

Rešerše k problematice obnovy horských lesů

I. Kupka, I. Ulbrichová, J. Remeš

Rozbor problematiky obnovy lesa

Úspěšná obnova lesních porostů je jednou z nejdůležitějších podmínek další existence lesů (Kupka, 2000) a v národních parcích je přirozená obnova jedním ze základních prvků managementu a budoucího vývoje horských lesů (Tesař, Tesařová, 1996). Horské lesy představují specifické lesní ekosystémy (Detsch et al., 2000), jejich zachování a obnova jsou důležitým úkolem současného lesnictví. Obnova lesa je důležitou podmínkou existence - nejen těchto - lesů a je základní charakteristikou ekologické stability (Grimm et Wissel, 1997, Holling, 1973). Ale aplikace tohoto konceptu na konkrétní situaci daného ekosystému a podpořená konkrétními údaji není příliš běžná (Larsen, 1995). Situace, kdy dochází k plošně malým polomům a dalším maloplošným poškozením (disturbancím) stejnorodých rozsáhlých - zejména horských - lesů, je naopak příležitostí k tvorbě žádoucí mozaikovitě struktury porostů (Zukrigl, 1991).

Přirozená obnova je důležitý prvek přírodě blízkému způsobu obhospodařování lesů. Tento typ obnovy lesa je jedním ze základních stavebních kamenů managementu porostů v bezzásahových zónách národních parků. Pro přirozenou obnovu hovoří i ostatní obecné výhody, které přirozená obnova přináší (viz. např. Kupka, 2004), zejména jistota tvorby kvalitního kořenového systému náletem vzniklých jedinců. Tam, kde se přirozenou obnovou nevytvořil dostatečný počet semenáčků, je třeba doplnění obnovou umělou (podsadbou), zejména na těch stanovištích, kde nelze očekávat časté semenné roky. Ukázal to např. rozbor obnovy v Nízkých Tatrách, kde byla popsána nedostatečnost přirozené obnovy v porostech u horní hranice lesa a je třeba zde počítat s obnovou umělou resp. kombinovanou (Gubka, 2006).

Při umělé obnově horských lesů je zdůrazňována nutnost aklimatizace používaného materiálu před výsadbou (Jurásek Martincová, 1996). Zejména ekotyp horského smrku, který se ve školce projevuje pomalým růstem, prokázal velmi dobrou ujmavost a růst na extrémních lokalitách v Krkonoších. Zároveň však tyto autoři zjistili, že aklimatizace sazenic ve vysoké nadmořské výšce není žádoucí nejen z ekonomického hlediska, ale ani z biologického hlediska není nutná, a že pěstování smrku pro horské oblasti je optimální v nadmořské výšce 500 až 700 m.n.m. (Martincová, 2004).

Vývoj kultur v horských polohách zakládaných pod rozpadajícími se smrkovými porosty sledoval u nás např. Kriegel (2002). Stejný autor rovněž sledoval vývoj smrkových kultur generativního a vegetativního původu v horských polohách Krkonoš (Kriegel, 2003).

Možnostmi přirozené obnovy horských lesů se dále zabývali zejména Cudlín et al. (2001), Jonášová (2001, 2004), Angelstam et al. (2000), Jonášová et al. (2004), Vrška (2006), Průša (1990), kde jsou popsány zásady managementu těchto lesů. Saniga a Szanyi (1996) se podrobně věnuje dynamice přirozené obnovy ve vybraných typech výběrného lesa. Také Schonenberger a Lassig (1995) se zabývali přirozenou obnovou horských lesů, zejména na polomových plochách ve Švýcarsku a jejím vývojem. Schwitter (1996) rozebírá meze přirozené obnovy, kterou je třeba v některých případech doplnit obnovou umělou. Tento autor věnuje i pozornost potřebě mechanické ochrany již vzniklé přirozené obnovy proti sněhu pomocí konstrukcí z mrtvého dřeva. Rovněž zmiňuje vyšší nároky umělé obnovy na ochranu před zvěří a buření. Gorzelak (1997) ve své studii rozděluje oblast Sudet na dílčí podoblasti, které vyžadují specifický způsob obnovy s ohledem na stanovištní podmínky.

Nutnost podsadby je tedy nutná zejména tam, kde rychlý rozpad porostu přirozenou obnovu ztíží. V práci Vacka a Podrázského (2000, 2003) je počítáno s využitím podsadeb zejména v 6-8. lesním vegetačním stupni, v kůrovcem silně poškozených porostech I. zóny národního parku, dále v mrazových polohách, na významných ochranných lokalitách a při tvorbě zpevňujících prvků v labilních porostech.

