Trientalis europaea	1	+	+		+		+	+	+	+	
Rumex arifolius	1	r			r						
Vaccinium vitis-idaea	1		+-1	+-1		+-1	1				
Nardus stricta	1					1	+	+	+-1		2
Deschampsia cespitosa	r					r	r				
Athyrium filix-femina	1										
Dryopteris dilatata		1	+		+					+	r
Calluna vulgaris		r		r		r	+				+
Melampyrum pratense		r			1						
Potentilla aurea		r				r	r				
Solidago virgaurea subsp. *minuta*		r					r				r
Veratrum album subsp. *lobelianum*		+-1						+	+		
Sorbus aucuparia		+									
Anthoxanthum alpinum					+	r			+		1
Silene dioica					+		r				
Senecio hercynicus					+			r	+		
Silene vulgaris					+-1			+			
Carex bigelowii						r	r				2-3
Hieracium alpinum						+	+				+
Gentiana asclepiadea							r		+		
Leontodon autumnalis							r				
Luzula luzuloides								+-1	+		
Epilobium angustifolium								+			
Galium saxatile								+			
Potentilla erecta								r			
Athyrium distentifolium									r		
Hieracium tubulosum									r		
Streptopus amplexifolius									r		
Maianthemum bifolium										+	

Dílčí závěr

Luční a obdobná společenstva v Krkonoších jsou rozmístěna v závislosti na výrazném gradientu nadmořských výšek, který je dobře reprezentován studovaným krajinným transektem Vrchlabí - prameny Labe. Zde je možno dobře popsat změny ve struktuře společenstev při přechodu mezi sekundárním bezlesím v místech s lesními společenstvy potenciální vegetace a primárním bezlesím v subalpinských a alpinských polohách.

Přestože se v krajině vyskytuje řada ploch, na nichž v současnosti probíhá sekundární sukcese, není tento proces tak dobře popsatelný, jako v případě Šumavy, asi proto, že k ponechání pozemků ladem došlo zřejmě v určitém užším časovém rozmezí. Současně je též Správou KRNAP podporováno kosení lučních lokalit, takže mnoho ploch je sice opakovaně koseno, ale hospodářské postupy se zřejmě odlišují od postupů užívaných v minulosti (kosení pouze jedenkrát ročně a to jednorázově na celé ploše, absence organického hnojení, chybí jiná údržba lučních porostů). To platí zejména pro subalpinské polohy, kde můžeme pozorovat i velkoplošně rozšířená společenstva zde popsaná jako typ *Senecio hercynicus-Polygonatum verticillatum*.

Relativně málo se v sukcesi uplatňují dřeviny, zřejmě právě pro alespoň občasné kosení většiny porostů v místech sekundárního bezlesí. Relativně často je možno nalézt rozrůstající se porosty *Pinus mugo* v subalpinském i alpinském stupni. Lze předpokládat, že tento druh může být klíčový pro zmenšování rozlohy výskytu typických travních a keříčkových společenstev ve vyšších nadmořských výškách Krkonoš. Společenstva s *Pinus mugo* lze členit minimálně do dvou skupin - na klečové porosty subalpinské (shluk 1; Tabulka 13) a na alpinská vřesoviště s klečí (shluk 3; Tabulka 14). Od subalpinského stupně níže je to pak *Picea abies* a *Sorbus aucuparia*, jejich výskyt je však ve srovnání se Šumavou nižší. Dále byla opakovaně v travních porostech nalézána *Salix silesiaca*. Málo častý ale potvrzený byl nálet *Acer pseudoplatanus*. Na vlhkých půdách v nižších nadmořských výškách pak byla zjištěna sukcese s *Alnus glutinosa*.

Ukazuje se, že dlouhodobá dynamika rostlinných společenstev je ovlivněná nejen změnou hospodaření či jiného využití (např. omezení turistiky v některých místech vrcholových Krkonoš), ale podstatný vliv má i dynamika klimatu. Pokud tedy určité syntaxonomické jednotky byly definovány na základě snímkového materiálu pořízeného před několika desetiletími, nemusí jim současná společenstva plně odpovídat. Příkladem může být asociace *Myrtillo-Pinetum mughi*.

Na většině plochy nad aktuální horní hranicí lesa v Krkonoších nelze mluvit o travních společenstvech, jako o přirozené potenciální vegetaci v rámci primárního alpinského bezlesí, protože zde v minulosti byly tyto plochy pravidelně obhospodařovány - paseny nebo koseny (MATĚJKA 1010c, f: pp. 17-20). Zemědělské hospodaření bylo též příčinou častého umělého snížení horní hranice lesa. Navíc v průběhu posledních několika desetiletí došlo ke vzrůstu průměrných teplot vzduchu. Lze tedy předpokládat, že i přirozená alpinská hranice lesa se bude zvyšovat stejně jako hranice souvislého výskytu *Pinus mugo* (subalpinské zóny). Udržet travní porosty v subalpinské zóně je tedy možné pouze za předpokladu, že se zamezí zarůstání klečí a současně budou plochy koseny nebo spásány. V případě pouhých dílčích zásahů s vyřezáním kleče a dalším ponecháním lokalit bez hospodaření dojde pouze ke vzniku bylinných sukcesních stadií, především typu *Senecio hercynicus-Polygonatum verticillatum*.

Tabulka 14. Společenstva alpinských vřesovišť s *Pinus mugo* - klasifikační skupina 3 na Obr. 57.

Klasifikační skupina	e	e	e	e	
Snímek	M44/10	M43/10	M47/10	M48/10	M45/10
Číslo lokality	344	344	345	345	346
Nadmořská výška (m)	1419	1419	1499	1499	1477
Sklon (°)	15	15	10	15	10
Orientace	JZ	JZ	S	S	S
Pokryvnost E_3 (%)	23	28	15	18	12
Pokryvnost E_2 (%)	98	95	95	95	100
Pokryvnost E_1 (%)	5	5	5	5	0
Pokryvnost E_0 (%)	6	5	14	13	10
Počet druhů (S)	1.93	1.94	2.25	2.26	2.12
Diversita ('H)	0.75	0.84	0.59	0.61	0.64
E_2					
Pinus mugo	2-3	3	2	2	2
Picea abies				+	
E_1					
Avenella flexuosa	2	2	2	2	3
Calluna vulgaris	3	3	4	4	1
Carex bigelowii	2	2	2	2	2-3
Homogyne alpina	r		+		
Nardus stricta	2	2	2	1	2
Solidago virgaurea subsp. *minuta*	r		+	1	+
Anthoxanthum alpinum		+	r	+	1
Bistorta major			1	1	+
Calamagrostis villosa			+	+	+
Festuca supina			+	+	
Hieracium alpinum			+	+	+
Huperzia selago			r	+	
Vaccinium myrtillus			1	1	
Vaccinium vitis-idaea			+	+	
Veratrum album subsp. *lobelianum*					r

Tabulka 15. Společenstva klasifikační skupiny 2 na Obr. 57 - převážně sekundární jehličnaté lesy. Bývalá kultura dle mapy stabilního katastru z roku 1842: f - les, w - pastvina, p - orná půda.

Klasifikační skupina										c	c	c	c	d	d	d	d	d
Snímek	M6N_08	M51/08	Z95A-6	M57/08	M35/10	91/09	M18/09	M42/10	M41/10	43/09	44/09	20/10	90/09	48/09	82/09	83/09	51/09	57/09
Číslo lokality	29	190	51	196	358	275	268	343	343	233	234	368	274	238	260	261	241	247
Nadmořská výška (m)	1286	1215	666	1036	1110	860	1344	1475	1475	1255	1238	1202	850	1261	1195	1176	1328	1283
Orientace		V	J	JV		285	190	JJV	JV		150	90	270	230	275	300	280	315
Sklon (°)		10	60	5	0	20	2	20	20	0	6	8	12	13	20	10	20	10
Bývalá kultura (land-use)		w	f	f		f	w			w	w		p	w	w	w		w
Pokryvnost E_3 (%)	0	10	80	10	0	25	5	0	0	25	30	35	60	30	0	0	20	30
Pokryvnost E_2 (%)	12	15	10	15	20	5	37	25	25	0	5	0	0	0	25	35	5	5
Pokryvnost E_1 (%)	96	95	25	20	50	35	80	100	100	90	85	55	20	77	90	90	80	80
Pokryvnost E_0 (%)	1	5	25	20	25	10	15	0	0	15	20	40	5	60	5	2	20	30
Počet druhů (S)	11	15	33	11	18	22	16	25	19	19	20	9	14	7	17	18	14	14
Diversita ('H)	2.23	1.95	4.26	2.53	2.50	2.65	2.45	3.82	3.16	2.70	3.13	1.99	1.94	1.51	1.71	2.12	2.25	2.02
Vyrovnanost (e)	0.64	0.50	0.84	0.73	0.60	0.60	0.61	0.82	0.74	0.64	0.72	0.63	0.51	0.54	0.42	0.51	0.59	0.53
E_3																		
Picea pungens		5																
Pseudotsuga menziesii		5																
Picea abies			30			6.3	5			25	30	35	60	30			20	30
Acer pseudoplatanus			14															
Fraxinus excelsior			14															
Ulmus glabra			14															
Sorbus aucuparia			8															
Betula pendula				5														
Larix decidua				5														
Fagus sylvatica						19												
E_2																		
Pinus mugo	12			1.5			33	25	25									2.3
Sorbus aucuparia		3.8	3.2			3.5	3.7								0.5	0.7		0.25
Salix caprea		1.5			3.6													
Picea pungens		9.8																
Acer pseudoplatanus			3.2															
Ulmus glabra			3.2															
Rubus idaeus			0.32															
Picea abies				1.5							5				24	34	5	2.5
Betula pendula				6														
Larix decidua				6														
Salix aurita					13													

