

MODEL POTENCIÁLNÍHO OHROŽENÍ LESNÍCH POROSTŮ SNĚHEM

Štěpán KRÍSTEK¹, Naděžda URBAŇCOVÁ¹, Jaroslav HOLUŠA^{2,3}, Tomáš HLÁSNÝ^{3,4}

¹ Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, pobočka Frýdek-Místek, Nádražní 2811, 738 01, Frýdek-Místek, Česká republika
kristek.stepan@uhul.cz

² Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., pracoviště Frýdek-Místek, Na Půstkách 39, 738 01, Frýdek-Místek, Česká republika
holusaj@seznam.cz

³ Katedra ochrany lesa a myslivosti, Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 1176, 165 21, Praha 6 – Suchbátka, Česká republika

⁴ Národné Lesnícke Centrum – Lesnícky Výskumný Ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22, 960 92, Zvolen, Slovenská republika
hlasny@nlcsk.org

Abstrakt

Bylo modelováno poškození sněhem pro dvě situace, kdy došlo k výraznému poškození porostů: zima 2005/2006 a říjen 2009. Pro statistické vyhodnocení byla na straně vysvětlované proměnné shromážděna data o poškození smrkových porostů sněhem, na straně vysvětlující proměnné pak data o kvantitativních parametrech sněhové pokrývky jako bezprostřední příčině poškození a vlastnostech počasí, stanoviště a porostů jako podmínek, za kterých ke škodlivému působení sněhu dochází. Pomocí umělých neuronových sítí byly vytvořeny modely pro naměřená data podle jednotlivých typů poškození a let. Analýza citlivosti umožnila identifikovat rozhodující proměnné. Na základě výsledků těchto analýz byly vybrány vlivné faktory pro jednotlivé roky a typy poškození. Jednoduchou regresní analýzou byl hledán vztah mezi příslušným faktorem a poškozením, vyjádřený polynomem n -tého stupně, $n \in \langle 1, 16 \rangle$: Pro stupeň polynomu 1 až 16 byl vždy vypočten koeficient determinace. Pro výsledný model byl stupeň polynomu vybrán pomocí „optimálního“ koeficientu determinace, přičemž za „optimální“ byl vybírán takový nejmenší stupeň polynomu, jehož dalším zvyšováním již nedochází k významnému zvyšování hodnoty koeficientu determinace, pomocí vyhodnocení grafu závislosti koeficientu determinace na stupni polynomu. Výsledný GIS zobrazuje jednotlivé faktory, jejich vliv na poškození sněhem a výsledné modelové poškození porostů. Základní územní jednotkou je lesnický detail – polygony porostních skupin.

Abstract

Snow damage was modeled for two situations, when there was significant damage to forest stands: winter 2005/2006 and October 2009. For the statistical analysis was the dependent variable data collected on snow damage to spruce stands on the side explanatory variables, the data on quantitative parameters of snow as a direct cause of the damage and weather characteristics, habitats and stands as the conditions under which a harmful effect snow occurs. Using artificial neural network models have been developed for the measured data according to the types of damage and years. The sensitivity analysis allowed to identify critical variables. Based on the results of these analyzes were selected influential factors for each year and type of damage. Simple regression analysis was sought relationship between that factor and damage, expressed a polynomial of n -th degree, $n \in \langle 1, 16 \rangle$: For the polynomial degree 1-16 was always calculated the coefficient of determination. The resulting polynomial model was chosen using the "optimal" coefficient of determination, and the "optimal" was chosen such a minimal degree polynomial, which further increase has no significant increase in the value of the coefficient of determination, by evaluating the dependency graph coefficient of determination of the degree of the polynomial. The resulting GIS shows the individual factors and their influence on the resulting damage to the snow and vegetation damage model. The basic territorial unit of the Forestry detail - stand polygons groups.

Klíčová slova: les; škody sněhem; smrk ztepilý; kauzální diagram; regresní modelování

Keywords: forest; snow damage; Norway spruce; causal diagram; regression modelling

1 ÚVOD

Pro modelování pravděpodobnosti a intenzity abiotických živelních (větrných, sněhových nebo námrazových) poškození lesních porostů jsou užívány různé metody, které lze podle použitých postupů rozdělit do tří skupin: empirické, statistické a mechanické (Kamimura & Shirashi 2007). Empirické metody vycházejí především ze sledování míst a oblastí s výskytem škod studiím historických záznamů nebo přímým sledováním v terénu. Empirický přístup se uplatnil v oblastních plánech rozvoje lesů (OPRL) pro přírodní lesní oblast Moravskoslezské Beskydy (Holuša et al. 2000). Takový postup dává srozumitelné výsledky, ale zpravidla nemůže detailně zachytit způsobené škody (Gardiner & Quine 2000) – historické záznamy nejsou dostatečně podrobné a úplné (Holuša et al. 2010), terénní šetření má zase omezený prostorový a hlavně časový rozsah a naráží na velkou časovou proměnlivost obrazu poškození.

