OBNOVA LESA V TATRÁCH NA LOKALITÁCH SO SPRACOVANOU A NESPRACOVANOU KALAMITOU

Vladimír Šebeň, Michal Bošeľa

Úvod

Vznik tak veľkej prírodnej katastrofy vo zvlášť chránenom území, akou bola veterná kalamita z novembra 2004 v Tatrách, rozprúdil vznik mnohých pohľadov na jeho ďalší manažment. Jedná sa o jednu z iba 4 biosférických rezervácií UNESCO na Slovensku a náš najstarší národný park, ktorý je navyše z veľkej časti zložený z množstva kontinuálne prepojených prírodných a národných prírodných rezervácií s najprísnejším stupňom ochrany prírody. Zasiahnuté územie s totálnym poškodením porastov dosiahlo výmeru až niekoľko tisíc ha.

Z poškodenej časti kalamitiska sa takmer 30 % nachádzalo na území rezervácií s 5. stupňom ochrany prírody (prírodné rezervácie), asi 2/3 v 3. stupni ochrany prírody (národný park) a iba malá časť v druhom stupni (ochranné pásmo národného parku). Podľa platného zákona č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny na území, na ktorom platí piaty stupeň ochrany, je okrem iného zakázané zasiahnuť do lesného porastu a poškodiť vegetačný a pôdny kryt, stavať lesnú cestu alebo zvážnicu, rušiť pokoj a ticho, meniť stav mokrade alebo koryto vodného toku. Takéto obmedzenia mali vplyv aj na samotné spracovanie kalamity. Na základe viacerých odborných diskusií a kvôli prípadnému ohrozeniu škodlivými faktormi (podkôrny hmyz, požiare, atď.) sa navrhlo spracovanie drevnej hmoty aj v časti rezervácií. Zároveň sa rozhodlo naopak o ponechaní určitého podielu drevnej hmoty aj v iných častiach územia, a vytypovalo sa niekoľko lokalít na úplné ponechanie nespracovaného dreva (najmä vedeckovýskumné dôvody). Z celkovej výmery kalamitiska asi 10 tisíc ha tak ostalo z rôznych dôvodov do 800 ha ponechaných na samovývoj bez akéhokoľvek spracovania dreva, z toho sú asi 2/3 v štátnom vlastníctve. Ide predovšetkým o lokality v NPR Tichá dolina, NPR Furkotská dolina, NPR Mraznica, NPR Prameniště, lokalita Jamy v NPR Studené doliny, lokalita Prales v NPR Mokriny a ďalšie lokality s menšou výmerou.

Aj na miestach s intenzívnou ťažbou a spracovaním dreva sa ponechalo určité kvantum odumretej dendromasy. Napriek dohode nebola jednoznačná predstava o optimálnom množstve odumretého dreva v prírodných porastoch ani o jeho stanovení. Okrem úmyselného ponechania navrhnutej časti dendromasy (10, 30, 50 %), ostalo navyše drevo po zámernom uhadzovaní pri ťažbe (haluzina) alebo ponechané nespracovateľné či nevyužiteľné zvyšky po ťažbe. Až výberový monitoring procesu revitalizácie (Šebeň *et al.* 2009) kvantifikoval skutočné množstvo odumretého dreva v rokoch 2007 – 2008 (teda po spracovaní kalamity počas rokov 2005 – 2006), pričom sa ukázali vysoké priemerné hektárové zásoby dreva na kalamitisku presahujúce 100 m^3, z čoho asi polovicu tvorila ležiaca hrubina a asi tretinu ležiaca tenčina. Prakticky sa neidentifikovala monitorovacia plocha bez odumretého dreva.

