

ČASOPRIESTOROVÁ ANALÝZA DISTRIBÚCIE PODKÔRNEHO HMYZU PO VETROVEJ KALAMITE Z ROKU 2004 VO VYSOKÝCH TATRÁCH

Christo Nikolov • Juraj Galko • Andrej Gubka • Andrej Kunca
• Ján Ferencčík • Matúš Kajba

Úvod

Podkôrny hmyz je prirodzenou súčasťou lesných ekosystémov po celom svete. V endemických podmienkach pôsobí pri obnove lesa zabíjaním oslabených a chorých stromov, ktoré mu slúžia na reprodukciu. V ostatných desaťročiach sa rozsah kalamít podkôrneho hmyzu zväčšuje, rýchlosť nástupu sa skracuje a kalamity trvajú dlhšie oproti predošlému obdobiu (BENTZ 2007).

Niektoré druhy podkôrneho hmyzu vyúsťia do epidemickej erupcie, ktorá sa v krajine prejaví v procesoch kolobehu živín, ekologickej sukcesie, a taktiež má značný ekonomický a politický dopad. Kalamity podkôrneho hmyzu majú časový a priestorový rozmer. Priestorový aspekt poskytuje prehľad o distribúcii populácií hmyzu. Populácie sa môžu šíriť od jedného alebo z viacerých ohnísk. Znalosť časových a priestorových distribučných vzorov poskytuje obraz o priebehu kalamity a môže byť východiskom pre stanovenie priorít pri postupoch manažmentu, čo je obzvlášť významné v oblastiach, kde sa stretáva územná ochrana s hospodárskymi lesníckymi aktivitami (AUKEMA 2007, upravené).

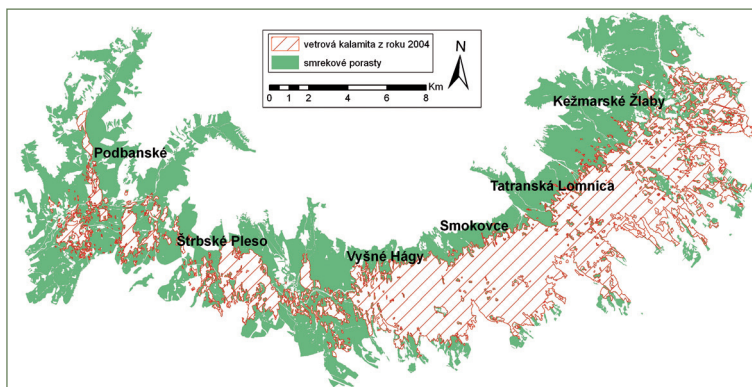
Podľa dostupných údajov o náhodných ťažbách (KUNCA *et al.* 2012) sa na Slovensku v ostatných rokoch stal najvýznamnejším škodlivým činiteľom podkôrny a drevokazný hmyz a z tejto skupiny je najvýznamnejším škodcom lykožrút smrekový s 89 %. V predošlom období spravidla dominoval ničivý vietor (KONÓPKA *et al.* 2008). Tieto dva škodlivé činitele sú často vzájomne podmienené. Významný vplyv na stav premnoženia podkôrneho hmyzu má vetrová kalamita z 19. 11. 2004, ktorá najviac zasiahla územie Vysokých Tatier. Stav lesov v Tatrách sa začal zhoršovať už po vetrovej kalamite z roku 2002 vo východnej časti, avšak najväčšie zmeny nastali po vetrovej kalamite z novembra 2004. Vo Vysokých Tatrách bolo ponechaných 165 tis. m³ nespracovanej ležiacej drevnej hmoty (VAKULA, ZÚBRIK *et al.* 2007). Táto slúžila ako vhodný substrát pre epidemické rozmnoženie sa podkôrneho hmyzu na ihličnanoch.

K najväčšiemu poškodeniu podkôrnym hmyzom dochádza dva až tri roky po vetrových kalamitách (WERMELINGER 2004). Autori FORSE a SOLBRECK (1985) vo svojej práci uvádzajú, že lykožrút je schopný kontinuálneho letu po dobu 6 hodín a 20 minút čo by znamenalo, že dokáže doletieť až do vzdialenosti 45,6 km pri rýchlosti 2 m/s (BYERS *et al.* 1989 in BYERS 1996). Pri epidemických podmienkach sú vzdialenosti šírenia oveľa menšie, 90 % nových napaďnutí sa nachádza do 100 m od ohnísk šírenia (WICHMAN, RAVN 2001).