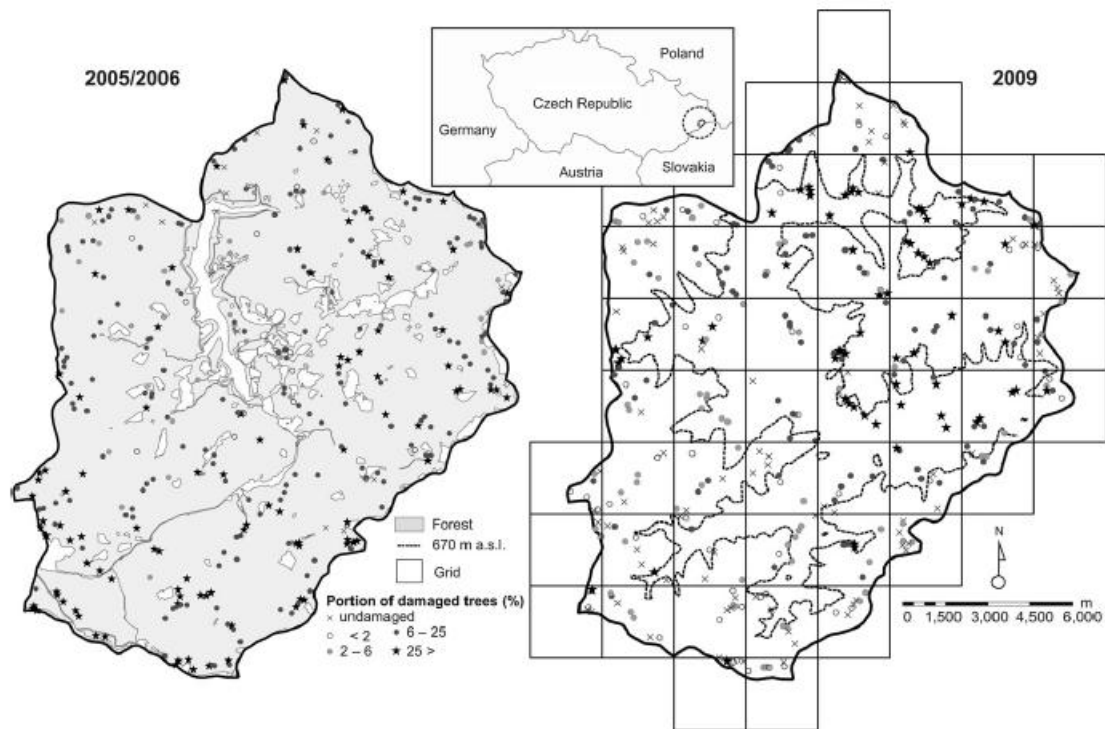
Statistické metody hodnotí a předpovídají škody za dlouhé časové období pomocí regresních analýz a modelů, které umožňují snadno hodnotit jednotlivé porosty (Jalkanen & Mattila 2000, Kamimura & Shirashi 2007). Využitelnost statistických modelů je však omezena dostupností a věrohodností použitých dat (Kamimura & Shirashi 2007). Pro námrazové polomy navrhl Vicena (2003) postup empirického zjišťování, který lze s úspěchem použít i pro sběr dat o poškození sněhem a takto zjištěná podrobná data se mohou stát vstupem do statistického modelu.

Mechanické modely pohlíží na lesní porost jako soustavu jednostranně vetknutých nosníků a hodnotí odolnost této soustavy vůči namáhání větrem a sněhovou zátěží fyzikálními metodami technické mechaniky. Výhodou těchto modelů je možnost nastavení parametrů pro různé klimatické podmínky a charakteristiky porostů, včetně zhodnocení vlivu pěstebních zásahů a lesnického managementu (Gardiner et al. 2000). V současnosti se používají především dva mechanické modely: HWind vytvořený pro hodnocení rizika škod větrem a sněhem jehličnatých porostů (Peltola et al. 1999) a ForestGALES vyvinutý ve Velké Británii (Gardiner & Quine 2000). Byly vyvinuty i další modely pro působení větru: WindArc, STORM, které ale nezohledňují sněhovou zátěž. Pääta et al. (1999) kombinoval pro krátkodobou zátěž sněhem regresní statistický model se simulací mechanickým modelem HWind.