Pracovná komisia zriadená Ministerstvom pôdohospodárstva SR zo zástupcov ministerstva pôdohospodárstva, ministerstva životného prostredia, Štátnych lesov TANAP-u, Lesníckeho výskumného ústavu, Lesoprojektu, Technickej univerzity vo Zvolene a Štátnej ochrany prírody po páde kalamity naformulovala program jej efektívneho zvládnutia. Definovala tri rozhodujúce úlohy, ktoré vyústili do troch realizačných projektov. Prvý bol zameraný na spracovanie kalamity, druhý na problematiku ochrany lesa a tretí na revitalizáciu lesných ekosystémov. Neskôr k nim pribudol ešte projekt protipožiarnej ochrany.

V projekte revitalizácie sa zúročili všetky súčasné poznatky a názory na obnovu územia a jej budúci vývoj, rámcovo sa naplánovali opatrenia tak, aby bol proces revitalizácie čo najefektívnejší (Jankovič *et al.* 2007). Počítalo sa s dlhou dobou obnovy (teda nešlo o čo najrýchlejšie celoplošné zalesnenie) s maximálnym využitím potenciálu prirodzenej obnovy. Následné porasty by mali mať tzv. mozaikový charakter, pri ktorom by sa mali striedať maloplošne rôznoveké porasty a dreviny by mali byť čo najpestrejšie.

Základnou požiadavkou procesu revitalizácie bolo rekonštruovať zničené porasty, zakladať nové, diferencované a stabilné porasty, ktoré by mali mať väčšiu šancu odolávať nepriaznivým tlakom vonkajšieho (abiotické činitele) a vnútorného (biotické faktory) prostredia. Po vzniku veľkoplošnej holiny sa uvažovalo s maximálnym využitím prirodzenej obnovy, ale nevyhnutnosťou sa javilo rozsiahle zalesňovanie. Aplikovaná umelá obnova mala vnášať najmä málo či takmer vôbec nezastúpené listnaté dreviny. Pri návrhoch drevinového zloženia sa uvažovalo s takými podielmi drevín, aby znova nevznikli rovnorodé smrekové, resp. ihličnaté porasty. V širokom názorovom spektre sa presadzovala časť návrhov aj na ponechanie rozvrátených porastov na samovývoj a prírodné procesy.

Spomínané otázky vznikli pri názoroch na spracovanie odumretého dreva, od úplného vyťaženia všetkých porastových zvyškov až po ponechanie všetkej hmoty v porastoch. Výsledkom bolo už uvedené množstvo nespracovaného dreva.

Monitoring procesu revitalizácie

Sledovanie vývoja pokalamitnej situácie na kalamitisku v Tatrách bolo hneď od roku 2005 v pozornosti pracovníkov praxe, ale aj vedy a výskumu. Národné lesnícke centrum vo Zvolene sa v rokoch 2006 – 2007 zaoberalo založením monitorovacieho systému, ktorý by bol založený na sledovanie vývoja revitalizácie poškodeného územia Vysokých Tatier v zmysle revitalizačného projektu. Nesleduje iba prirodzený vývoj, ale aj vplyv hospodárskych opatrení. V prvej fáze bol zistený východiskový stav za roky 2007 – 2008. Na monitorovacích plochách (MP) v hustej sieti 500 × 500 m sa zisťovalo množstvo údajov o stromoch, poraste, obnove, stanovišti či odumretom dreve, a to nielen na kalamitisku ale aj na priľahlom nepoškodenom území. Počas roku 2010 sa zrealizoval na území kalamitiska druhý cyklus (iba v sieti 1 × 1 km), zameraný iba na zmeny v obnove lesa.

Monitorovacie plochy boli zakladané po celom záujmovom území bez ohľadu na vlastníctvo. Záujmové územie netvorilo iba kalamitisko, ale aj priľahlé vetrom nepoškodené územie, čo umožňuje zachytiť vývoj pre rozličné kategórie (poškodenie, typ manažmentu, vlastníctvo atď.).