Cieľom práce bola základná analýza vplyvu nespracovanej vetrovej kalamity na šírenie podkôrneho hmyzu, dokumentácia vývoja priestorovej distribúcie populácie tohto škodcu a kvantifikácia poškodenia lesných porastov v širšej oblasti primárneho kalamitiska vo Vysokých Tatrách v rokoch 2005 – 2009.

Údaje a metodika

Záujmové územie bolo vymedzené územím kompaktného lesa v okolí vývratov z roku 2004 (obr. 1). Leží v ochranných obvodoch Podbanské, Štrbské Pleso, Vyšné Hágy, Smokovce, Tatranská Lomnica a Kežmarské Žľaby. Územie obhospodarujú Štátne lesy (ŠL) TANAP-u a niekoľko neštátnych subjektov. Je tvorené predovšetkým porastmi so zastúpením smreka nad 25 %.



Obrázok 1. Zaujímavé územie najviac zasiahnuté vetrovou kalamitou

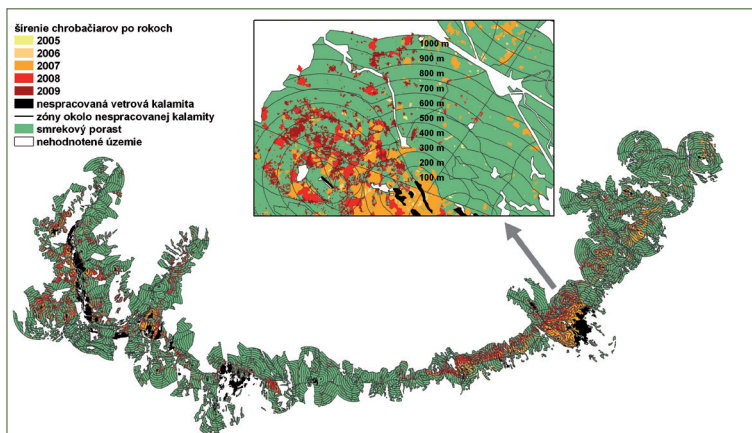
Od roku 2005 po rok 2009 sa na vetrovou kalamitou najviac postihnutej časti Vysokých Tatier v pravidelných ročných intervaloch vykonávalo letecké snímkovanie za účelom monitoringu vývoja lesa po kalamite z roku 2004. Na dokumentáciu vzniku a vývoja kalamity podkôrneho hmyzu boli použité digitálne vrstvy vytvorené metódou manuálnej interpretácie a porovnávania leteckých snímok s vysokým priestorovým rozlíšením v oblasti viditeľného a infračerveného spektra elektromagnetického žiarenia. Jednotlivé vrstvy vytvorili zamestnanci NLC a zamestnanci ŠL TANAP-u. Vrstvy dokumentujú šírenie podkôrneho hmyzu za obdobie rokov 2005 až 2009. Podrobnejší popis tvorby jednotlivých digitálnych vrstiev, ako aj parametre leteckých snímok, sú uvedené v prácach NIKOLOV, BARKA *et al.* (2010) a NIKOLOV, BOŠELA *et al.* (2011).

Jedná sa o nasledovné digitálne vrstvy:

- Vrstva nespracovanej vetrovej kalamity,
- Chrobačiare – ohniská podkôrneho hmyzu,
- Vyťažené chrobačiare z predošlých rokov – vrstva vznikla prekrytím plochy vyťažených porastov s plochou chrobačiarov,
- Vyťažené porasty – predpokladáme, že v dôsledku poškodenia podkôrny hmyzom (snímky ukazujú situáciu po jednotlivých rokoch vždy na konci vegetačného obdobia, kde nebolo možné rozlíšiť, či išlo o odumretý alebo napadnutý porast),
- Nepoškodené smrekové porasty – potenciál pre napadnutie podkôrny hmyzom.

Údaje boli vytvorené a analyzované v prostredí GIS ESRI© ArcGIS 10 a v programe Microsoft Office Excel 2007.