Korpel (1991) zdůrazňuje, že úspěšnost přirozené obnovy lesů v horských oblastech je závislá zejména na: (i) dostatečném počtu plodných stromů, (ii) vhodném stav půdy pro vyklíčení a odrůstání semenáčků, (iii) dostatečně častém výskytu semenné úrody.

Tyto podmínky (faktory) jsou nutné, ale pro úspěšnou obnovu nikoliv postačující. Důležitá je přítomnost semenné banky a banky semenáčků v porostech ještě před vznikem disturbance. Tím dojde k výraznému omezení časové prodlevy mezi poškozením porostu a otevřením jeho korunového zápoje a vznikem obnovy (Fischer, 1992). Důležitou roli hraje také budoucí mortalita semenáčků. Ukazuje se, že jádrem relativně funkční budoucí generace lesa jsou jedinci nad 20cm výšky (Gubka, 2006). Korpel (1991) odhaduje potřebný minimální počet 50-130 cm vysokých jedinců přirozené obnovy na 150-200 ks/ha, ale pro posouzení životaschopnosti náletu je třeba brát v úvahu i chronotopický vliv zvěře a jiných faktorů (Gubka, 2006).

Mladé náletové semenáčky bývají často poškozovány mrazem, pohybem sněhu při jarním tání a přivalovou vodou, jak uvádí Vacek (1981). Výzkumy v Krkonoších (Falta, Cudlín, Šerá, 1999) ukazují také nezanedbatelný vliv imisí na schopnost přirozené obnovy. Přesto je ale těžké posoudit, jaké faktory jsou pro odumírání náletu nejdůležitější a výsledky práce se tak často zdají být rozporuplné, resp. snadno může dojít k nadhodnocení produkce semen a podcenění dalších negativních faktorů. Je tedy obtížné výši mortality semenáčků predikovat ve vztahu k tomu kterému škodlivému činiteli. Je třeba provádět dlouhodobější výzkumy a porovnávání

úspěšnosti obnovy v jednotlivých semenných letech (Hunziker, Brang, 2005) na konkrétních lokalitách, protože místní podmínky mohou mít zcela zásadní vliv na vznik a vývoj banky semen a semenáčků.

Vývoj obnovy v lesích se strukturou přírodě blízkých souvisí se vznikem poruch ve vývoji lesa, jak už bylo několikrát uvedeno. Korpel (1993) uvádí jako hlavní faktor odumírání lesních porostů sněh a vítr. U starších semenáčků je pak rozhodujícím faktorem okus jelení zvěří (Vacek, Lokvenc, 1991). Mezi dalšími faktory, které negativně ovlivňují vývoj přirozené obnovy horských lesů uvádějí Vacek, Podrázský (2003): (i) mraz, (ii) pohyb sněhu, (iii) poškození zvěří a (iv) konkurenci přizemní vegetace. Proces přirozené obnovy dále ztěžuje nepříznivý vliv klimatu a dlouhá perioda semenných let (Šerá et al., 2000).

Na přežívání semenáčků mají výrazný vliv i další faktory, zejména světelné poměry, vnitrodruhová kompetice a konkurence ostatních nízkých rostlin, které vedou k vysoké úmrtnosti nejmladších stádií smrku do 4-5 let (Jonášová et Prach 2004, Zatloukal 2000). Vliv kompetice přizemní vegetace na zejména pomalu rostoucí semenáčky některých dřevin se věnuje řada prací (Canham et al. 1990, Grassi et Bagnaresi 2001, Kupka 2005 aj.).

Struktura mateřského porostu má zásadní vliv na řadu mikroklimatických faktorů a tím výrazně ovlivňuje nástup a průběh obnovy (Grassi et al., 2004, Coates 2002). Zápoj výrazným způsobem reguluje množství a charakter světla, které proniká do nitra porostu a posléze na porostní půdu. I neporušený zápoj vytváří proměňující se sluneční skvrny, které pokud dosáhnou až na porostní půdy významným způsobem zvyšují světelný požitek pro všechny rostliny, které zde rostou (Chazdon et al. 1991). Dynamika vzniku a proměn mezer v zápoji mateřského porostu je předmětem intenzivního studia a tvorby řady modifikovaných modelů (gap models), které se snaží postihnout základní řídicí proměnné (Kaufmann et al., 1996).

Na vhodnost vnějších podmínek pro odrůstání náletu lze usuzovat ze stavu apikální dominance (Diaci, 2002), která vyjadřuje poměr délky hlavního terminálu k délce větvi v prvním přeslenu. Zejména u jehličnatých dřevin je to velmi průkazný parametr (Kupka, 2005). Velikost porušení zápoje je v prvních letech odrůstání semenáčků rozhodující pro jejich přežití (Grassi et al. 2004, Gray et Spies 1996, Madsen et Larsen, 1997). Právě tyto parametry jsou však velmi proměnlivé, mají svou dynamiku a proto jsou pokusy o predikci druhového složení a struktury nově vznikajícího porostu velmi obtížné (Szwagrzyk et al. 2001). To je zejména obtížné v porostech tvořených ze dřevin tolerantních k zástínu, kde při zastoupení více než jedné převládající dřeviny, může docházet ke střídání dřevin v po sobě následujících generacích lesa (Latham, 1992).