Podrobnejšie údaje o metodike zisťovania, ako aj prvé výsledky boli viackrát prezentované, predovšetkým na každoročnom seminári pokalamitného vývoja v Tatranskej Lomnici (Šebeň 2007, Šebeň *et al.* 2008, 2009). MP mali dizajn prispôsobený zisťovaným znakom, základná výmera bola 500 m^2, pre obnovu boli navrhnuté špecifické satelity obnovných kruhov, aby sa podchytila aj mikrovariabilita.

Veľkou výhodou výberového monitoringu je možnosť poststratifikácie územia, teda výberu MP podľa požadovaných znakov. Plochy sú trvalo stabilizované, získalo sa na nich množstvo informácií a to umožňuje (na rozdiel od niektorých výskumných plôch založených v minulosti) aj zachytenie zmien v krátkych či veľmi dlhých časových intervaloch. Zmeny sa dajú porovnávať na úrovni jedincov v rámci monitorovanej plochy, čo zároveň umožňuje samostatne využívať na výskumné účely aj jednotlivé MP. No iba systém takýchto plôch zabezpečuje interpretáciu výsledkov na úrovni celého územia, čo nenahradí žiadne čiastkové výsledky zozbierané z niekoľkých lokalít.

V tejto práci sme sa zamerali na porovnanie lokalít s nespracovanou drevnou hmotou a ostatných lokalít.

Lokality so spracovanou a nespracovanou kalamitou

Ako bolo spomenuté v úvode, na kalamitisku ostalo aj v spracovaných častiach určité množstvo dreva. Prakticky sa nezaznamenali MP bez výskytu odumretého dreva. Odumreté drevo sa skladá z viacerých zložiek – suchárе, pne, hrubá ležanina, tenčina. Za smerodajnú považujeme najmä hrubú ležaninu, ktorá predstavuje najpodstatnejšiu zložku.

Na základe grafických podkladov VS ŠL TANAP sme vykonali stratifikáciu územia na lokality ponechané na samovývoj (evidentne nespracovaná drevná hmota) a ostatné plochy (spracované, ale s variabilným množstvom ponechaného dreva). Priradili sme k nim jednotlivé MP. Použili sme údaje z roku 2007 (prvý cyklus monitoringu). Výsledkom je priemerné množstvo jedincov obnovy spolu s príslušnou strednou výberovou chybou so spoľahlivosťou 68 %.

Tabuľka 1. Porovnanie obnovy a ležiacej hrubiny na kalamitisku v roku 2007

Kategória	Počet IP [ks]	Podiel MP s obnovou [%]	Variabilita počtu obnovy	Jedince obnovy [tis. ks.ha^{-1}]	Zásoba ležaniny [m^3.ha^{-1}]
Nespracované	21	100	147	9,4 ± 3,0	208,8 ± 22,6
Ostatné	347	97	155,9	14,1 ± 1,2	40,2 ± 2,6

Z tabuľky 1 vyplýva, že variabilita počtov jedincov obnovy na kalamitisku bola veľmi vysoká (teda kolísanie miest s malým a vysokým počtom jedincov obnovy) a bez rozdielu medzi nespracovanou a ostatnou časťou kalamitiska. Výskyt jedincov obnovy bol už vtedy veľmi častý, na nespracovaných lokalitách sa obnova vyskytovala všade, na ostatnej časti takmer všade (v rôznej koncentrácii). Výrazné rozdiely medzi lokalitami boli pochopiteľne v priemernom hektárovom množstve ležaniny (nespracovaná časť priemerne okolo 200 m^3 ležaniny na hektár, ale aj

40 m^3 na hektár z ostatnej časti je pomerne vysoká hodnota). Treba poznamenať že odumreté drevo (ležaniny, vývraty, pne) sa nachádza v rôznych koncentráciách priebežne po celom kalamitisku (priemerne pokrývalo v roku 2007 až 20 % celkovej plochy kalamitiska), no nie všade pôsobí bezprostredne na vývoj obnovy. Medzi priemernými počtami jedincov sa ukazovali len mierne rozdiely, na nespracovanej časti sa zistili nižšie hodnoty.