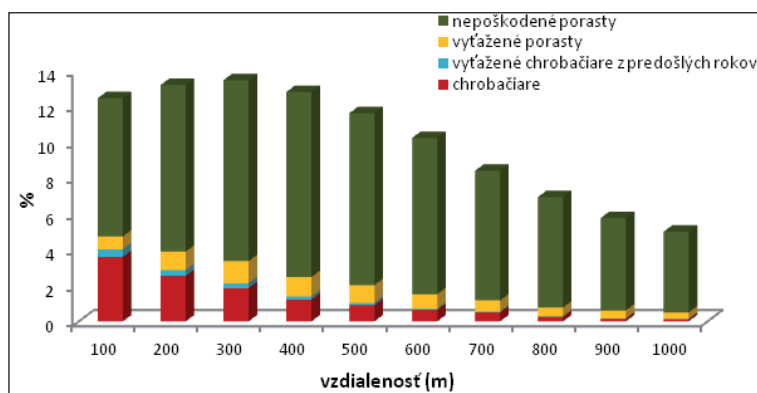
Ako podklad slúžila digitálna vrstva nespracovanej vetrovej kalamity, od ktorej boli vytvorené zóny po 100 metroch do vzdialenosti jedného kilometra. Táto vzdialenosť bola zvolená po analýze výskytu napadnutých porastov od nespracovanej vetrovej kalamity, kde 97 % všetkých poškodení spadalo práve do územia vo vzdialenosti jedného kilometra. Digitálne vrstvy chrobačiarov, vyťažených chrobačiarov z predošlých rokov, vyťažených porastov a porastov potenciálnych pre napadnutie podkôrny hmyzom boli prekryté vrstvou zón za účelom získania plochy (ha) poškodených a ostávajúcich porastov po 100 metrových vzdialenostiach od nespracovanej vetrovej kalamity (obr. 2). Následne bol vypočítaný podiel poškodených porastov (chrobačiare, vyťažené chrobačiare, vyťažené porasty) za jednotlivé roky k zónam vzdialenosti. Ďalej bol počítaný podiel poškodenia k zostávajúcemu porastu potenciálnemu pre napadnutie podkôrny hmyzom. Podiely poškodených a ostávajúcich porastov slúžili na analýzu medziročnej priestorovej dynamiky distribúcie populácie podkôrneho hmyzu.



Obrázok 2. Zóny vzdialenosti od plôch nespracovanej vetrovej kalamity

Výsledky a diskusia

Poškodené porasty do 1 000 metrov od nespracovanej kalamity za roky 2005 – 2009 predstavovali plochu 1 854,77 ha (tab. 1). Najviac poškodené porasty sa nachádzali do 100 metrov od nespracovanej kalamity, a to až 417,63 ha, čo predstavuje 22,52 % z plochy poškodených porastov a 4,75 % (obr. 3) z celkovej plochy porastov do 1 000 metrov od nespracovanej vetrovej kalamity na skúmanom území. Najvyšší podiel poškodených porastov do 100 metrov k ploche porastov v skúmanom období predstavovali chrobačiare (3,59 %) a vyťažené chrobačiare (0,42 %). Najvyšší podiel vyťažených porastov k ploche porastov bol v zóne 300 metrov od nespracovanej kalamity (1,24 %).



Obrázok 3. Podiel chrobačiarov, vyťažených chrobačiarov a porastov voči nepoškodeným porastom v jednotlivých zónach od nespracovanej kalamity

Štruktúra postupu napadnutia smrekových porastov v hektároch a v percentách okolo nespracovanej kalamity je uvedená v tabuľke 1.

Tabuľka 1. Rozloha poškodených porastov (ha, %) vo vzdialenostiach po 100 metrov (do 1 000 m od nespracovanej kalamity) za obdobie 2005 – 2009

Rok	Vzdialenosť (metre)											Spolu
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1 000		
2005	ha	1,35	0,46	2,20	1,80	3,18	2,83	0,45	0,29	0,05	0,08	12,69
	%	0,07	0,02	0,12	0,10	0,17	0,15	0,02	0,02	0,00	0,00	0,68
2006	ha	18,40	12,13	14,88	15,75	13,93	13,88	10,08	8,64	7,23	10,13	125,05
	%	0,99	0,65	0,80	0,85	0,75	0,75	0,54	0,47	0,39	0,55	6,74
2007	ha	216,13	126,01	97,84	62,26	49,28	40,66	34,39	23,87	17,55	10,73	678,72
	%	11,65	6,79	5,28	3,36	2,66	2,19	1,85	1,29	0,95	0,58	36,59
2008	ha	104,81	113,82	97,99	72,23	52,72	37,00	28,31	18,59	16,65	11,73	553,85
	%	5,65	6,14	5,28	3,89	2,84	1,99	1,53	1,00	0,90	0,63	29,86
2009	ha	76,96	90,43	83,60	66,03	59,01	39,14	29,92	16,45	11,95	11,17	484,66
	%	4,15	4,88	4,51	3,56	3,18	2,11	1,61	0,89	0,64	0,60	26,13
Spolu	ha	417,63	342,81	296,50	218,04	178,10	133,50	103,13	67,82	53,42	43,82	1 854,77
	%	22,52	18,48	15,99	11,76	9,60	7,20	5,56	3,66	2,88	2,36	100