Klasifikační skupina										c	c	c	c	d	d	d	d	d
Snímek	M6N_08	M51/08	Z95A-6	M57/08	M35/10	91/09	M18/09	M42/10	M41/10	43/09	44/09	20/10	90/09	48/09	82/09	83/09	51/09	57/09
Populus tremula					3.6													
Fagus sylvatica						1.5												
Betula carpatica																0.35		
E_1																		
Avenella flexuosa	2	2	+	1		1	3	1-2	1	2	3-4	3	2	2	2-3	1	3	3
Vaccinium myrtillus	2	2	+	2		1-2	2	1-2	+	2-3	1-2	2-3	1	4	3-4	4	3	3
Calamagrostis villosa	4	4		+	+	+	2-3	+	1	4	3	3		+-1	1-2	2	1	1
Bistorta major	+	+			r			1	1-2	+	+						+	+
Homogyne alpina	r	1-2					+-1	1	1	2	1-2	+-1		1		2	+-1	1
Veratrum album subsp. *lobelianum*	1	r						+	1	1	1-2							
Anthoxanthum odoratum agg.	r						1	1	1	+	+							+
Potentilla erecta	+-1							1-2	1	+	1							
Gentiana asclepiadea	1									+	1-2		r					
Melampyrum sylvaticum	1												r					+
Vaccinium uliginosum	1																	
Senecio ovatus		+	1			r		1-2	1						r	+-1		
Silene dioica		+	+					+	+	+					+	+		
Salix silesiaca		r		r												r		
Rumex arifolius		+			+			+	r							+		+
Epilobium angustifolium		+			r										+	r	r	+
Maianthemum bifolium		+				+					+							
Galium saxatile		+					+	1	+	+	+-1				+	+-1	1	
Trientalis europaea		+					+		+	r	+-1	1		1	+	+	+	+
Alnus incana		+																
Luzula luzuloides			1			+	+			+-1	1		+				2	
Dryopteris dilatata			1			+				+	+	+	+-1	+	r	r	+	+
Fagus sylvatica			+			2							+					
Oxalis acetosella			1			+										+		
Solidago virgaurea subsp. *minuta*			+					2	1		+				r	+		
Hieracium murorum			+										+					
Stellaria nemorum			+													r		
Ajuga reptans			+															
Anemone nemorosa			1-2															
Angelica sylvestris			+															
Asarum europaeum			+															
Galeobdolon luteum			1															
Geranium robertianum			1															

Klasifikační skupina										c	c	c	c	d	d	d	d	d
Snímek	M6N_08	M51/08	Z95A-6	M57/08	M35/10	91/09	M18/09	M42/10	M41/10	43/09	44/09	20/10	90/09	48/09	82/09	83/09	51/09	57/09
Gymnocarpium dryopteris			+															
Lathraea squamaria			1															
Melampyrum nemorosum			1															
Moehringia trinervia			+															
Mycelis muralis			1															
Myosotis nemorosa			r															
Petasites albus			+															
Phyteuma spicatum			1-2															
Poa nemoralis			1															
Polystichum aculeatum			1															
Prenanthes purpurea			+															
Sanicula europaea			+															
Stachys sylvatica			1															
Ulmus glabra			+															
Urtica dioica			r															
Viola reichenbachiana			+															
Picea abies				+2		+							r	+				+
Luzula pilosa				+		+							r					
Nardus stricta				1			2	2-3	1-2	+-1							+	
Betula pendula				1														
Diphasiastrum complanatum				+														
Lycopodium clavatum				+														
Populus tremula				1														
Juncus effusus					+	+												
Carex nigra					2		+											
Molinia caerulea					+				3									
Juncus filiformis					1										r			+
Alchemilla vulgaris agg.					r													
Cardamine amara					1													
Crepis paludosa					r													
Epilobium montanum					+													
Glyceria fluitans					3													
Chaerophyllum hirsutum					+-1													
Myosotis palustris					+													
Stellaria alsine					+													
Tussilago farfara					1													
Veronica beccabunga					1													

Klasifikační skupina										c	c	c	c	d	d	d	d	d
Snímek	M6N_08	M51/08	Z95A-6	M57/08	M35/10	91/09	M18/09	M42/10	M41/10	43/09	44/09	20/10	90/09	48/09	82/09	83/09	51/09	57/09
Sorbus aucuparia						2				+-1		+	+		+	+-1	+	
Blechnum spicant						r						r						
Athyrium filix-femina						+							+					
Hieracium lachenalii						r							r					
Rubus idaeus						+									+		+	
Abies alba						+												
Carex ovalis						+												
Carex pallescens						+												
Salix caprea						r												
Senecio viscosus						r												
Senecio hercynicus							r			+	1						r	
Melampyrum pratense							+			2	2							
Silene vulgaris							r			+					+	r		
Athyrium distentifolium							+					+				+		
Vaccinium vitis-idaea							r											+-1
Hieracium tubulosum							r											
Deschampsia cespitosa								1-2	1						r			
Carex bigelowii								1	r									
Coeloglossum viride								r	+									
Pulsatilla alpina subsp. *austriaca*								1-2	+									
Campanula bohemica								+										
Geum montanum								+										
Hieracium alpinum								+										
Hypochaeris uniflora								+										
Luzula sudetica								+										
Phleum rhaeticum								r										
Potentilla aurea								1-2										
Arnica montana											(+)							
Carex pilulifera											+							
Hieracium laevigatum											+							
Sambucus racemosa													+					
Hypericum maculatum															r			
Rumex alpinus															r			

Dílčí cíl 7 - Návrh nových metod managementu ekosystémů v souvislosti s ochranou biodiversity

Práce probíhající v roce 2009 se týkaly následující plánované aktivity:
7-01 Nové prvky managementu lesů z hlediska ochrany přírody
7-02 Nové prvky managementu bezlesí z hlediska ochrany přírody

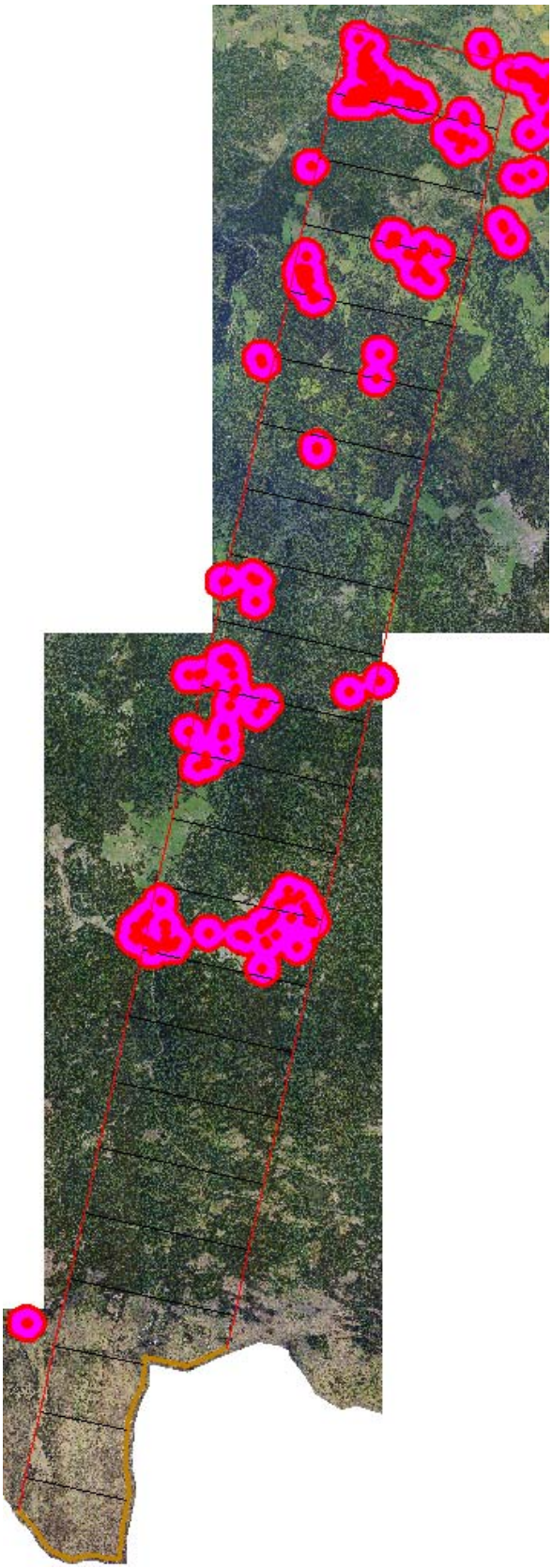
Obě aktivity jsou řešeny společně tak, aby byla naplňována následující koncepce návrhu metod managementu. Koncepce je členěna podle tří základních hierarchických úrovní biodiversity, u řady témat je uveden nástin jejich obsahu, který bude v další etapě řešení projektu rozveden:

Úroveň krajiny

Zachování historické struktury krajiny: Dosavadní výzkum ukazuje na význam dřívějšího obhospodařování krajiny pro její aktuální strukturu a vegetační pokryv. Za optimální lze považovat využití obrazu o historickém stavu krajiny v první polovině 19. století, který je zobrazen na mapách stabilního katastru. Jedná se o mapové dílo zhotovené s dostatečnou přesností, které lze po relativně jednoduché přípravě využít v prostředí GIS k dalším analýzám.
Ochranu si zasluhuje zachování těch hranic kategorií pozemků s různým užitím země, které se dosud v krajině zachovalo.