Ak by sme sa osobitne pozreli na rastové stupne, reprezentujúce výškové postavenie obnovy (tab. 2), tak sa rovnako zistila vysoká variabilita počtov jedincov. Zjavná je absencia výsadby na nespracovaných lokalitách oproti štvrtinovému výskytu na ostatnej časti. Na nespracovanej sa zistil vyšší podiel jedincov najnižšieho rastového stupňa – náletu (až 2/3) a aj pri jednotlivých rastových stupňoch je evidentný mierne nižší priemerný počet jedincov. Pozitívne zistenie z nespracovanej časti voči ostatnej časti bolo oveľa vyššie zastúpenie jedincov najvyššej vitality (vyše 90 % voči len asi 60 %, nie je uvedené v tabuľke).

Tabuľka 2. Porovnanie obnovy na kalamitisku v roku 2007 podľa rastových stupňov

Kategória	Rastový stupeň	Počet IP[ks]	Podiel MP s obnovou [%]	Variabilita počtu obnovy [%]	Jedince obnovy [tis. ks.ha^{-1}]	Podiel [%]
Nespracované	1. nálet	21	95	166,4	6,3 ± 2,3	67
	2. nárast	21	81	183	2,4 ± 1,0	25
	3. mladina	21	7	254,4	0,7 ± 0,4	8
	4. výsadba	21	0		0,0 ± 0,0	8
Ostatné	1. nálet	347	94	193,3	8,0 ± 0,8	57
	2. nárast	347	89	197,3	4,8 ± 0,5	34
	3. mladina	347	64	247,9	1,1 ± 0,1	8
	4. výsadba	347	26	250	0,2 ± 0,0	1

V roku 2010 sme realizovali druhý cyklus monitoringu procesu revitalizácie tatranského kalamitiska so zameraním na obnovu. Kvôli nedostatku finančných prostriedkov sme vykonali obnovu MP iba na štvrtinovej sieti (1 × 1 km oproti 0,5 × 0,5 km). Celkový počet porovnávaných MP teda klesol na 1/4, z 368 na 90, pričom poklesla aj presnosť výstupov (z ±7 na ±12 %, resp. z ± 24 na ± 50 %), ale reprezentatívnosť územia (rovnomernosť rozmiestnenia MP po území) neklesla. Nezaoberali sme sa zisťovaním zmien v ležiacej hrubine, kde sa predpokladá iba postupný rozklad (prechod zo stupňa rozkladu drevo tvrdé do kategórie mäkké) pri zachovanom objeme (množstve ležiacej hrubiny). Výsledky prezentuje tabuľka 3.

Tabuľka 3. Porovnanie obnovy na kalamitisku v roku 2010

Kategória	Počet IP [ks]	Podiel MP s obnovou [%]	Variabilita počtu obnovy	Jedince obnovy [tis. ks.ha^{-1}]	Vitalita [%]		
					A	B	C
Nespracované	7	100,0	169	6,1 ± 3,9	96,5	3,5	0
Ostatné	83	100,0	123	12,6 ± 1,7	90,4	6,4	3,1

V porovnaní s prvým cyklom pozorujeme niekoľko zmien. Mierne sa znížila variabilita počtu jedincov na ostatnom území voči nespracovanému (čiže sa pomaly vyrovnávajú extrémy od veľmi malého po veľký počet jedincov obnovy na MP). Nezistili sa už žiadne MP bez obnovy. Voči roku 2007 však nastal pokles priemerného počtu jedincov, čo je vcelku zaujímavé, výraznejšie na nespracovanej časti. Súvisí to možno s prirodzenou autoreguláciou a prežívaním najodolnejších jedincov. Naopak, zvýšil sa podiel najvitálnejších jedincov kategórie A na ostatnej časti, čím sa rozdiely vo vitalite vyrovnali. Evidentný je stále výrazne nižší priemerný hektárový počet jedincov obnovy na nespracovaných lokalitách ako na ostatnej časti.