Priebeh poškodenia porastov podkôrnym hmyzom mal rok po kalamite (**2005**) nezávislý vývoj na nespracovanej vetrovej kalamite. Ohniská podkôrneho hmyzu sa vyskytovali prevažne vo východnej časti skúmaného územia a ich rozloha predstavovala 12,69 ha čo je iba 0,68 % z celkovej poškodenej plochy v sledovanom období. Pôvod týchto ohnisk je pravdepodobne z vetrovej kalamity vo východnej časti Tatier v roku 2002. Najvyšší výskyt poškodenia (3,18 ha) bol zaznamenaný 500 metrov od nespracovanej kalamity. Ďalej viac ako 2 hektáre poškodenej plochy boli zaznamenané v 300 a 600 metrovej vzdialenosti od nespracovanej kalamity. V roku 2005 bolo lykožrútom napadnutých len 0,41 % a odstránených bolo 0,26 % z celkového množstva poškodených porastov za sledované obdobie (obr. 4).

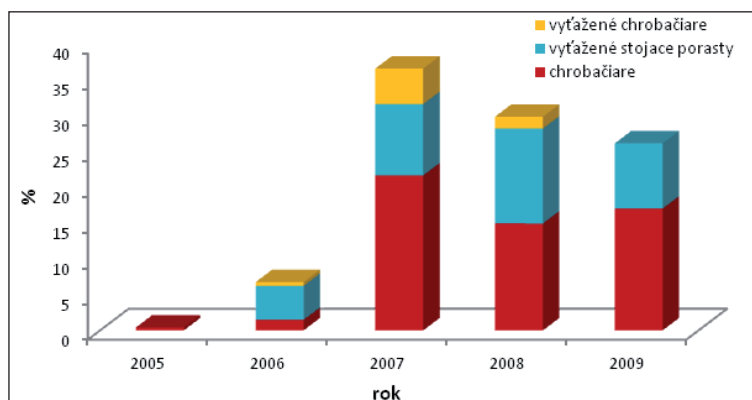
V roku **2006** sa lykožrút šírila smerom od nespracovanej kalamity, ktorá s okolitými porastmi slúžila ako materiál na reprodukciu. Podkôrný hmyz už obsadil prevažnú väčšinu ležiacej kalamitnej hmoty. Táto bola vhodnejšia pre osídlenie ako v predošlom roku nakoľko obranyschopnosť vývrátov bola takmer vyčerpaná.

Počas rojenia v roku 2006 časť populácie kmene opustila a časť (odhadom 30 – 50 %) v kmeňoch prezimovala do roku 2007 (VAKULA, ZÚBRÍK *et al.* 2007). Celkovo bolo poškodených 125,05 ha čo predstavuje iba 6,74 % z celkovej napadnutej plochy za roky 2005 – 2009 na skúmanom území. Najvyšší výskyt plošného napadnutia (18,84 ha) bol do vzdialenosti 100 metrov od nespracovanej kalamity.

V roku 2007 bola väčšina vyvrátenej hmoty nevhodná pre ďalší vývoj hmyzu, nakoľko už bola obsadená prípadne suchá, alebo zhnitá (VAKULA, ZÚBRÍK *et al.* 2007). Hmyz sa v nespracovanej kalamite množil len do roku 2007, kedy už nespracovaná drewná hmota prestala byť pre neho atraktívna, veľké množstvá podkórneho hmyzu vyleteli na stojace porasty, čím stav populácie prerástol z latentného štádia do epidemického. V tomto roku dosiahol vývoj populácie rekordnú hodnotu. Poškodených bolo 678,72 ha čo predstavuje až 36,59 % z celkovej napadnutej plochy za roky 2005 – 2009 do 1 000 metrov od nespracovanej kalamity. Z toho 216,13 ha do vzdialenosti 100 metrov od nespracovanej kalamity, čo je viac ako 11-násobok poškodenej plochy do 100 metrov z predošlého roku a až 11,65 % z celkovej kalamity podkórneho hmyzu za roky 2005 – 2009 do 1 000 metrov od nespracovanej kalamity na skúmanom území. Najvyšší podiel z poškodenej plochy (obr. 4) tvorili chrobačiare (21,65 %) potom vyťažené stojace porasty (9,98 %). Z chrobačiarov, ktoré vznikli v roku 2007 bolo vyťažených 4,95 %.