Péče o liniové elementy v krajině: Liniové elementy v krajině souvisí jednak s výskytem přirozených linií, jako jsou vodní toky nebo břehové linie vod, jednak s umělými liniemi vzniklými na základě různého obhospodařování sousedních pozemků. Tento druhý typ lze dále členit dle různých kriterií, důležité je rozdělení podle toho zdali daný element odráží nějaký prvek historický (starší nežli cca 100 let, nejlépe je-li znatelný např. na mapě stabilního katastru) nebo se jedná o útvar aktuální nebo nedávný (např. doprovodná vegetace nově postavených komunikací). Historické liniové elementy mají mimořádný význam z hlediska ochrany přírody a to nejen na úrovni krajinně-ekologické, ale i jako biotopy osídlené různými klíčovými druhy.

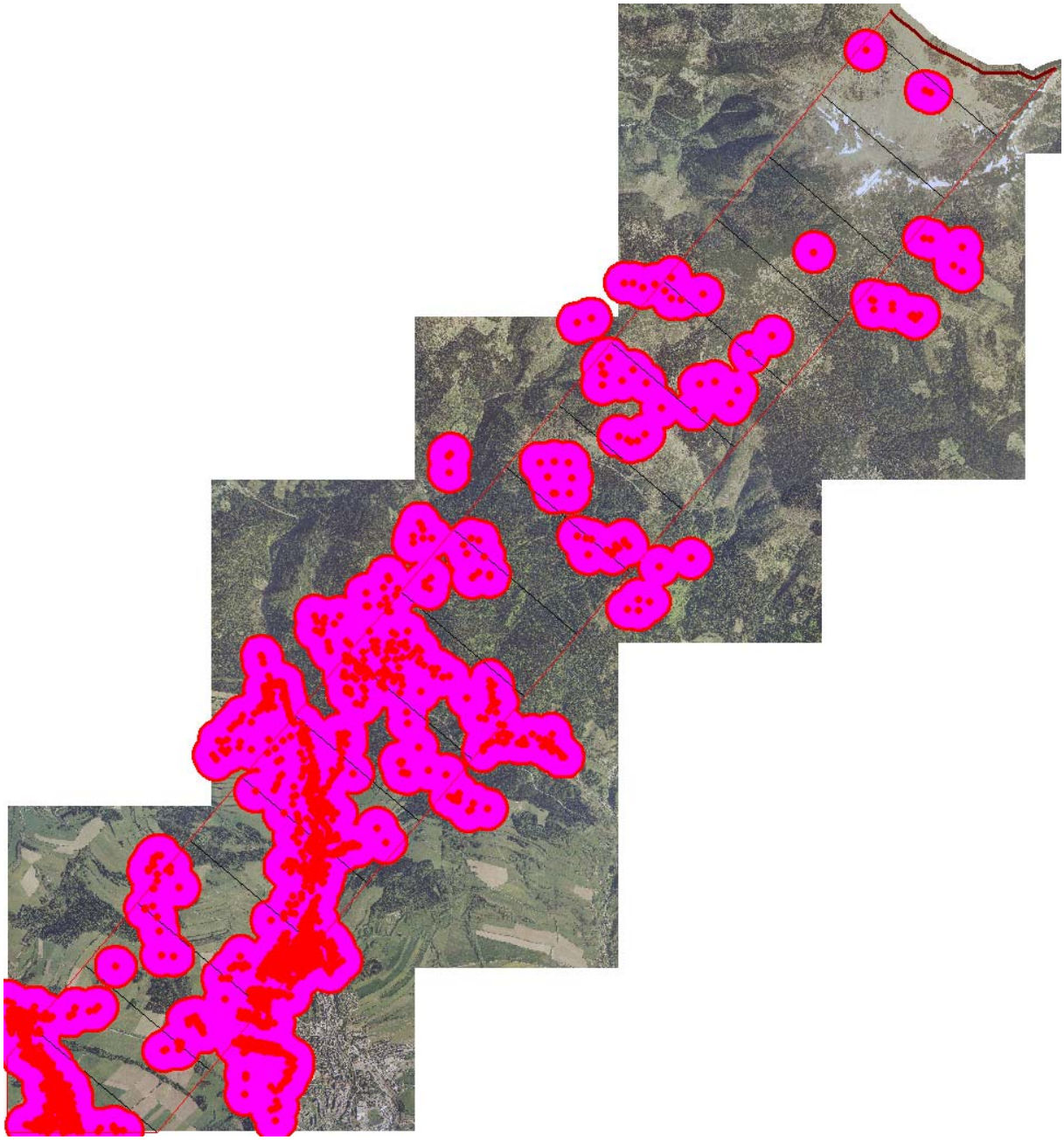
Využití sukcesních procesů: V této souvislosti se jedná především o přechod sekundárního bezlesí v les. Řada takto vznikajících společenstev představuje biotopy vhodné pro výskyt druhů významných z hlediska ochrany přírody. Některá společenstva sekundárního bezlesí jsou však naopak sukcesí ohrožována.



Obr. 58. Rozmístění staveb v území krajinného transektu S2 (Luzný - Rejštejn). Každá stavba je reprezentována bodem. Dále je vykreslen buffer se vzdáleností 250 m kotem těchto bodů.

Omezení růstu velikosti plochy se zástavbou: Velká část území je ovlivněna výstavbou, která se navíc neustále rozšiřuje. Území kolem zástavby je silně ovlivněno antropogenními vlivy - Ať již to jsou přímé zásahy do terénu a vegetačního krytu nebo související, například rušení zvířat, zvýšený sešlap, zavlékání nepůvodních druhů aj. Přímé vlivy jsou silně patrné i ve vzdálenosti 250 m od stavby, mnohdy mnohem dále. Proto v ilustračních příkladech některých dříve zpracovávaných krajinných transektech byly v prostředí GIS identifikovány stavby a jejich okolí dané bufferem o poloměru 250 m (Obr. 58-59). Například v transektu Vrchlabí - prameny Labe (Obr. 59) je v nižších polohách (segmenty 1-8) ovlivněno zástavbou průměrně 69 % plochy území, ve vyšších nadmořských výškách je to 27 % plochy území. Je zřejmé, že extrémní ohrožení přírodní hodnoty území spočívá právě v případném dalším rozšíření zástavby mimo území zástavbou již zasažená. Nelze tedy připustit novou výstavbu v takových místech, kde by ta znamenala zvětšení území výstavbou zasaženého (zvětšení plochy bufferu kolem zástavby).

Regulace rekreačního využití území: Řada chráněných území je v současnosti tak intenzivně rekreačně a turisticky využívána, že je těmito aktivitami již ohrožována samotná podstata ochrany.



Obr. 59. Rozmístění staveb v území krajinného transektu KV (Vrchlabí - Prameny Labe). Každá stavba je reprezentována bodem. Dále je vykreslen buffer se vzdáleností 250 m kotem těchto bodů.

Úroveň ekosystémů - lesy

Východiska a principy managementu lesů byly na příkladu problematického území NP Šumava shrnuty v dvoudílném publikovaném článku (MATĚJKA 2009b, 2010a). Dále je nutno vycházet též z textu SVOBODA (2011), respektive z příspěvků ve sborníku FANTA ET KŘENOVÁ (2009). Obecně musí platit, že management lesů v chráněných územích nemůže být shodný s postupy aplikovanými v lesech hospodářských a tento postulát platí na celé ploše chráněného území (například v různých zónách národních parků a CHKO, bez ohledu na deklarovanou zásahovost-bezzásahovost), samozřejmě diferencovaně podle lokálních podmínek.

Přirozená druhová skladba a péče o méně běžné dřeviny: Problematiku přirozené druhové skladby je potřeba řešit na základě nových moderních přístupů, především s použitím modelování. Důležité je identifikovat druhy dřevin, kterým se musí věnovat pozornost, protože jejich současné zastoupení v lesích dané oblasti je sníženo oproti předpokládanému stavu (např. *Abies alba*, *Ulmus* sp. div., *Taxus baccata* a *Tilia cordata* na Šumavě).

Aplikace principu bezzásahovosti: Primárním východiskem se musí stát skutečnost, že zavedení bezzásahovosti v lesích nemá nikdy z dlouhodobého hlediska nepříznivý vliv pro ochranu přírody. Mohou však existovat rizika relativně krátkodobá nebo bezzásahovost může mít efekt mimo oblast ochrany přírody.
Důležité je diskutovat vliv zavedení bezzásahovosti v různých přírodních podmínkách, protože dynamika lesů se za různých podmínek může lišit, což je prokázaný rozdíl mezi smrkovými lesy 8. LVS a lesy nižších vegetačních stupňů (i v případě, že v nich převládá smrk).