Pri rastových stupňoch sa nenašli v roku 2010 podstatné rozdiely v relatívnom vyjadrení (vzhľadom na počet MP) a zastúpenie je vcelku vyrovnané (hoci z nespracovaných lokalít vychádza najpočetnejšie mladina, kým na ostatnej časti nárast) a teda aj priaznivé. Zaujímavosťou je zistenie umelej obnovy na jednej MP v rámci nespracovaných lokalít, ktoré poukazuje na nejednoznačnú identifikáciu takýchto lokalít v teréne (MP sa nachádzala na okraji lokality ponechanej na samovývoj a kvôli nejasným hraniciam na kalamitisku sa tu realizovala výsadba a potenciálne aj čiastočné spracovanie dreva). Vyplýva z toho potreba jednoznačnej lokalizácie najmä v prípade menších lokalít určených na samovývoj a lepšia špecifikácia hraníc (kolíky, oplotenie). Výberový monitoring v systematickej sieti tak zachytil aj takéto nezrovnalosti.

Tabuľka 4. Porovnanie obnovy na kalamitisku v roku 2010 podľa rastových stupňov

Kategória	Rastový stupeň	Počet IP [ks]	Podiel MP s obnovou [%]	Variabilita počtu obnovy [%]	Jedince obnovy [tis. ks.ha^{-1}]	Podiel [%]
Nespracované	1. nálet	7	100,0	95,4	1,9 ± 1,0	30,5
	2. nárast	7	100,0	142,1	1,6 ± 1,1	26,5
	3. mladina	7	100,0	204,4	2,5 ± 2,2	41,4
	4. výsadba	7	14,3	267,7	0,1 ± 0,1	1,7
Ostatné	1. nálet	83	92,8	128,8	3,0 ± 0,4	23,6
	2. nárast	83	97,6	158,8	5,7 ± 1,0	45,5
	3. mladina	83	95,2	146	3,7 ± 0,6	29,5
	4. výsadba	83	33,7	223,3	0,2 ± 0,0	1,4

Na nespracovaných lokalitách sa zistil nižší počet drevín v obnove. Je to z časti logické, pretože na zastúpenie vplýva významne aj veľkosť sledovanej lokality (čím väčšia tým je počet druhov vyšší). Kým na ostatnej časti bol počet druhov až 20, na nespracovaných lokalitách iba 7 druhov.

Zastúpenie drevín bolo na nespracovaných lokalitách veľmi nevyrovnané. Priemerne dominovala jarabina s nadpolovičným podielom nasledovaná smrekom. Obe dreviny sa zistili na všetkých MP v nespracovanej časti kalamitiska. Malé zastúpenie sa zistilo pri vŕbe rakyte, vtrúsená bola jedľa, breza, javor a smrekovec.

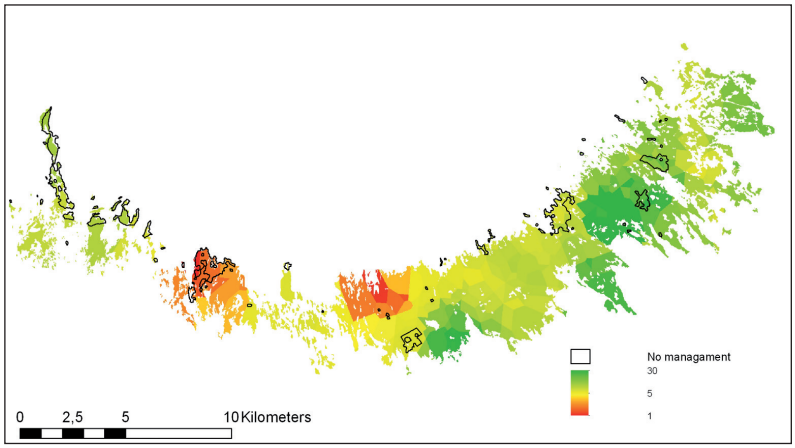
Iná situácia bola na ostatnej časti územia. V pestrom drevinovom zložení tu dominoval smrek, a prípravné listnáče ako breza, rakyta a jarabina s pomerne vyrovnaným podielom, ale aj výskytom na väčšine monitorovacích plôch. Priemerný hektárový počet smreka na nespracovanej časti bol asi polovičný oproti ostatnému územiu. Naopak, jarabina na nespracovanej časti dosahovala asi dvojnásobné priemerné hodnoty.