V roku 2008 bol zaznamenaný pokles napadnutej hmoty, nakoľko ľahko dostupný substrát pre množenie v podobe vyvrátenej drewnej hmoty už nebol vhodný a hmyz pravdepodobne musel prekonávať obranné mechanizmy stromov. Aj napriek tomu celkové poškodenie bolo 553,85 ha čo predstavuje 29,86 % z celkovej napadnutej plochy za roky 2005 – 2009, ktorá sa nachádza do 1 000 metrov od nespracovanej kalamity. Najviac poškodenej plochy bolo zaznamenané do 200 m (113,82 ha) od nespracovanej kalamity.

Situácia v roku 2009 sa podobala na tú z predošlého roku. Bolo zaznamenané poškodenie 484,66 ha čo predstavuje 26,13 % z poškodenej plochy za roky 2005 – 2009, ktorá sa nachádza do 1 000 metrov od nespracovanej kalamity. Najviac boli poškodené porasty od 100 do 300 metrov, z toho najväčšia poškodená plocha bola zaznamenaná do 200 metrov (90,43 ha) od nespracovanej kalamity.



Obrázok 4. Podiel chrobačiarov, vyťažených chrobačiarov a vyťažených porastov voči celkovému poškodeniu za roky 2005 – 2009

Postupne so vzdialenosťou od nespracovanej vetrovej kalamity klesala poškodená plocha. Avšak v roku 2008 a 2009 bola najviac poškodená časť do 200 metrov od nespracovanej kalamity, čo indikuje, že zásoby potravy v blízkosti nespracovanej vetrovej kalamity boli pomerne vyčerpané a populácia podkórneho hmyzu migrovala za novým zdrojom. Táto prekonaná vzdialenosť však predstavovala iba niekoľko desiatok až sto metrov k najbližším potenciálne vhodným porastom (NIKOLOV 2012) Správanie populácie naznačuje, že kalamita podkórneho hmyzu vo Vysokých Tatrách ešte nie je na ústupe. Dokazuje to aj rozloha chrobačiarov z celkovej poškodenej plochy porastov (obr. 4), ktorá sa oproti roku 2008 (14,93 %) v roku 2009 (17 %) mierne zväčšila. Tieto výsledky korešpondujú s prácou NIKOLOV (2012) kde bola meraná priemerná veľkosť chrobačiarov v jednotlivých rokoch, a ktorá v roku 2009 oproti ostatným rokom rapidne klesla, čo indikuje, že hmyz si vyberá zostávajúce, najbližšie a ľahko dostupné porasty. Ich odolnosťný potenciál sa v dôsledku odumretia susediacich porastov a tým čiastočnou zmenou biotopu a neustálím atakovaním v predošlých rokoch zhoršil a bol prekonaný.

Záver

Príspevok prezentuje výsledky analýzy vplyvu nespracovanej vetrovej kalamity na šírenie podkórneho hmyzu, poskytuje prehľad o priestorovej distribúcii populácie tohto škodcu a kvantifikuje poškodenie smrekových porastov v najviac poškodenej časti Vysokých Tatier po vetrovej kalamite z roku 2004. Pri analýze šírenia podkórnikovej

kalamity bol uplatnený časový a priestorový aspekt. Fenomén šírenia bol sledovaný po jednotlivých rokoch obdobia 2005 – 2009, pričom záujmové územie bolo rozčlenené na vzdialenostné zóny po 100 metroch od nespracovanej vetrovej kalamity – zdroja šírenia lykožrúta. Intervalové rozčlenenie územia po 100 metroch bolo účelové pre získanie lepšej predstavy, ako aj pre prehľadnejšiu kvantifikáciu inak kontinuálneho javu.

Na základe výsledkov je možné konštatovať, že nespracované plochy vetrovej kalamity mali najväčší vplyv na masívne premnoženie podkôrneho hmyzu vo Vysokých Tatrách. Najviac poškodená časť bola v zóne do 100 metrov od ležiacej vetrovej kalamity, pričom takmer 80 % celkového poškodenia bolo kvantifikované do 500 metrov. Za poškodené boli považované chrobačiare, vyťažené chrobačiare z predošlých rokov analyzovaného obdobia a vyťažené porasty. Nepoškodené porasty predstavujú potenciál pre ďalšie napadnutie podkôrnym hmyzom.