Zvláštní forma lesa při alpinské lesní hranici: Vlastní alpinská hranice lesa v pohoří může být plně vyvinuta (Krkonoše) nebo je nezřetelná, protože předpokládaná hranice leží v nadmořských výškách těsně převyšujících vrcholky daného pohoří (Šumava). V obou případech však lesy ve vlastním 8. LVS (snad mimo jeho nejspodnější část) jsou specifickými ekosystémy, které mají dynamiku a strukturu odlišnou od lesů v nižších polohách. Disturbance v těchto lesích nemají tak výrazný efekt na změnu zastoupení druhů (rostliny, houby, hmyz a zřejmě i další skupiny), jako v nižších nadmořských výškách. To souvisí se skutečností, že lesní porost při alpinské hranici je přirozeně více mezerovitý, tedy i organismy zde žijící jsou většinou adaptovány na zvýšené oslunění. Naopak rozpad lesního porostu v nižších nadmořských výškách vede k významné změně světelných poměrů při půdním povrchu, což mnoho tam žijících druhů nesnáší a mizí.

Lýkožrout smrkový a dynamika horského lesa

Rozkládající se zbytky dřeva

Využití digitálního modelu terénu a matematického modelování pro plánování managementu - na tento účelný nástroj bylo upozorněno již na několika místech dříve a to zvláště s možností vymezení 7. a 8. LVS.

Úroveň ekosystémů - bezlesí

Tradiční luční hospodaření: Tradiční hospodaření na loukách je na mnoha místech již minulostí. Nejde pouze o skutečnost, že se na řadě míst již nehospodaří vůbec, ale i tam, kde stále dochází ke kosení, nejedná se o klasický hospodářský cyklus na loukách. Často chybí takové prvky jako vláčení, válcování, hnojení organickými (statkovými) hnojivy, kosení se provádí v nevhodnou dobu, většinou pouze jedinkrát. Existuje řada studií věnujících se obhospodařování luk, pro Krkonoše uvádí jejich přehled POUROVÁ (2009). V závěru tohoto přehledu autorka shrnuje fakt, že různé typy ekosystémů můžou na některá managementová opatření reagovat různě.

Aplikace pastvy: Chybí nebo nejsou aplikovány metodiky pastvy s cílem optimalizace biodiversity (zamezení synantropizace travních ekosystémů, podpora druhů tradičních luk a pastvin). Východiskem se může stát např. publikace MLÁDEK ET AL. (2006).

Hnojení travních porostů: Dříve se provádělo pravidelné hnojení luk organickými (statkovými) hnojivy, tyto praktiky však byly opuštěny. Nyní je dodávání živin do travních ekosystémů sporné z několika důvodů - snížil se odnos živin v podobě sklízené biomasy a zvýšil se přísun dusíku depozicí. Poslední fakt však může vést ke změně poměru N:P v ekosystému. Hnojení by mohlo být aplikováno v případě přiměřené intenzifikace hospodaření. Potom lze na vybraných plochách uvažovat se zavedením organického hnojení (nikoli aplikace průmyslových hnojiv), aby nedocházelo k druhovému ochuzování porostů (KRAHULEC ET AL. 1996: p. 86; POUROVÁ 2009).

Střídání různých způsobů hospodaření: louka/pastvina–orná půda: Některé druhy nedokáží zřejmě přežívat ani v dlouhodobě stabilně obhospodařovaných travních ekosystémech a vyžadují jejich občasné silné narušení. Bylo prokázáno, že některé vzácné druhy se vyskytují i na pozemcích, které byly dříve orány (např. *Platanthera bifolia*). Za vhodné lze tedy považovat rozorání nějakého velmi malého podílu přísně vybraných lučních pozemků a následné jejich polní využití (po omezenou dobu). Potřebné je vytvořit metodiku opuštění orné půdy, respektive jejího převodu na pozemky s travním ekosystémem (louky, pastviny).

Omezení rozrůstání kleče v subalpinském a alpinském pásmu: Přístup ke klečovým porostům musí vycházet z celé řady poznatků o kleči a jejích společenstvech v Krkonoších. V úvahu musí být vzato, že řada porostů není autochtonních, ale byla založena v minulosti geneticky nevhodným materiálem (HOLUBIČKOVÁ 1980; LOKVENC 2001). Základem mohou být práce BYLINSKA ET AL. 2000; DVOŘÁK ET FAJFR 2002; FAJFR ET DVOŘÁK 2000; HARČARIK 2007; JIRÁSEK 1996; KRTIČKOVÁ ET MÁLKOVÁ 2000; KYNCL ET WILD 2004; LOKVENC ET AL. 1994; MÁLKOVÁ 2001; MÁLKOVÁ ET AL. 2001; MIGALA ET AL. 2000; PAŠŤALKOVÁ ET AL. 2000, 2001a, b; SOUČEK ET AL. 2001; SOUKUPOVÁ ET AL. 2001a, b; ŠRŮTEK 1987; SVOBODA 2001; VACEK ET AL. 1999; WAGNEROVÁ 2001a, b, c; WILD ET KYNCL 2004; WILD ET WILDOVÁ 2002.

Úroveň populací - dřeviny

Zachování starých lokálních populací dřevin

Aplikace takového způsobu hospodaření, který uchovává maximální šíři genetické diversity dřevin

Možnost využití genetických analýz při návrzích managementu lesních ekosystémů na příkladu NP Šumava

J. Ešnerová

V návaznosti na již před rokem ukončené řešení dílčího cíle 6 věnujícího se genetické diversitě populací lesních dřevin vznikl tento krátký podkladový text, který bude jedním z východisek při vypracování návrhů managementu pro úroveň populací dřevin.

„Národní park Šumava chrání typické ekosystémy středoevropské horské krajiny, zejména lesy, ledovcová jezera, rašeliniště a horské louky, včetně všech jejich vývojových stadií. Zajišťuje ochranu přirozených přírodních procesů v souladu s celosvětovým posláním národních parků, a zároveň poskytuje dostatek prostoru pro aktivní ochranu druhové a genetické rozmanitosti“ [1]. Leží v nadmořské výšce 570 m n. m. (údolí Otavy u Rejštejna) až 1 378 m n. m. (Plechý). V těchto nadmořských výškách se přirozeně vyskytují nejen v České republice běžně rostoucí dřeviny jako je *Picea abies* nebo *Pinus sylvestris*, ale i dřeviny s nižším zastoupením, jako jsou druhy rodů *Tilia* a *Ulmus* nebo *Taxus baccata*. Zastoupení lip na území ČR bylo v roce 2008 dle Ústavu pro hospodářskou úpravu lesa (ANONYM 2009) 1,1 %, přičemž doporučené zastoupení je 3,2 %. Zástupci rodu jilm měli v roce 2008 nulové zastoupení, přičemž doporučené zastoupení je 0,3 %. *Taxus baccata* se řadí při hodnocení zastoupení dřevin do skupiny ostatních jehličnatých dřevin a tato skupina měla v roce 2008 zastoupení 0,23 %, přičemž doporučené zastoupení je téměř desetinásobné, tj. 2,2 %. Tis červený se dle vyhlášky č. 395/1992 Sb. řadí dokonce k silně ohroženým druhům v ČR. Z uvedeného je tedy patrné, že by i na území národních parků měly být podnikány kroky, které by měly pomoci ke zvýšení zastoupení v daných podmínkách přirozeně rostoucích dřevin. A jelikož se pohybujeme na územích, jejichž prioritou je ochrana jak druhové tak genetické rozmanitosti, je nutné při plánování vodných kroků ochrany zohledňovat právě genetickou strukturu přirozených populací.

V České republice však není z hlediska zjišťování úrovně genetické variability zpracováno mnoho dřevin. Pomocí genetických analýz se sledují spíše dřeviny hospodářsky významné, jako je *Picea abies* nebo *Pinus sylvestris*. Právě smrk ztepilý je jednou z nejlépe zpracovaných dřevin. Z hlediska sledování úrovně genetické diversity byla dále věnována pozornost dřevinám ohroženým, jako je *Abies alba*, *Pinus mugo* agg., *Taxus baccata*, případně *Larix decidua*. U uvedených dřevin se však jedná zatím spíše o pilotní studie, které jsou převážně zaměřeny na určitou geograficky vymezenou oblast (výzkumy se vztahují například na oblast Šumavy). Určitou výjimku tvoří tis červený, který byl jako silně ohrožený druh sledován komplexněji v rámci ČR. I u této dřeviny bylo ale sledování zaměřeno detailněji na ZCHÚ a oblast Šumavy a Šumavského předhůří (ZATLOUKAL ET AL. 2001).