Tabuľka 5. Porovnanie drevín na kalamitisku v roku 2010

Kategória	Drevina	Počet I [ks]	Podiel MP s obnovou [%]	Jedince obnovy [tis. ks.ha^{-1}]	Podiel [%]	A	B	C
							[%]	
Nespracované	JB	7	100,0	3,3 ± 3,2	54,9	96,6	3,4	0
	SM	7	100,0	2,1 ± 1,0	34,7	97,6	2,4	0
	VR	7	71,4	0,4 ± 0,2	6	96,6	3,4	0
	JD	7	28,6	0,1 ± 0,1	1,7	87,5	12,5	0
	BR	7	42,9	0,1 ± 0,1	1,2	100	0	0
	JH	7	14,3	0,0 ± 0,0	0,4	50	50	0
	SC	7	42,9	0,1 ± 0,0	1	80	20	0
Ostatné	SM	83	94,0	4,7 ± 0,9	37	89,9	6,1	3,9
	BR	83	68,7	2,1 ± 0,5	16,8	97,7	2	0,4
	VR	83	75,9	1,8 ± 0,6	14,2	97	2,2	0,8
	JB	83	71,1	1,7 ± 0,3	13,2	84,1	12,7	3,2
	JX	83	16,9	0,4 ± 0,3	3,4	98,3	0,7	1
	OS	83	19,3	0,4 ± 0,3	3	48,3	23,6	28,1
	SC	83	51,8	0,4 ± 0,1	3	90,6	6,2	3,3
	TP	83	8,4	0,3 ± 0,2	2,5	80,4	19,2	0,3
	BO	83	36,1	0,2 ± 0,1	1,6	94,3	2,6	3,1
	JH	83	19,3	0,2 ± 0,1	1,5	83,1	15,8	1,1
	JL	83	7,2	0,2 ± 0,1	1,3	98	1,3	0,7
	BL	83	13,3	0,1 ± 0,1	0,9	99,1	0,9	0
	JD	83	10,8	0,1 ± 0,1	0,9	98,2	0,9	0,9
	BH	83	1,2	0,0 ± 0,0	0,2	74,1	25,9	0
	JS	83	2,4	0,0 ± 0,0	0,1	25	75	0
	LM	83	1,2	0,0 ± 0,0	0,1	100	0	0
	VB	83	7,2	0,0 ± 0,0	0,1	100	0	0
	BK	83	3,6	0,0 ± 0,0	0	75	25	0
	KS	83	1,2	0,0 ± 0,0	0	100	0	0
	LB	83	1,2	0,0 ± 0,0	0	100	0	0

Na základe zistení z roku 2010 sme sa pokúsili vytvoriť krigingový model počtov obnovy v monitorovanom území (obr. 1). Prezentujeme v ňom aj vybrané lokality, na ktorých sa úplne vylúčili manažmentové zásahy a kalamitné drevo sa nespracovalo na 100 %. Jedná sa o vizuálny model s určitou pravdepodobnosťou, a kvôli pomerne riedkej sieti MP nepodáva tak presnú informáciu ako štatisticky spracované údaje. Lokality s nespracovanou hmotou sú príliš malé pri presnosti modelu odvodeného zo siete 1 × 1 km.