Důležitost banky semenáčků je zdůrazňována mnoha autory (Szwagrzyk et al., 2001). Jestliže je taková banka už na půdě pod porostem vytvořena, pak brzo po porušení zápoje mohou tyto semenáčky reagovat zvýšeným výškovým přírůstem, který je mohutnější, než u nově klíčících semenáčků (Canham, 1989). Sledováním reakcí náletu na uvolnění či prosvětlení mateřského porostu se věnují zejména práce ze Skandinávie (Koistinen et al. 1993, Hanell 1993, Holgén et al., 2000).

V dospělých porostech ve fázi optima je vznik a vývoj semenáčků zcela závislý na porušení zápoje a dynamice dalšího vývoje těchto mezer. Zdá se, že vznikají jakési „vlny“ semenáčků, jejichž vznik a další vývoj je zcela závislý na disturbancích mateřského porostu (Grassi et al. 2004) ať už úmyslných nebo nahodilých. Semenáčky, které klíčí na konci této „vlny“ jsou rozhodujícími v tvorbě banky semenáčků - pokud ovšem přežijí období světelné deprivace (Grassi et al. 2004). Hlavními determinantami přežití semenáčků je kvalita substrátu, v kterém semenáček klíčí a jeho schopnost zajistit rostlině dostatek vody (Kozłowski 2002).

Bohužel kvantitativní data týkající se vzniku a udržení existence takové banky semenáčků většinou chybí (Szwagrzyk et al., 2001).

Někteří autoři namítají, že díky matematickým modelům se někdy přeceňuje účinek vnitrodruhové kompetice, na kterých je většina těchto modelů založena (Stone et al., 1991). Velmi často jsou ve skutečnosti vnitrodruhové interakce využívány ve prospěch těchto jedinců (Korol et al., 1995).

Kozłowski (2002) popisuje obnovu ekosystému horských lesů prostřednictvím dvou modelů: (i) přípravný model (facilitation model), který je charakterizován invazí pionýrských rostlin a dřevin, jejichž „hlavním úkolem“ je připravit stanoviště pro pozdější uchycení klimaxových dřevin. Součástí tohoto modelu je fungování tzv. „ostrovního efektu“ (Kozłowski, 2002), kdy se kolem malých jader už uchycených rostlin usídlují i další rostliny. Druhou fází je (ii) inhibiční model (inhibition model), který je charakterizován postupným obsazováním zdrojů (nejen živin, ale i světla a posléze prostoru) tak, že je postupně znemožňována invaze dalších rostlin a v další fázi jsou potlačeny pionýrské dřeviny.

Tento model někteří autoři ještě rozšiřují o důležitou otázku interakce mezi „nadměrnými“ a „podzemními“ zdroji (Holmgren et al., 1997). Roli kompetice v oblasti kořenových systémů se věnuje monografie Coomes et Grubb (2000), v které se zdůrazňuje, že zatímco na bohatých stanovištích je limitujícím faktorem světlo, je na chudých půdách rozhodujícím faktorem kořenová kompetice. Ammer (2002) sledoval kompetiční vztah mezi smrkovým mateřským porostem s podsadbou bukových sazenic. Konstatuje, že zatímco výškový přírůst nebyl kořenovou kompeticí ovlivněn, tloušťkový růst a objem nadzemní biomasy byl touto kompeticí významně ovlivněn. Ukazuje to na významnou změnu v alokaci biomasy semenáčků buku při různých podmínkách kořenové kompetice.

Obnova lesa ve Krkonoších a na Šumavě

Stavem přirozené obnovy v oblasti Šumavy a Krkonoš se již zabývali následující autoři (Jonášová 2001, 2000; Jonášová, Prach 2004; Šerá et al. 2000; Zatloukal 1999,2000; Šerá et al. 2000, Falta, Cudlín, Šerá, 2003; Podrázský, Hamerník, Leugner, Kohlík,1999, Matějková, Jonášová 2003) a v podobných podmínkách obdobná sledování např v oblasti Alp nebo Karpat prováděli i další (Hunziker, Brang-2005, Saniga, Szanyi, 1996), avšak dosud nebyla publikována detailnější dlouhodobá studie zabývající se množstvím a přežíváním přirozené obnovy smrku v závislosti na podmínkách prostředí.

Většina studií se věnuje spíše vlivu jednoho konkrétního faktoru, jako např. vlivu mykorrhizy (Lepšová, 2001,) světelných poměrů (Diaci,2002), nebo bylinného podrostu.