Informace získané na základě genetických analýz jsou důležitým podkladem pro plánování ochrany, případně zvyšování, druhové rozmanitosti. Jako příklad může být uvedena zmíněná studie zabývající se tisem červeným. Pomocí isoenzymových analýz (a ověřením pomocí analýz DNA) se v ČR nepotvrdily areály geneticky spojitých populací, které by korespondovaly s geografickou polohou. Celý genofond tisu v ČR tedy pravděpodobně

pochází z jediného glaciálního refugia. Rozdíly v genetické struktuře jednotlivých populací jsou pak pravděpodobně výsledkem dlouhodobého a izolovaného vývoje zbytků jedné výchozí populace (ZATLOUKAL ET AL. 2001). I přes to je genofond tisu v ČR značně heterogenní, kdy jako nejvíce vyhraněné či jinak specifické se jeví populace z následujících oblastí: Ktišsko na Šumavě, NP Podyjí a Babákov z Železných hor. Tyto výsledky tedy ukazují na to, že při plánování kroků, které by vedly ke zvýšení zastoupení tisu červeného v rámci ČR, je nutné akceptovat regionální populace.
Genetickou strukturu přirozených populací je tedy nutné zohlednit při návrzích managementu v jednotlivých oblastech. Jak již bylo řečeno, v České republice jsou znalosti z této oblasti u jednotlivých druhů dřevin buď velmi omezené, nebo zcela chybí. Česká republika však není izolovaným „ostrovem“, kde by veškeré přírodní procesy probíhaly bez ovlivnění okolním prostředím, a proto je možné (s určitou rezervou) využít znalostí ze sousedních států – jde zejména o poznání principů rozložení genetické diversity v rámci jednotlivých populací a diversity mezi populacemi, principů změn genetické struktury dle různých kontinuálních gradientů, případně využití znalostí vlivu genetické struktury na zdravotní stav populací nebo na náchylnost k různým druhům stresu.

Analýzy gradace lýkožrouta smrkového na území NP Šumava

M. Turčáni, T. Hlásny

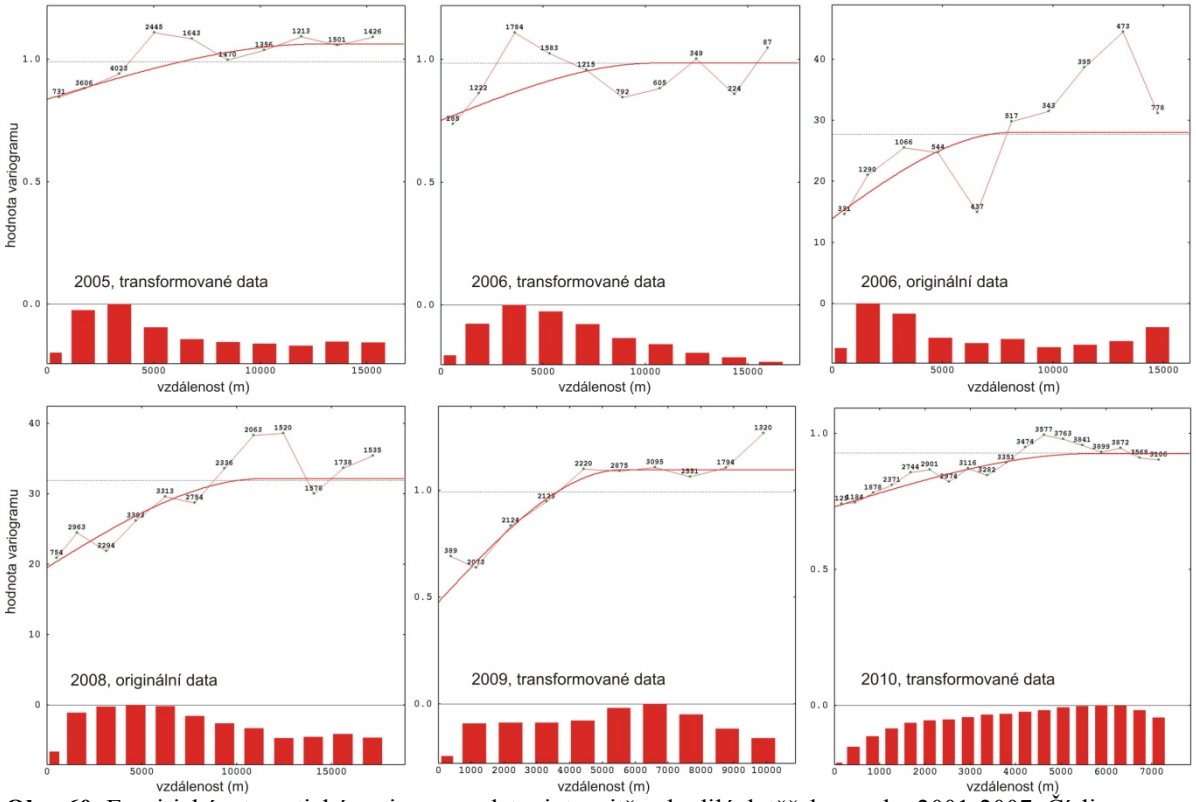
V roce 2010 bylo cílem získat data lesních hospodářských plánů a lesní hospodářské evidence a rozvinout tak možnosti realizace prostorových analýz dopadů lýkožrouta smrkového na lesy Šumavy. Celkovým cílem této aktivity je vytvořit databázi, kde jsou v jednotné formě organizované prostorové i atributové data za sledovaném území. Vzhledem k administrativně komplikovanému procesu získávání dat v případě NP Šumava, tato pocházejí z více zdrojů, což je také důvodem, že úspěšnost propojení dat je jenom částečná. Dále zpracovávaná data se týkají území NP s vyloučenými plochami bezzásahového území. Pracoviště IDS se podílelo na získání dat a jejich vzájemném propojení.
Pro hodnocení dynamiky lýkožrouta smrkového na území NP a zhodnocení účinnosti realizovaných opatření jsou klíčové data lesní hospodářské evidence, která byla získána za roky 2005–2010. Významná jsou zejména data o nahodilých těžbách a odchytech lýkožrouta do feromonových lapačů (Tabulka 16).

Tabulka 16. Deskriptivní statistické charakteristiky dat o počtech jedinců lýkožrouta smrkového odchycených do feromonových lapačů v území NP Šumava v roce 2009 (suma jedinců za celý rok).

N	Průměr	Medián	Kvantil 25 %	Kvantil 75 %	Směrodatná odchylka
13917	9398	5415	2360	11888	11591

Variogramy dat o nahodilých těžbách (Obr. 60) ukazují na specifické prostorové charakteristiky aktivity lýkožrouta v zájmovém území. Prostorová struktura dat se v jednotlivých analyzovaných letech liší, postup předzpracování a analýzy dat byl proto přizpůsoben jejich specifikám. V závislosti od struktury variogramu zdrojových dat byla buď analyzována přímo zdrojová data (v případě dobře strukturovaného variogramu), nebo byla realizovaná transformace do normálního rozdělení a následně byla analyzována transformovaná data, které při analýze obecně vykazují lepší strukturu. Ve všech případech byla pro proložení empirických hodnot použita kombinace sférického variogramu s nugetovým efektem (diskontinuitou v počátku) vyjadřujícím prostorovou variabilitu zdrojových dat na malých vzdálenostech, případně chyby jimiž jsou data zatížená.
Je možné vidět, že variogramy zkonstruované z dat za roky 2005-2006 jsou velice špatně strukturované, není přítomný charakteristický nárůst variability při menších vzdálenostech (Obr. 60). Téměř vyrovnaný průběh empirických hodnot naznačuje absenci výraznější prostorové struktury. Nugetový efekt představuje 75–80 % celkové variability dat, což je zřejmě projevem nízké populační hustoty lýkožrouta v období latence nebo prograde, a z toho plynoucího rovnoměrného rozložení menších objemů nahodilých těžeb bez zjevné ohniskovité struktury.
V případě variogramu konstruovaného z dat z roku 2007 je na malých vzdálenostech (přibližně do 4 km) patrný pozvolný nárůst hodnot, svědčící o přítomnosti jistých prostorových struktur. Taktéž nugetový efekt je výrazně nižší než v letech 2005-2006 a představuje přibližně 55% celkové prostorové variability tohoto datového souboru. Nárůst hodnot variogramu na velkých vzdálenostech (nad 10 km) svědčí o přítomnosti trendu, který však nebyl blíže analyzován.
V případě dat za roky 2008-2009 je možné pozorovat přítomnost zřejmé prostorové struktury, vyjádřené pozvolným nárostem variogramu. Tyto struktury jsou přítomny v roce 2008 v prostorové škále přibližně 10 km a v roce 2009 5km, za touto hranicí se data stávají na sobě nezávislá. Vzhledem k vysokému počtu zdrojových dat je průběh variogramu detailně vykreslený a pozvolný nárůst reprezentující přítomnost prostorové struktury je patrný.

Rok 2010 je charakteristický vysokým počtem dat o nahodilých těžbách se střední velikostí 12 m^3 (průměr) a 6 m^3 (medián), avšak jejich prostorová struktura je v nezřetelná, s vysokou mírou nahodilosti prostorového uspořádání. Toto je reprezentované vysokým poměrem nugetového efektu k celkové variabilitě (až 75 %). Vzhledem k vysokému počtu použitých dat je však nárůst variogramu do vzdálenosti přibližně 4 km zřetelný, svědčící o jistých prostorových vztazích mezi objemy těžeb.



Obr. 60. Empirické a teoretické variogramy dat o intenzitě nahodilých těžeb za roky 2001-2007. Číslice na grafu pozorovaných hodnot a sloupcový graf představují počet párů hodnot nahodilých těžeb použitých pro výpočet dané hodnoty variogramu.