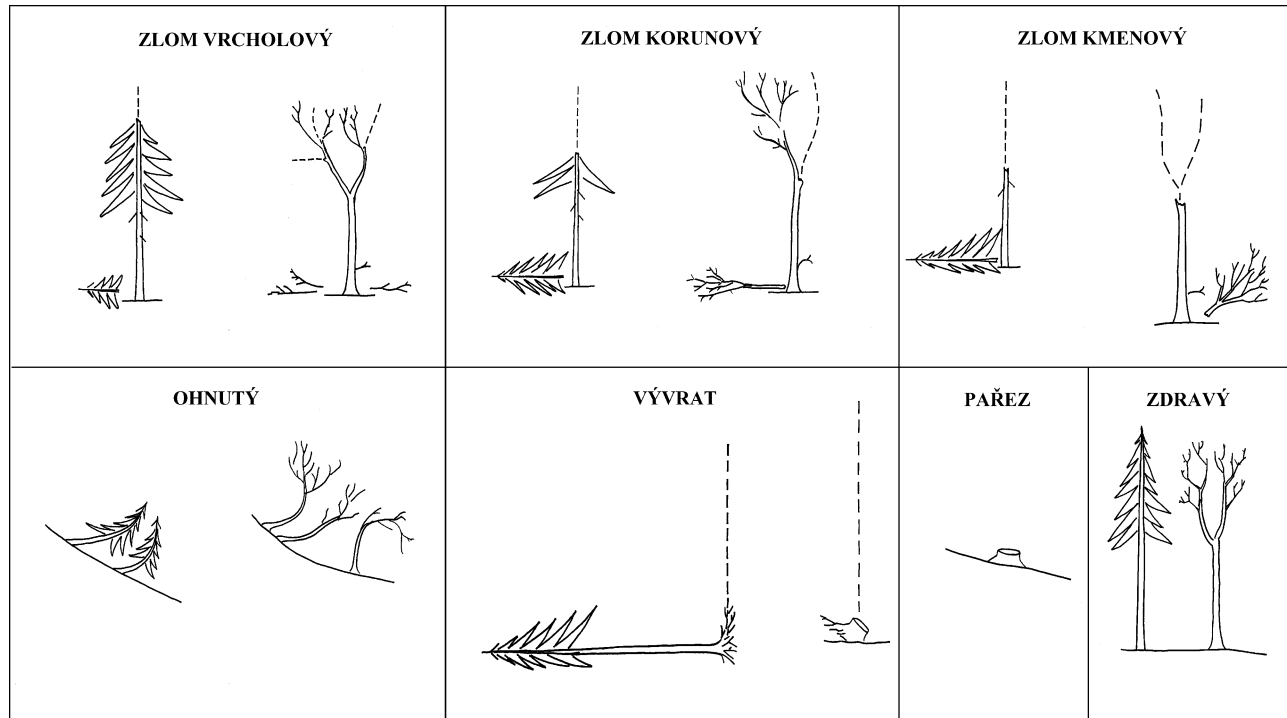
2 MATERIÁL A METODY

Byly studovány lesy v povodí vodní nádrže Šance v Moravskoslezských Beskydách (Vnější Západní Karpaty; 49°23'19" – 49°33'03" N; 18°21'50" – 18°32'24" E). Celková plocha povodí je 14,5 tis. ha, lesnatost 86 %, nadmořská výška území je od 508 m n.m. (střední hladina vodní nádrže) do 1323 m n.m. (vrchol Lysé hory). Převládají smrkové porosty (*Picea abies* (L.) Karst., cca 80 %) na nepůvodních stanovištích (Culek 1996). Jedná se polohy 5. až 7. lesního vegetačního stupně (LVS) podle lesnicko-typologické klasifikace (Plíva 1971), s převahou 5., tj. jedlobukového LVS – cca 80 % území (Holuša 2004).