Specifikou Šumavy je fakt, že velké plochy dospělých porostů zde vznikly po kůrovcové kalamitě v letech 1860 až 1870 (Jelínek, 1988), která postihla Šumavu po velké větrné smršti v předchozích letech. V obou oblastech – v Krkonoších i na Šumavě došlo k odumření určité části smrkových porostů (V Krkonoších díky imisní situaci v 80tých letech- na Šumavě díky kůrovcové kalamitě v období kolem r. 1995-2000) – což obojí vedlo k tomu, že došlo na kterých plochách k výrazné změně podmínek lesního ekosystému a případně i k omezení přísunu semen a nových semenáčků pro obnovu lesa.

Množství přirozené obnovy v oblasti Šumavy v závislosti na typu plochy- jednalo se především o srovnání živého mateřského porostu, porostu odumřelého a porostu odtěženého (tedy prostředí holin) se věnovali mimo jiné (Zatloukal 1999, 2000; Jonášová 2001, 2004; Podrázský, Hamerník, Leugner, Kohlík,1999) - podle jejichž výsledků je množství semenáčků i jedinců zmlazení nad 20-40 cm mezi plochami silně variabilní (vliv i jiných faktorů než typu porostu) i když mezi jednotlivými typy ploch jsou ve většině případů statisticky významné rozdíly. Výrazný vliv na počty zejména semenáčků má přítomnost mateřského porostu (Ulbrichová Podrázský 1999, Vávrová a kol, 2004) nebo alespoň několika plodných stromů, vliv semenného roku (v oblasti Šumavy v poslední době roky 1999/2000, 2002/2003, 2003/2004).

Počty a odrůstání semenáčků a odrostků ve vyšších výškových třídách na různých typech ploch v oblasti Šumavy sledoval zejména Zatloukal (2000, 2001), který zjistil počty odpovídající v přepočtu 6-17 tis. jedinců na hektar.

Na přežívání semenáčků mají výrazný vliv i další faktory, zejména světelné poměry dané typem a prosvětlením mateřského porostu, případně vnitrodruhová kompetice, které vedou k vysoké úmrtnosti nejmladších stádií smrku ve věkové třídě 4-5 let, což na Šumavě sledovali (Jonášová et Prach 2004, Zatloukal 2000, Šerá et al. 2000). Výsledky Zatloukala (2000) ze Šumavských ploch popisují podíl semenáčků z celkového zmlazení v rozsahu 42.4-76.3 %, Ulbrichová, Remeš Zahradník, 2006; 60-90%, podle Jonášové (2001) podíl zmlazení nad 10 let dosahuje v průměru 10-15%.

Rychlost odrůstání zmlazení je závislá především na světelných podmínkách, což se projevuje i ve výsledcích autorů srovnávajících plochy s odumřelým a živým porostem na Šumavě, i v jiných oblastech (Diaci 2002, Hunziker, Brang, 2005; Jonášová 2001; Jonášová, Prach, 2004; Zatloukal 2005)- kteří uvádějí zhruba dvojnásobnou rychlost odrůstání na plochách s odumřelým porostem nebo bez zápoje.

Vliv mikrostanoviště - růstového substrátu, okolní bylinné vegetace, korunového zápoje dospělého porostu - je široce diskutovaný problém (Rumpf, Pampe, 2003, Hunziker, Brang, 2005) , kterým se v oblasti Šumavy a Krkonoš zabývali (Zatloukal 2000; Šerá et al. 2000, Jonášová 2001; Jonášová, Prach, 2004) s ne zcela jasnými výsledky. Zatímco někteří autoři považují opad za velmi vhodný substrát pro klíčení semenáčků (Šerá et. al, 2000; Hunziker, Brang, 2005), jiní (Jonášová, Prach, 2004) uvádějí na tomto substrátu rychlejší snižování počtu semenáčků. Pro borůvčí, jako půdní pokryv také existují rozporuplné výsledky, kdy Šerá, et al (2000) uvádí borůvčí jako mikrostanoviště s vyšším úhynem semenáčků, oproti tomu bývá někdy uváděn jeho pozitivní efekt v zimní ochraně před vymrzáním, ale časté jsou i zmínky o nižším procentu klíčovosti v tomto mikrostanovišti (Šerá et. al, 2000; Rumpf, Pampe, 2003).

Prostorová struktura smrkového zmlazení je závislá na typu a charakteru plochy a v určitých případech i na výskytu a typu mrtvého dřeva na dané ploše, což na Šumavě souvisí s nadmořskou výškou a také vodním režimem plochy (Svoboda 2005, Ulbrichová, Remeš, Zahradník, 2006; Hunziker, Brang, 2005; Jonášová, Prach, 2004, Uhliarová a kol. 1999), kdy je patrný hloučkovitý výskyt zmlazení v oblasti pařezů a případně liniový výskyt na rozložených padlých kládách. Typicky je prostorová struktura zmlazení smrku v horských oblastech hloučkovitá, což dokládají i další autoři z oblasti Krkonoš (Vacek, Lokvenc, Souček 1995).