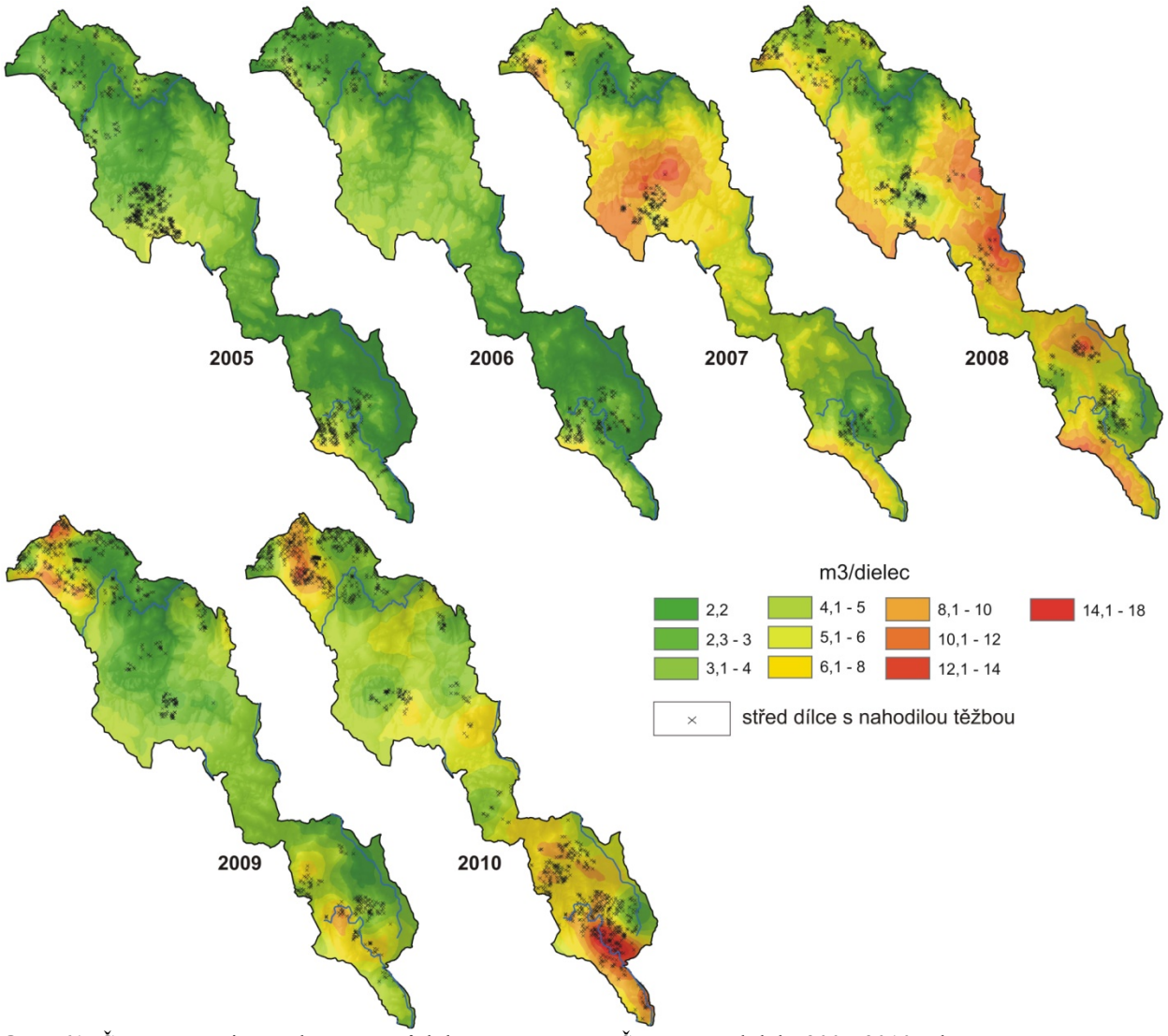
Odvozené variogramy byly využity při interpolaci dat o nahodilých těžbách na celé zájmové území výše zmíněnou technikou krigování s externím driftem (Obr. 61). Jelikož v případě všech analyzovaných roků byla zaznamenána mírná korelace počtů odchycených jedinců s nadmořskou výškou, pro zpřesnění odhadu v oblastech nepokrytých daty o těžbách byl výpočet podpořen digitálním modelem terénu. Dopad této proměnné je zřejmý zejména v extrapolačních oblastech v letech 2005 a 2006.

Roky 2005-2006 jsou typické nízkou populační hustotou lýkožrouta, s objemy těžeb 2–3 m^3 na dílec, bez výraznějších ohnisek napadení porostů (fáze latence nebo progradace). Variabilita dat je taktéž relativně nízká, což naznačuje nepřítomnost izolovaných ohnisek (skupin hodnot s vyššími a nižšími objemy těžeb způsobujícími nárůst globální variability). S ohledem na izolované shluky dat o nahodilých těžbách a jejich mírně vyšší korelaci s nadmořskou výškou je patrný otisk reliéfu v extrapolačních oblastech. S ohledem na nízký počet použitých dat je toto nutné považovat spíš za matematický artefakt než za odraz jisté zákonitosti reálné distribuce lýkožrouta.

V roce 2007 bylo pozorované výrazné napadení porostů ve střední části Národního parku. Průměrné objemy těžeb v této oblasti dosahovaly až 11 m^3 na dílec. Je zajímavé, že celkový počet napadených porostů s evidovanou těžbou poklesl, avšak průměrná velikost těžeb vzrostla, co svědčí o vyšší intenzitě těžby na menší rozloze. Vzhledem k tomu, že výsledky interpolace v centrální části parku jsou založené na shluku vyšších hodnot umístněných u západní hranice, je poloha tohoto ohniska značně nejistá. Tento výsledek je možné použít k interpretaci globálních trendů napadení porostů na území Národního parku, nikoliv však pro vymezení oblastí ve kterých je možné aplikovat prostorově diferencované opatření. Naopak, v severní části parku je pokrytí území daty o nahodilých těžbách relativně rovnoměrné, výsledky interpolace je zde proto možné označit za uspokojivé. Taktéž přítomné prostorové vzory distribuce populace lýkožrouta jsou detailnější, skýtající spolehlivější informace pro případný návrh opatření.

V roku 2008 gradace kulminovala a vyšší objemy těžeb byly pozorovány na téměř celém území, s výjimkou severní části. Důležitou skutečností je, že území je pokryto daty relativně rovnoměrně, extrapolace je tedy omezená na okrajové oblasti národního parku. Vykreslený prostorový vzor distribuce lýkožrouta je v tomto roku

možné považovat za realistický. Taktéž jistá výšková zonálnost výsledních hodnot, plynoucí s využití podpůrné proměnné, pozorovaná zejména v centrální časti, může být považována za projev skutečného vztahu mezi daty o nahodilých těžbách a nadmořskou výškou.
Rok 2009 je charakterizovaný poklesem objemu nahodilých těžeb. Nejvyšších hodnot všech statistických charakteristik nahodilých těžeb je dosaženo v roce 2010, kdy byly nejvyšší hodnoty těžeb (v průměru 19 m^3) pozorovány v jižní části území. Izolované ohnisko je přítomné i v severní části. Centrální část území je pokryta daty relativně řídce, data tedy mají tendenci konvergovat ke globálnímu průměru. S ohledem na ohniskový charakter napadení porostů se ztrácí vztah nahodilých těžeb a nadmořské výšky.
Všechny znázorněné mapy (Obr. 61) jsou doplněné o polohy nahodilých těžeb v jednotlivých letech (vždy jako body označující střed dílce). Tuto informaci je zapotřebí konfrontovat s mapami samotnými, jelikož území není zdrojovými daty pokryté rovnoměrně a v území jsou rozsáhlé extrapolační oblasti. Variabilita hodnot v těchto oblastech je do jisté míry kontrolována daty o nadmořských výškách, která vstupovala do interpolace jako podpůrná proměnná.



Obr. 61. Časový vývoj napadení porostů lýkožroutem v NP Šumava v období 2005-2010 odvozen prostorovou interpolací z dat o nahodilých těžbách.