Z obrázku ale vyplýva vcelku vysoký počet jedincov obnovy vo východnej a juhovýchodnej časti územia a naopak pomerne malý počet jedincov obnovy z oblasti neštátnych vlastníkov okolo Štrbského plesa a ochranného obvodu Vyšné Hágy. Vcelku na kalamitisku je však obnova dostatočná až veľmi priaznivá.



Obrázok 1. Krigingový model počtov obnovy (tisíc ks.ha^{-1}) na kalamitisku za rok 2010 a umiestnenie lokalít so 100 % ponechaným drevom (ohraničené polygóny – žiaden manažment)

Zhrnutie

Prezentované výsledky poukazujú na stav a niekoľkoročný vývoj obnovy na kalamitisku, pričom sa diferencujú časti kalamitiska ponechané na samovývoj a časti spracované (hoci s rôznou intenzitou).

Uvedené výstupy je možné zovšeobecniť na úroveň celého kalamitiska. V obnove bola zistená pretrvávajúca veľká variabilita. Priemerne vychádzajú územia s nespracovanou drevnou hmotou z pohľadu počtu jedincov obnovy ale aj počtu druhov ako chudobnejšie, keďže sa na MP ležiacich v nespracovaných lokalitách nachádzalo priemerne asi polovica jedincov obnovy voči ostatnej časti. Ale na druhej strane vysoká variabilita zapríčiňuje slabšiu možnosť zovšeobecnenia na úroveň konkrétnych lokalít, v ktorých sa mohli zistiť aj opačné výstupy. V rámci monitorovaného územia boli výnimkou pri nespracovanom dreve napríklad niektoré lokality v Tichej doline, kde sa zistili aj hodnoty prevažujúce 20 tisíc jedincov na ha. Obnovu tu ale dominantne tvoria trsy jarabiny, čo je zrejmé aj z priemerných výstupov z celého kalamitiska. Na nespracovaných lokalitách sa zistilo omnoho chudobnejšie drevinové spektrum (na čom sa podieľa aj malý podiel sledovaného územia), ale je aj veľmi nevyvážené s dominanciou jarabiny, čiastočne smreka (na čo už nemá vplyv veľkosť územia).

Poďakovanie

Príspevok vznikol s podporou Agentúry na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0456-07 Vplyv veternej kalamity a následného manažmentu na vývoj lesných ekosystémov v Tatrách.

Použitá literatúra

Jankovič, J. *et al.*, 2007: Projekt revitalizácie lesných ekosystémov na území Vysokých tatier postihnutom veternou kalamitou dňa 19. 11. 2004 (základné rámce a postupy revitalizácie postihnutého územia a následného manažmentu). Zvolen : Národné lesnícke centrum, 75 s.

Šebeň V., 2007: Praktická realizácia terestrickej monitorovacej siete na sledovanie vývoja poškodených lesných ekosystémov po veternej kalamite. In: *Pokalamitný výskum v TANAPe*. Tatranská Lomnica, 25. 10. 2007. ISBN 978-80-85754-17-9.

—, 2009: Stav revitalizácie vetrom poškodeného územia vo Vysokých Tatrách. Lesnická práce, VII/09, s. 17–19.

—, Jankovič J., Kulla L., Bošeľa M., 2008: Stav lesa po vetrovej kalamite zistený z terestrickej monitorovacej siete na sledovanie jeho vývoja. In: *III. Seminár Pokalamitný výskum v TANAPe*. 20.–21. 11. 2008, Stará Lesná, GÚ SAV, VS TANAP-u, ŠL TANAP-u, s. 191–202, ISBN 978-80-85754-20-9.

—, Kulla L., Jankovič J., 2009: Analýza výskytu, množstva a štruktúry odumretého dreva na tatranskom kalamitisku. In: Tužinský L., Gregor J. (eds.): *Vplyv vetrovej kalamity na vývoj lesných porastov vo Vysokých Tatrách*. Zborník recenzovaných vedeckých prác, Zvolen : TU Zvolen, s. 75–84.