S tímto typem substrátu souvisí nejen lokální změna abiotických podmínek jako je vlhkost, délka vegetační doby v souvislosti s rychlostí odtávání sněhu, ale i biotické faktory jako nižší konkurence bylinné vegetace a přítomnost zvláštních mykorrhizních typů přítomných právě na mrtvém dřevě a umožňujících lepší vývoj kořenů semenáčků (Uhliarová et al., 1999).

Právě v oblasti Šumavy je v současné době vývoj podílu mrtvého dřeva poměrně zajímavým tématem, vzhledem k postupnému lámání kůrovcových souší a vzhledem k systému ponechání odkorněných kmenů na jednotlivých stanovištích.

Vliv stavu výživy byl sledován na Šumavě zatím zejména u dospělých porostů (Podrázský, Vacek, 2004), pro přirozenou obnovu zatím není nedostatek živin žádným výrazným problémem (Ulbrichová, Remes Zahradník, 2006).

Z výsledků autorů, kteří se tímto problémem zabývali v minulosti vyplývá nutnost dalšího studia vlivu jednotlivých faktorů na jednotlivé fáze uchycení semen, klíčení, vzházení a přežívání semenáčků i odrostků, protože rozsah a variabilita daných faktorů je značně vysoká a není v možnostech jedné skupiny nebo jednoho projektu zhodnotit problematiku v celé šíři.

Literatura

- Ammer Ch. (2002): Response of *Fagus sylvatica* seedlings to root trenching of overstory *Picea abies*. - Scandinavian journal of forest research, 17: 408-416.
- Angelstam P, Breuss M, Gossow H (2000): Visions and tools for biodiversity restoration in coniferous forest. In: Forest ecosystem restoration: ecological and economical impacts of restoration processes in secondary coniferous forests. Proceedings of the International Conference, Vienna, Austria, 10-12 April, 2000 - pp. 19-28.
- Canham C. D. (1989): Different responses to gaps among shade-tolerant tree species. - Ecology, 70: 548-550.
- Canham C. D. et al. (1990): Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forests. - Canadian journal of forest research, 20: 620-631.
- Coates K. D. (2002): Tree recruitment in gaps of various size, clearcuts and undisturbed mixed forests of interior BC. - Forest ecology and management, 127: 249-269.
- Coomes D. A., Grubb P. J. (2000): Impacts of root competition in forests and woodlands: a theoretical framework and review of experiments. - Ecol. Monography, 70: 171-207.
- Cudlín P., Goldbold L. D., Bonifacio E., Egli S., Fritz W. H., Gonthier P., Chmelíková E., Kowalik P., Martinotti M. G., Moravec I., Nicolotti G., Varese C., Peter M., Zanini E. (2003): Conditions of natural regeneration of Norway spruce ecosystems in the Krkonose Mountains. - Ekológia (Bratislava), 22 (Supplement 1): 66-79.
- Cudlín P., Moravec I., Chmelíková E. (2001): Retrospektivní sledování stavu smrkových ekosystémů v Národním parku Šumava. - Silva Gabreta, 6: 249-258.
- Detsch R., Ammer U. (2000): Multifunctional rehabilitation of forest in central Europe, XXI IUFRO Congress. - Kuala Lumpur, Vol. 1, pp. 320-327.
- Diaci J. (2002): Regeneration dynamics in a Norway spruce plantation on a silver fir-beech forest site in the Slovenian Alps. - Forest Ecology and Management, 161: 27-38.
- Falta V., Cudlín P., Šerá B. (1999): Vliv narušení horských smrkových porostů v Krkonoších na růst a vývoj náletových semenáčků (*Picea abies*). - Collection of Scientific papers, Series for Crop Science, 16: 1-23.
- Fischer A. (1992): Long term vegetation development in Bavarian mountain forest ecosystems following natural destruction. - Vegetatio, 103: 93-104.
- Fischer A., Jehl H. (1999): Vegetation development on windthrown areas in the Bavarian Forest National Park following the 1983 storm. [Vegetationsentwicklung auf Sturmwurfflächen im Nationalpark Bayerischer Wald aus dem Jahre 1983]. - Forstliche Forschungsberichte München, 176: 93-101.
- Gorzalak. A. (1997): Differences in forest regeneration conditions on deforested areas in the Western Sudety Mountains. - Sylwan, 141(4): 129-134.
- Grassi G. et al. (2004): Dynamics of Norway spruce and Silver fir natural regeneration in mixed stands under uneven-aged management. - Canadian journal of forest research, 34: 141-149.
- Grassi G., Bagnaresi U. (2001): Foliar morphological and physiological plasticity in *Picea abies* and *Abies alba* saplings along natural light gradient. - Tree Physiology, 21: 959-967.
- Gray A. N., Spies T. A. (1996): Gap size, within gap position and canopy structure effects on conifer seedling establishment. - Journal of ecology, 84: 635-645.
- Grimm V., Wissel C. (1997): Babel, or the ecological stability discussion: an inventory and analysis of terminology and a guide for avoiding confusion. - Oecologia, 109: 323-324.