Závěr

Použitá data o nahodilých těžbách a počtech jedinců lýkožrouta smrkového nepochybně obsahují informace, pomocí kterých je možné zrekonstruovat stav napadení porostů a distribuci populace lýkožrouta v jednotlivých letech. Význam této analýzy spočívá na jedné straně v lepším pochopení ekologie lýkožrouta a jeho chování v období po rozsáhlých větrových kalamitách, a na straně druhé v možnosti realizovat krátkodobé prognózy dalšího vývoje napadení pro potřeby realizace prostorové diferencovaných opatření ochrany lesa. Vytvořené

mapy skýtají východisko pro množství časoprostorových analýz, které umožní pochopit principy šíření lýkožrouta, identifikovat oblasti se specifickým vývojem napadení, identifikovat rizikové oblasti apod.
Při zpracování kalamity vyvolané gradací lýkožrouta, zejména po rozsáhlých větrných polomech, je jedním z hlavních problémů enormní množství napadeného dříví, které musí být zpracované často na rozlehlých územích. Krátkodobé prognózy založené na prostorovém modelování vývoje velikosti populace lýkožrouta v několika předchozích letech mohou představovat klíčový podklad pro optimalizaci a efektivnější využití lidských a technických kapacit. Jako východisko pro tuto optimalizaci může sloužit přímo mapa distribuce populace lýkožrouta vypracovaná pro předchozí rok, bez nutnosti realizovat prognózu. Podmínkou operativního využívání tohoto postupu je dostupnost co nejucelenějších dat o nahodilých těžbách, odchytech z feromonových lapačů a dalších opatřeních, které musí být vztažené na úroveň dílce a digitálně zpracované v jednotném formátu. Obzvláště v případě kalamitních situací je vedení kvalitní evidence problematické, návratnost této investice však může být značná. Bude li tým expertů schopen operativně v zimním období zpracovat tyto data a vytvořit relativně spolehlivé mapy distribuce populace lýkožrouta pro celé kalamitní území, bude možné optimalizovat rozmístnění obranných prvků v kritických oblastech už před prvním rojením následujícího roku.
Použitá data jsou evidentně zatížená mnohými nedostatky, počínaje problémy při evidenci dat a konče jejich úpravou pro potřeby prostorového modelování. Pro vyrovnání se s těmato nedostatky je zapotřebí validace výsledků modelování s využitím dat z nezávislého zdroje, kupříkladu vizuálním porovnáním se změnou stavu lesa odvozenou ze záznamů dálkového průzkumu Země. Zejména extrapolační oblasti je zapotřebí vyjmout a interpretace k nim nevztahovat – to ale naráží na problém, že rozložení dat se mezi roky mění a odstranění extrapolačních oblastí v každém roce by způsobilo znehodnocení celé časoprostorové série.
Významným zjištěním je jistý vztah mezi daty o nahodilých těžbách a daty z feromonových lapačů, kterých integraci do jednoho modelu se zatím nezdařilo dořešit. Je to však způsob vyrovnání se z nerovnoměrným rozložením dat a zkonstruování konzistentní časoprostorové série.
Analýza kauzálního aspektu distribuce nahodilých těžeb nebo počtů odchycených jedinců na území NP Šumava doposud řešena nebyla, zejména z technických důvodů (nebyla k dispozici všechna data potřebná pro tvorbu regresních modelů).

Zajištění spolupráce s jinými projekty

Práce v území Šumavy jsou vedeny v návaznosti na výsledky a potřeby projektu GA ČR číslo 206/07/1200 "Biologické zotavování horských ekosystémů Šumavy", který je řešen Hydrobiologickým ústavem BC AV ČR v Českých Budějovicích (nositel a koordinátor grantu), na jehož řešení se též spolupodílí někteří řešitelé projektu BiodivKrŠu (Matějka, Svoboda, kteří se spolupodíleli též na některých předcházejících projektech). Jedná se především o koordinaci prací v povodí sledovaných jezer (zvláště Čertovo a Plešné).

K. Matějka působí jako vedoucí magisterské diplomové práce zadané v rámci řešení tohoto projektu na Přírodovědecké fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích

- Analýza potenciálního rozšíření dřevin v lesích Šumavy (Z. Černíková, řešeno od r. 2010)

a jako konzultant disertační práce zadané v rámci řešení tohoto projektu na FLF České zemědělské univerzity v Praze

- Sekundární sukcese smrku ztepilého (*Picea abies* L.) v oblasti Medvědí hory (I. zóna NP Šumava Modravské slatě) (J. Bednařík, řešeno od r. 2009).

Literatura

[1] URL: http://www.npsumava.cz/cz/1008/sekce/priroda-a-pece-o-ni/

ANONYM (2009): Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2008. - Ministerstvo zemědělství, Praha, 126 p.

BEDNAŘÍK J., MATĚJKA K. (2011): Ekosystémy vzniklé sekundární sukcesí Picea abies v oblasti Medvědí hory (Šumava). - URL: http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/RoklLes2009.pdf

BLAŽKOVÁ D. (2001): Dlouhodobé změny luční vegetace. - Muzeum a současnost. Řada přírodovědná, 15: 37-41.

BLAŽKOVÁ D. (2003): Rostlinné expanze při sukcesi na opuštěných loukách. - Preslia, 38: 75-82.

BOHÁČ J., MATĚJKA K. (2010): Sledování epigeických brouků na výškovém transektu na Plechém (Šumava) v roce 2009. - URL: http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/rep2009_Bohac.pdf

BOHÁČ J., MATĚJKA K. (2011): Communities of epigeic beetles in the montane spruce forests of different decline stages in the Modrava area (Bohemian Forest). - URL: http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/rep2010_Bohac.pdf

BUREŠOVÁ Z. (1976): Alpínská vegetace Krkonoš: struktura a ekologie porostů na Luční (1547 m) a Studničné hoře (1555 m) - Opera Corcontica, Vrchlabí, 13: 67-94.

BYLINSKA E., MATUSIEWICZ O., WINTER B. (2000): Status troficzny kosodrzewiny (Pinus mugo) Turra w Karkonoszach wschodnich. - Opera Corcontica, Vrchlabí, 37: 168-174.

DVOŘÁK I., FAJFR Z. (2002): Time-space analysis of dwarf pine proportion in ecosystems of arctic-alpine tundra in the Giant Mts. - Opera Corcontica, Vrchlabí, 39: 153-168.

FAJFR Z., DVOŘÁK I. (2000): Stanovení podílu kosodřeviny v ekosystémech arkrkto-alpinské tundry na hřebenech Krkonoš metodou multikriteriální analýzy v prostředí GIS. - Opera Corcontica, Vrchlabí, 36: 548-554.

FANTA J., KŘENOVÁ Z. (Eds.) (2009): Management lesů v českých národních parcích. Sborník referátů ze semináře. - Správa NP a CHKO Šumava, 190 p.

FRANKLIN J. (2009): Mapping species distributions. Spatial inference and prediction. Cambridge University Press, Cambridge etc., 320 p.

HARČARIK J. (2007): Management výsadeb kleče na přírodovědně hodnotných lokalitách v Krkonoších. - Opera Corcontica, Vrchlabí, 44/2: 363-369.

HILL M. O. (1979): TWINSPAN - a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two way table by classification of individuals and attributes. - Cornell Univ. Ithaca, 48 p.

HOLUBIČKOVÁ B. (1980): Autochtonní a intodukovaná Pinus mugo Turra v sudetských pohořích. - Opera Corcontica, Vrchlabí, 17: 15-29.

CHYTRÝ M. (ed.) (2007): Vegetace České republiky. 1. Travinná a keříčková vegetace. Vegetation of the Czech Republic. 1. Grassland and heathland vegetation. - Academia, Praha, 526 p.

IVANEK O. , MATĚJKA K. (2009): Sledování genetické diversity smrku ve vybraném porostu v Krkonoších jako podklad pro modelování vlivu výchovy na genetickou strukturu populace dřeviny. - URL: http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/rep2008_isoenz.pdf

JIRÁSEK J. (1996): Společenstva kosodřeviny (Pinus mugo) v České republice. - Preslia, 68: 1-12.

KRAHULEC F., BLAŽKOVÁ D., BALÁTOVÁ-TULÁČKOVÁ E., ŠTURSA J., PECHÁČKOVÁ S., FABŠIČOVÁ M. (1996): Louky Krkonoš: rostlinná společenstva a jejich dynamika. - Opera Corcontica, Vrchlabí, 33: 3-250.

KRTIČKOVÁ M., MÁLKOVÁ J. (2000): Geobotanická studie vlivu kleče horské na chráněné druhy ve východních Krkonoších. - Vč. Sb. Přír - Práce a studie, Pardubice, 8: 215-235.

KUBÁT K., HROUDA L., CHRTEK J., KAPLAN Z., KIRSCHNER J., ŠTĚPÁNEK J. [eds.] (2002): Klíč ke květeně České republiky. - Academia, Praha, 927 p.

KYNCL T., WILD J. (2004): Použití letokruhové analýzy pro datování velkoplošného odumírání kleče v Krkonoších. - Opera Corcontica, Vrchlabí, 41: 434-440.

LEPŠOVÁ A., MATĚJKA K. (2009): Mykocenologický průzkum lesních ekosystémů na příkladu výškového transektu Plechý (Šumava). - Příroda, Praha, 28: 163–183.

LEPŠOVÁ A., MATĚJKA K. (2010): Mrtvé dřevo a společenstva makromycet podél výškového gradientu na Šumavě. - URL: http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/rep2009_makromyc.pdf

LOKVENC T. (2001): History of the Giant Mts.' dwarf pine (Pinus mugo Turra ssp. Pumilio Franco). - Opera Corcontica, Vrchlabí, 38: 21-42.

LOKVENC T., MINX A., NEHYBA J., STEJSKAL O. (1994): Rekonstrukce porostů kleče horské (Pinus mugo Turra) v Krkonoších. - Opera Corcontica, Vrchlabí, 31: 71-92.

MÁLKOVÁ J. (2001): Distribution of protected and important plant pecies in the plots of potential dwarf pine planting in the eastern Giant Mts. - Opera Corcontica, Vrchlabí, 38: 149-161.

MÁLKOVÁ J., MATĚJKA K., KRTIČKOVÁ M., ZIKMUND M. (2001): Vegetation dynamics in dwarf pine ecosystems in the eastern Giant Mts. - Opera Corcontica, Vrchlabí, 38: 123-148.