Území bylo rozděleno pravidelnou čtvercovou sítí rovnoběžně s osami souřadnicového systému S-JTSK na 52 čtverců 2×2 km (viz obr. 1). Ve čtvercích byly měřeny vlastnosti sněhové pokrývky: výška sněhové pokrývky, hustota a vodní hodnota sněhu (Křístek et al. 2011) na volné ploše a v přilehlém zapojeném lesním porostu na zkusných plochách vybraných stratifikovaným náhodným výběrem a výběrem podle přístupnosti. Vliv lesního porostu na měřené parametry sněhové pokrývky je tím vyšší, čím vyšší je kruhová výčetní základna porostu (Křístek et al. 2008). Ve stejné čtvercové sítí bylo následně hodnoceno poškození porostů sněhem podle jednotlivých typů poškození: ohyb, vrcholový, korunový a kmenový zlom, vývrát (Vicena 2003), čerstvý pařez z asanační těžby, staré poškození, zdravý strom (viz obr. 2), na transektech porostními skupinami vybranými kombinací systematického výběru a stratifikovaného náhodného výběru podle věkových tříd (Křístek et al. 2012).



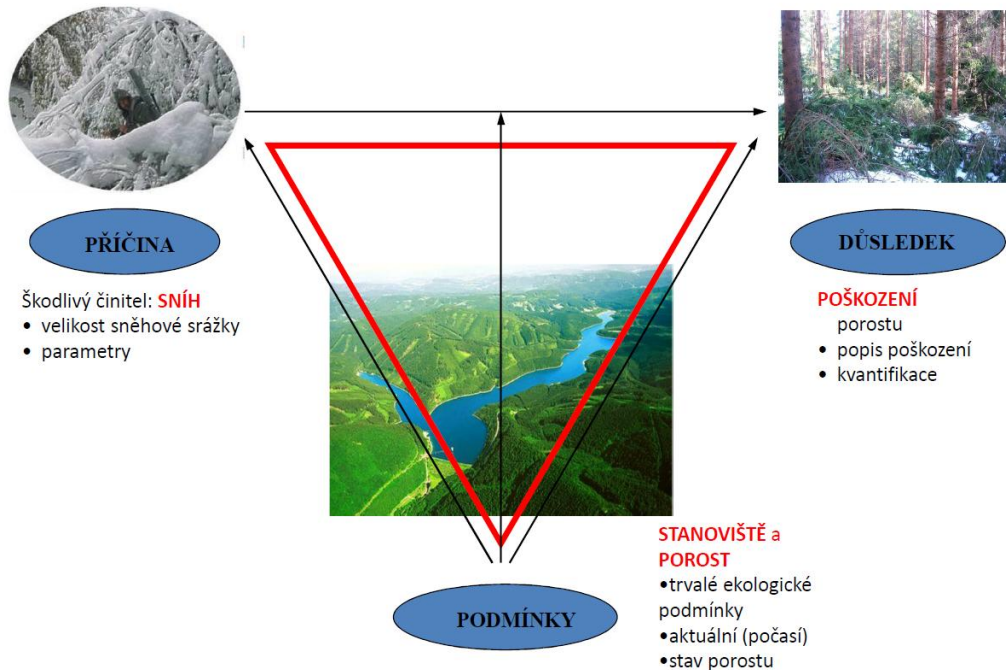
Obr. 1 Rozdělení povodí čtvercovou sítí a distribuce intenzity poškození na zkušných transektech v zimě 2005/2006 a v říjnu 2009. Oblast do nadmořské výšky 670 m (vyznačená vrstevnice) byla v říjnu 2009 nejintenzivněji poškozena přívalem časného sněhu.