- Gubka, K. (2006): Effects of the altitude change on the structure of the soil protective and anti-erosive function. In: Stabilization of forest functions in biotopes disturbed by anthropogenic activity, Proceedings of conference in Opočno. - pp. 537-544.
- Hanell B. (1993): Regeneration of *Picea abies* forests on highly productive peatlands - clearcutting or selective cutting? - *Scandinavian Journal of Forest Research*, 8: 519-527.
- Holgén P., Hanell B. (2000): Performance of planted and naturally regenerated seedlings in *Picea abies* - dominated shelterwood stands and clearcuts in Sweden. - *Forest Ecology and Management*, 127: 129-138.
- Holling C. S. (1973): Resilience and stability in ecological systems. - *Annual review of ecology and Systematics*, 4: 1-23.
- Holmgren M., Scheffer M., Huston M. (1997): The interplay of facilitation and competition in plant communities. - *Ecology*, 78: 1966-1975.
- Hunziker U., Brang P. (2005): Microsite patterns of conifer seedling establishment and growth in mixed stands in the southern Alps. - *Forest Ecology and Management*, 210: 67-79 p.
- Chábera S. et al. (1987): Příroda na Šumavě. - Jihočeské nakladatelství, České Budějovice, pp. 54-63.
- Chazdon R. L., Pearcy R. W. (1991): The importance of sunflecks for understory plants. - *Oecologia*, 69: 524-531.
- Chmelíková E., Kowalik P., Martinotti M. G., Moravec I., Nicolotti G., Varese C., Peter M., Zanini E. (2003): Conditions of natural regeneration of Norway spruce ecosystems in the Krkonose Mountains. - *Ekológia (Bratislava)*, 22(Supplement 1): 66-79.
- Jäderlund A., Zackrisson O., Nilsson M.-C. (1996): Effects of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) litter on seed germination and early seedling growth of four boreal tree species. - *Journal of Chemical Ecology*, 22: 973-986.
- Jelínek J. (1988): Větrná a kůrovcová kalamita na Šumavě z let 1868 až 1878. - Lesprojekt: Brandýs nad Labem, 40 p.
- Jonášová M. (2001): Regenerace horských smrčín na Šumavě po velkoplošném napadení lýkožroutem smrkovým. In: Aktuality šumavského výzkumu. - Vimperk, pp. 161-164.
- Jonášová M. (2004): Zmlazení dřevin v horských smrčínách odumřelých po napadení lýkožroutem smrkovým. In: Dvořák L., Šustr P. [Eds.], Aktuality šumavského výzkumu II. - Správa NP a CHKO Šumava: Vimperk, pp. 265-269.
- Jonášová M., Prach K. (2004): Central-European mountain spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) forests: regeneration of tree species after a bark beetle outbreak. - *Ecological Engineering*, 23: 15-27.
- Jurásek A., Martincová J. (1996): Problematika aklimatizace a specifického růstu sadebního materiálu horského smrku. In: Monitoring, výzkum a management ekosystémů na území Krkonošského NP. Sborník konference Opočno, duben 1996. - pp. 133-141.
- Jurásek A., Martincová J. (2004): Specifické požadavky použití sadebního materiálu v horských oblastech. In: Přirozená a umělá obnova, přednosti, nevýhody a omezení. Sborník konference ČZU, Kostelec n. Č.l., březen 2004. - pp. 57-64.
- Kaufmann M. R., Linder S. (1996): Tree physiology research in a changing world. - *Tree physiology*, 16: 1-4.
- Koistinen E., Valkonen S. (1993): Models for height development of Norway spruce and Scots pine advance growth after release in southern Finland. - *Silva Fennica*, 27: 179-194.
- Korol R. L., Milner K. S., Running S.W. (1995): Incorporating intertree competition into an ecosystem model. - *Canadian journal of Forest Research*, 25: 139-153.
- Korpel, Š. (1991): Pestovanie lesa. - Příroda: Bratislava, 472 p.
- Korpel, Š. (1993): Hospodárenie v lesoch horských oblastí. - VŠZ: Praha, 123 p.
- Kozłowski T. T. (2002): Physiological ecology of natural regeneration of harvested and disturbed forest stands: implications for forest management. - *Forest ecology and management*, 158: 195-221.
- Kriegel H. (2002): Vývoj kultur zakládáných v horských polohách pod odumírajícími smrkovými porosty a na pasekách. - *Zprávy lesnického výzkumu*, 47(2): 189-194.