MATĚJKA K. (1998): Vývoj vegetace na opuštěných polích v oblasti Chelčic. In: Križová, E., Ujházy, K. [eds.], Sekundárna sukcesia II. - TU, Zvolen, pp. 75-93.

MATĚJKA K. (2008a): Základní charakteristiky trvalých výzkumných ploch v oblasti Šumavy. - URL: http://www.infodatasys.cz/sumava/tvp.pdf [aktualizováno 17.11.2010]

MATĚJKA K. (2008b): Variabilita lesních společenstev Šumavy. – IDS, Praha, 35p. - URL: http://www.infodatasys.cz/sumava/lesysumavy.pdf

MATĚJKA K. (2009a): Vývoj užití země jako zdroj diversity v krajině Šumavy. - Příroda, Praha, 28: 140–161.

MATĚJKA K. (2009b): Dynamika lesů na Šumavě I. Východiska. - Šumava, 2008/4: 10-13.

MATĚJKA K. (2009c): Nápověda k programu DBreleve / DBreleve program help. - URL: http://www.infodatasys.cz/software/hlp_dbreleve/dbreleve.htm

MATĚJKA K. (2010a): Dynamika lesů na Šumavě II. Východiska. - Šumava, 2010/1: 14-17.

MATĚJKA K. (2010b): Nápověda k programu PlotOA. Plotting of ordination diagrams and cartograms. - URL: http://www.infodatasys.cz/software/hlp_PlotOA/PlotOA.htm

MATĚJKA K. (2010c): Landscape structure / development and vegetation in the example of the transect Vrchlabí – Bílé Labe springs. - Opera Corcontica, 47 (Suppl. 1): 107–122.

MATĚJKA K. (2010d): Ekotonální prvky s porosty dřevin v krajině Šumavy, jejich výskyt a klasifikace. - Studia Oecologica, 4: 15-32.

MATĚJKA K. (2010e): Secondary succession and woody plants in non-forest areas of the Bohemian Forest. In: Šustr P. (ed.): Aktuality šumavského výzkumu. Aktuelles aus der Forschung in den Nationalparken Böhmerwald / Bayerischer Wald. Research Actualities in Bohemian / Bavarian Forest. - Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk, pp. 71-73.

MATĚJKA K. (2010f): Management biodiversity v Krkonoších a na Šumavě - zpráva spoluřešitele za rok 2009. - URL: http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/IDSreport2009.pdf

MATĚJKA K. (2011a): Zrnitostní složení půd Krkonoš. - URL: http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/matejka2010_pudfyz.pdf

MATĚJKA K. (2011b): Vývoj počasí na Šumavě. - URL: http://www.infodatasys.cz/sumava/klima.htm

MATĚJKA K., MÁLKOVÁ J. (2010): Long-term dynamics of plant communities in subalpine and alpine zone of the Eastern Giant Mts. - Opera Corcontica, 47 (Suppl. 1): 123–138.

MATĚJKA K., STARÝ J. (2009): Differences in top-soil features between beech-mixture and Norway spruce forests of the Šumava Mts. - Journal of Forest Science, 55: 540-555.

MATĚJKA K., VACEK S., PODRÁZSKÝ V. (2010): Development of forest soils in the Krkonoše Mts. in the period 1980–2009. - Journal of Forest Science, 56: 485-504.

MATĚJKA K., VIEWEGH J. (2008): Vegetace na trvalých výzkumných plochách v lesích Šumavy a její vývoj. - URL: http://www.infodatasys.cz/sumava/vegetacetvp.pdf

MIGALA K., CZWARTOS E., SAMOJLO S. (2000): Dynamika rocznych przyrostów radialnych kosodrzewiny (Pinus mugo Turra) w świetle warunków klimatycznych Karkonoszy. - Opera Corcontica, Vrchlabí, 36: 322-328.

MLÁDEK J., PAVLŮ V., HEJCMAN M., GAISLER J. [eds.] (1996): Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích. - VÚRV, Praha, 104 p.

MORAVEC J. (1965): Wiesen im mittleren Teil des Böhmerwaldes (Šumava). In: Neuhäusl R. et al., Synökologische Studien über Röhrichte, Wiesen und Auenwälder. - Vegetace ČSSR, Ser. A, Vol. 1, Academia Praha, pp. 179-385.

MORAVEC J. ET AL. (1995): Rostlinná společenstva České republiky a jejich ohrožení. 2. vydání. - Severočeskou přírodou, Příloha, Litoměřice, 206 p.

PAŠŤALKOVÁ H., PODRÁZSKÝ V., VACEK S. (2001): Soils in the dwarf pine altitudinal zone of the Giant Mts. - Opera Corcontica, Vrchlabí, 38: 207-217.

PAŠŤALKOVÁ H., VACEK S., MATĚJKA K., MÁLKOVÁ J. (2000): Dynamika v porostech kleče horské v Krkonoších. - Opera Corcontica, Vrchlabí, 37: 578-583.

PAŠŤALKOVÁ H., VACEK S., MATĚJKA K., MÁLKOVÁ J. (2001): Vegetation dynamics in dwarf pine ecosystems in the western Giant Mts. - Opera Corcontica, Vrchlabí, 38: 89-121.

PODRÁZSKÝ V. (2007): Stav lesních půd ve výškovém transektu na lokalitě Plechý - NP Šumava. - Lesnícky časopis - Forestry Journal, 53(4): 333-345.

POUROVÁ K. (2009): Přehled managementových studií lučních porostů na území Krkonošského národního parku. - Opera Corcontica, 46: 105-132.

SOUČEK J., LOKVENC T., VACEK S., ŠTURSA J. (2001): Site and stand conditions of dwarf pine stands. - Opera Corcontica, Vrchlabí, 38: 43-61.

SOUKUPOVÁ L., FRANTÍK T., JENÍK J. (2001): Grasslands versus krummholz in arctic-alpine tundra of the Giant Mountains. - Opera Corcontica, Vrchlabí, 38: 63-76.

SOUKUPOVÁ L., JENÍK J., FRANTÍK T. (2001): Edge effect of krummholz in Giant Mts.' tundra, the Sudetes. - Opera Corcontica, Vrchlabí, 38: 77-87.

STARÝ J., MATĚJKA K. (2009): Společenstva pancířníků (Acari: Oribatida) ve výškovém gradientu v horských lesích postižených kůrovcem na Šumavě. - URL: www.infodatasys.cz/biodivkrsu/rep2008_Oribatida.pdf

STARÝ J., MATĚJKA K. (2010): Společenstva pancířníků (Acari: Oribatida) v horských lesích v Krkonoších. - URL: http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/rep2009_Oribatida.pdf

SVOBODA M. (2001): The effect of Pinus mugo (Turra) plantations on alpine-tundra microclimate, vegetation distribution, and soils in Krkonoše National Park, Czech Republic. - Opera Corcontica, Vrchlabí, 38: 189-206.

SVOBODA M. (2011): Problematika managementu lesů v národních parcích – co je nutno změnit a jak? - URL: http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/Svoboda2011.pdf

ŠRŮTEK M. (1987): Vliv znečištění ovzduší na kleč (Pinus mugo Turra) v Krkonoších. - Opera Corcontica, Vrchlabí, 24: 61-94.

VACEK S., SOUČEK J., LOKVENC T. (1999): Vegetační dynamika v porostech kleče horské v Krkonoších. (Zpráva Projektu MŽP ČR VaV/620/4/97 Ovlivnění tundrových biocenóz Krkonoš vysokohorským zalesňováním) - VÚLHM, VS, Opočno, 106 p.

WAGNEROVÁ Z. (2001): Distribution of protected and phytogeographically important plant species in the areas of planted dwarf pines in the wstern Giant Mountains. - Opera Corcontica, Vrchlabí, 38: 181-187.

WAGNEROVÁ Z. (2001): Influence of the dwarf pine plantations (of the age over 20, 40, 60 and 90 years) on the vegetation cover. - Opera Corcontica, Vrchlabí, 38: 163-170.

WAGNEROVÁ Z. (2001): Vegetation cover of naturally dispersed dwarf pine polycormons in the western Giant Mountains. - Opera Corcontica, Vrchlabí, 38: 171-180.

WARD J. H. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. - Journal of the American Statistical Association, 58(301): 236-244.

WILD J., KYNCL T. (2004): Studium dynamiky přirozené klečo-travinné vegetace pomocí prostorově explicitního modelu - předběžné výsledky. - Opera Corcontica, Vrchlabí, 41: 441-451.

WILD J., WILDOVÁ R. (2002): Interactions between dwarf pine shrubs and grassland vegetation under different management. - Opera Corcontica, Vrchlabí, 39: 17-33.

WILSON J.P., GALLANT J.C. [eds.] (2000): Terrain analysis. Principles and applications. - John Wiley & Sons, Inc., New York etc.,479p.

ZATLOUKAL V., KADERA J., MÁNEK J., ČURN V. (2001): Inventarizace a genetická diverzita tisu červeného ve ZCHÚ ČR jako podklad pro záchranná opatření a jeho reintrodukci. Závěrečná zpráva grantu VaV/610/1/99. - Ms. [Depon. in: MŽP ČR, Praha].