Jednotlivé časti záujmového územia sa navzájom odlišujú z hľadiska geografického charakteru, rozdelením počiatkovej populácie hmyzu, náchylnosťou a dostupnosťou porastov na napadnutie, poškodením porastov v minulosti i uplatňovaním manažmentu a pod. Východná časť skúmaného územia Vysokých Tatier bola najviac ovplyvnená vetrou a následne lykožrúťovou kalamitou ešte z rokov 2000 a 2002. Niektoré doliny (Tichá, Kôprová) boli územiami s veľmi nízkou počiatkovou populáciou lykožrúta. Predkladaná práca nečlení záujmové územie v zmysle uvedených skutočností, ale kvantifikuje celé záujmové územie. Výsledky zachytávajú priestorovú distribúciu populácie hmyzu na základe analýzy poškodenia porastov s prevažným zastúpením smreka od roku 2005 po rok 2009. Letecké snímky novšieho dátumu neboli k dispozícii, preto práca neprináša informáciu o aktuálnom stave poškodenia porastov v záujmovom území. Napriek tomu práca môže slúžiť ako podklad pre následné uplatnenie v lesnom manažmente s cieľom minimalizovania negatívneho dopadu podkôrneho hmyzu.

Podakovanie

Táto práca vznikla vďaka podpore projektu „Prognosticko-informačné systémy pre zvýšenie efektívnosti manažmentu lesa“ (ITMS: 26220220109) – 50 % a „Centrum excelentnosti: Progresívne technológie ochrany lesných drevín juvenilných rastových štádií“ (ITMS: 26220220120) – 50 % na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatúra

- BENTZ, BARBARA, J. *et al.*, 2010: Climate change and bark beetles of the western United States and Canada: Direct and indirect effects. *BioScience* 60: p. 602-613, electronic ISSN 1525-3244.
- BYERS, J.A., 1996: An encounter rate model of bark beetle populations searching at random for susceptible host trees. In: *Ecol. Model.*, vol. 91, p. 57-66.
- KONÓPKA, J., KONÓPKA, B., RAŠI, R., NIKOLOV, CH., 2008: Nebezpečné smery vetra na Slovensku. *Lesnícke štúdie*, č. 60, 81 s.
- KUNCA, A. *et al.*, 2012: Problémy ochrany lesa v roku 2011 a prognóza na rok 2012. In: KUNCA, A. (ed.): *Aktuálne problémy v ochrane lesa 2012*, Zborník referátov z medzinárodnej konferencie, v tlači.
- NIKOLOV, CH., 2010: Časopriestorová kvantifikácia šírenia lykožrúta smrekového po rozsiahlej vetrovej kalamite vo Vysokých Tatrách. (Projekt dizertačnej práce). Zvolen, Lesnícka fakulta TU Zvolen, 44 s. (nepubl.).
- NIKOLOV, CH., BARKA, I., FERENČÍK, J. *et al.*, 2010: Využitie geografických informačných systémov a diaľkového prieskumu Zeme pre hodnotenie zmien stavu lesa po roku 2004 vo Vysokých Tatrách. In: KONÓPKA, B. (ed.): *Výskum smrečín destabilizovaných škodlivými činiteľmi*, Zvolen : Národné lesnícke centrum, s. 96-106.
- NIKOLOV, CH., BOŠELA, M. *et al.*, 2011: Analýza kalamity lykožrúta smrekového vo Vysokých Tatrách za roky 2005 – 2009 vo vzťahu k porastovým charakteristikám. In: KUNCA, A. (ed.): *Aktuálne problémy v ochrane lesa 2011*, Zborník referátov z medzinárodnej konferencie, s. 65-70.
- VAKULA, J., ZÚBRIK, M. *et al.*, 2007: Projekt ochrany lesa na území TANAP-u po vetrovej kalamite zo dňa 19. 11. 2004 pre štátne a neštátne subjekty. Realizačný projekt pre rok 2007. 80 s.
- WERMEILINGER, B., 2004: Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research, *Forest Ecology and Management* – 202, p. 67-82.
- WICHMANN, L., RAVN, H.P., 2001: The spread of *Ips typographus* [L.] (Coleoptera, Scolytidae) attacks following heavy windthrow in Denmark, analysed using GIS. *For. Ecol. Manag.*, 148, p. 31-39.