- Kriegel H. (2003): Vývoj smrkových kulturních generativního a vegetativního původu v horských polohách Krkonoš. - Zprávy lesnického výzkumu, 48(1): 21-24.
- Kupferschmid A. D., Schönenberger W., Wasem U. (2002): Tree regeneration in a Norway spruce snag stand after tree die-back caused by ips typographus. - Forest Snow and Landscape Research, 77: 149-160.
- Kupka I. (2000): Posouzení možností umělé a přirozené obnovy lesních porostů a potřeby reprodukčního materiálu v NP Šumava. In: Monitoring, výzkum a management ekosystémů NP Šumava, sborník konference ČZU, Kostelec n. Č.l., listopad 2000. - pp. 92-98.
- Kupka I. (2004): Přirozená a umělá obnova, jejich přednosti, omezení a nevýhody. In: Přirozená a umělá obnova - přednosti, nevýhody a omezení, Sborník konference ČZU, Kostelec n. Č.l., březen 2004. - pp. 5-12.
- Kupka I. (2005): Reaction of Silver fir (*Abies alba* Mill.) plantation to fertilization. - Journal of Forest Science, 51: 95-100.
- Larsen J. B. (1995): Ecological stability of forests and sustainable silviculture. - Forest Ecology and Management, 73: 85-96.
- Latham R. (1992): Co-occurring tree species change rank in seedling performance with resources varied experimentally. - Ecology, 73: 2129-2144.
- Lepšová A. (2001): Ectomycorrhizal system of naturally established Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) seedlings from different microhabitats - forest floor and coarse woody debris. - Silva Gabreta, 7: 223-234.
- Lokvenc T., Vacek S. (1991): Problematika podsadeb porostů v imisních oblastech. - Lesnická práce, 70(9): 67-77.
- Madsen P., Larsen J. B. (1997): Natural regeneration of beech (*Fagus sylvatica* L.) with respect of canopy, soil moisture and soil carbon content. - Forest ecology and management, 97: 95-105.
- Martincova J. (2004): Zkušenosti s použitím krytokořenného sadebního materiálu smrku v horských oblastech. In: Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa. Sborník konference VÚLHM v Opočně, červen 2004. - pp. 49-56.
- Matějková I., Jonášová M. (2003): Regeneration of Šumava forests with various management regimes. In: Monitoring, výzkum a management ekosystémů NP Šumava. - ČZU: Praha, pp. 22-29.
- Podrázský V. (1997): Obnova biodiverzity a stability lesních ekosystémů v pásmu přirozeného výskytu smrku na území NP Šumava. /Výroční zpráva/. - Ms. [Praha, Lesnická fakulta ČZU Praha], 37p.
- Podrázský V., Hamerník J., Leugner J., Kohlík V. (1999): Přirozené zmlazení rozpadajících se smrkových porostů na trvalých výzkumných plochách na území NP Šumava - předběžné výsledky. - Silva Gabreta, 3: 155-160.
- Podrázský V., Vacek S., Moser W. K. (1999): Návrh kritérií pro ponechání částí lesa přirozenému vývoji v podmínkách II A zón Národního parku Šumava. - J. For. Sci., 45: 430-436.
- Průša E., 1990: Přirozené lesy České republiky. 1. vyd. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 246 p.
- Rumpf S., Pampe A. (2003): Investigations of the initial phase of natural regeneration of spruce [Untersuchungen zu Ankommen und Etablierung von Fichtennaturverjüngung]. - Forst und Holz. 58(13-14): 384-389.
- Rysavy T. (1991): Ursachen der Vereschung - ein Beitrag zu einem vieldiskutierten. - Phänomen. Forstarchiv, 62: 184-188.
- Saniga M., Szanyi O. (1996): Dynamika prirodzenej obnovy vo vybraných typoch výberného lesa. - Acta facultatis forestalis, Zvolen, 38: 101-114.
- Schönenberger W., Lassig R. (1995): The development of windthrow areas in Switzerland. First research results, observations and experience. - Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 146(11): 853-928.
- Schwitzer A. (1996): Protection forest in the Tamina Valley: restoration after the thunderstorm. - Forstwissenschaftliches Centralblatt, 115(4/5): 273-286.
- Slodičák M. [Ed.] (1999): Obnova a stabilizace horských lesů. - VÚLHM, 146 p.
- Stone L., Roberts A. (1991): Conditions for a species to gain advantage from the presence of competitors. - Ecology, 72: 1964-1972.

- Svoboda M. (2005): Množství a struktura mrtvého dřeva a jeho význam pro obnovu lesa ve smrkovém horském lese v oblasti rezervace Trojmezná. - Zprávy lesnického výzkumu, 50: 33-45.
- Szwagrzyk et al. (2001): Dynamics of seedling banks in beech forest: results of a 10-year study on germination, growth and survival. - Forest ecology and Management, 141: 237-250.
- Šerá B., Falta V., Cudlín P., Chmelíková E. (2000): Contribution to knowledge of natural growth and development of mountain Norway spruce seedlings. - Ekológia, 19: 420-434.
- Tesař V., Tesařová J. (1996): Odrůstání smrku s jeřábem v mladých uměle založených porostech v Krkonoších. In: Monitoring, výzkum a management ekosystémů na území Krkonošského národního parku, sborník konference Opočno, duben 1996. - pp. 201-209.
- Uhliarová Š., Škrdla P., Pouska V., Lepšová A. (1999): Mrtvá dřevní hmota a její význam pro obnovu lesa. In: Podrázský V, Vacek S., Ulbrichová I. [eds.], Sborník celostátní konference Monitoring, výzkum a management ekosystémů Národního parku Šumava. - pp. 81-87.
- Ulbrichová I., Podrázský V. (2000): Přirozené zmlazení lesních porostů v NP Šumava. In: Monitoring, výzkum a management ekosystémů Národního parku Šumava. /Sborník referátů z konference 1. a 2. 12. 1999/. - ČZU v Praze, Kostelec nad Černými lesy, pp. 6-9.
- Ulbrichová I., Remeš J., Zahradník D. (2006): Development of the spruce natural regeneration on mountain sites in the Šumava Mts. - Journal of Forest science, 52: 446-456.
- Vacek S. (1999): Ekologické aspekty dekompozice odumřelého dřeva v autochtonní smrčíně. In: Vrška T. [Ed.], Význam odumřelého dřeva v lesních ekosystémech. Sborník přednášek ze semináře. Vranov nad Dyjí 8. a 9. 10. 1999. - SNPP, ČLS: Vranov nad Dyjí, pp. 49-60.
- Vacek S., Bastl M., Lepš J. (1999): Vegetation changes in forests of the Krkonoše Mts. over a period of air pollution stress (1980-1995). - Plant Ecology, 143: 1-11.
- Vacek S., Podrázský V. (2000): Možnosti využití podsadeb při obnově lesů NP Šumava In: Monitoring, výzkum a management ekosystémů NP Šumava, sborník konference ČZU, Kostelec n.Č.l., listopad 2000. - pp. 99-106.
- Vacek S., Podrázský V. (2003): Forest ecosystems of the Šumava Mts. and their management. - Journal of Forest Science, 49: 291-301.
- Vávrová E., Cudlín P., Polák T., Šerá B., Chmelíková E., Falta V. (2004): Vzházení a přežívání semenáčků smrku ztepilého v klimaxových smrčínách Krkonoš. In: Polehla, P. (Ed.), Hodnocení stavu a vývoje lesních geobiocenóz. - Ediční středisko MZLU: Brno, pp. 163-168
- Vinš B. et al. (1999): Ochrana přírody a péče o les v Národním parku Šumava. - MŽP: Praha, 55 p.
- Vrška T., 2006: Dynamika vývoje pralesovitých rezervací v České republice III. - Přirozené lesy Šumavy a Českého lesa /Rezervace Boubínský prales, Rezervace Diana, Milešický prales, Stožec - Medvědice/, Academia Praha, 2006:300.
- Zatloukal V. (2000): Dynamika přirozeného zmlazení a umělých podsadeb v závislosti na stanovištních poměrech v horských lesích Šumavy. In: Konference Monitoring, výzkum a management ekosystémů NP Šumava, 1.-2. 12. 1999, Kostelec nad Černými lesy. - ČZU, FLE: Praha, pp. 74-78.
- Zatloukal V. (2001): Předběžné vyhodnocení stavu a vývoje přirozené obnovy v NP Šumava v prostoru Mokrůvka-Špičnická-Březnická hájenka. In: Aktuality Šumavského výzkumu, (Srní, 2.-4.. 2001). - Vimperk, pp. 110-115.
- Zemek F., Cudlín P., Boháč J., Moravec I., Heřman M. (2003): Semi-natural Forested Landscape under a Bark Beetle Outbreak: a case study of the Bohemian Forest. - Landscape Research, 28: 279-292.
- Zielonka T., Piątek G. (2001): Norway spruce regeneration on decaying logs in subalpine forests in the tatra national park. - Polish Botanical Journal, 46(2): 251-260.
- Zukrigl K. (1991): Succession and regeneration in the natural forests in central Europe. - Geobios, 18(5-6): 202-208.