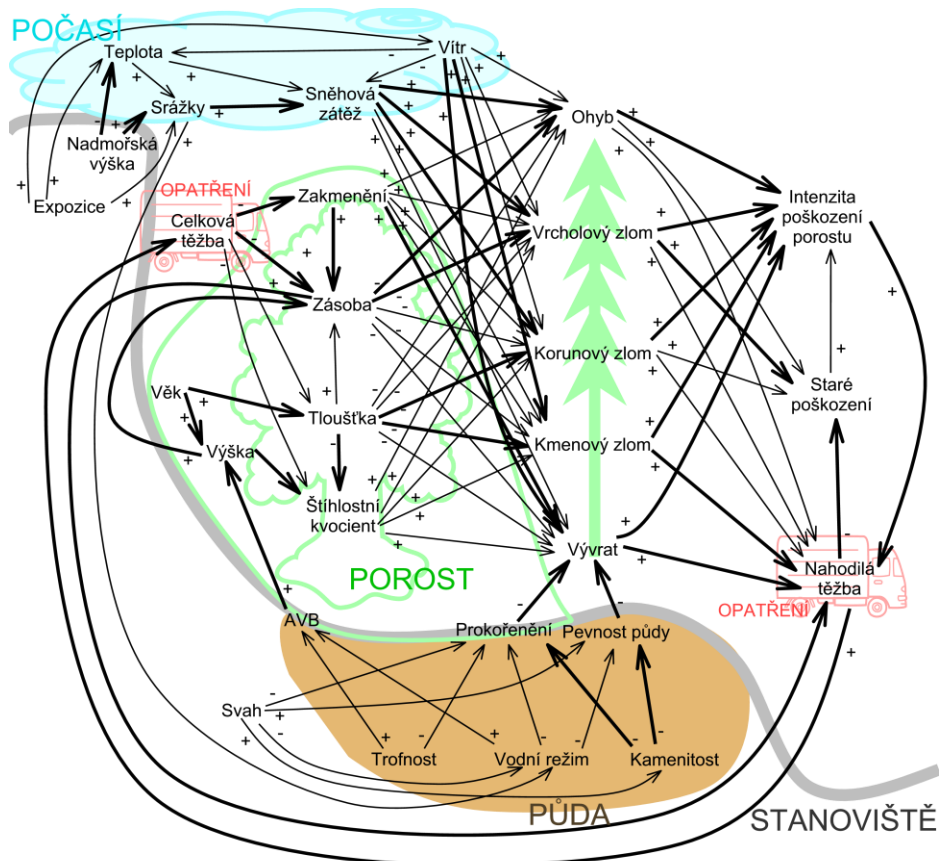
Obr. 2 Typy poškození stromů sněhem (podle Viceny 2003, kresba Vojtelová)

3 MODEL

Pro vytvoření modelu poškození (a ohrožení) porostů byl použit kauzální model, zjednodušeně představovaný kauzálním trojúhelníkem (obr. 3) a ve výsledku graficky znázorněný pomocí kauzálního diagramu (obr. 4).

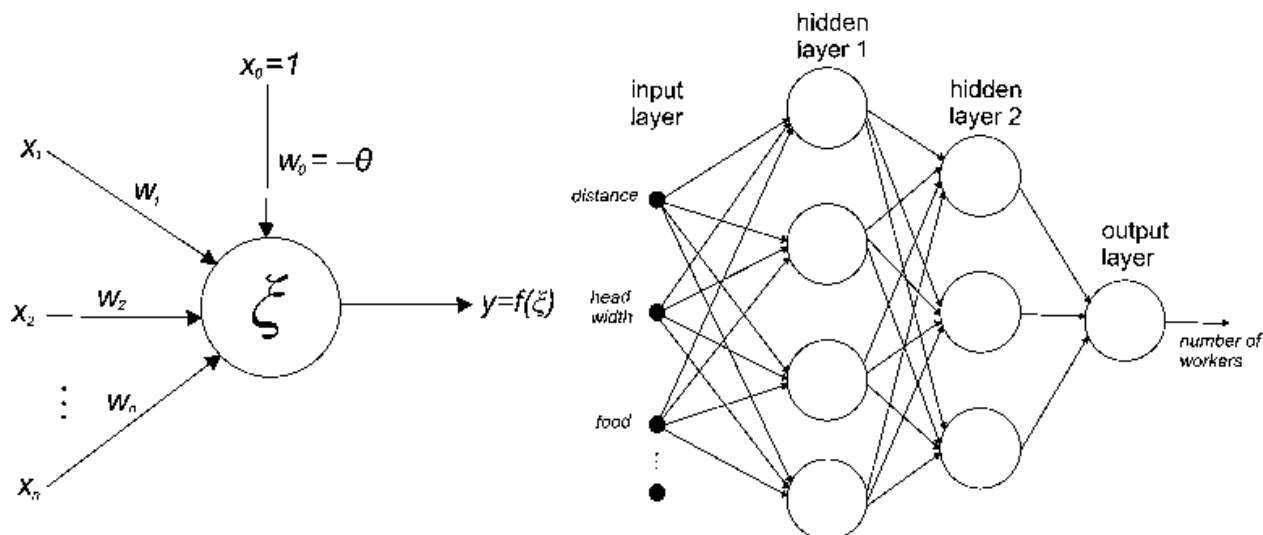


Obr. 3 Kauzální trojúhelník a jeho aplikace na poškození porostů sněhem v povodí nádrže Šance



Obr. 4 Kauzální diagram poškození lesních porostů sněhem

Vztah mezi příčinou, podmínkami a poškozením byl studován pomocí umělých neuronových sítí v programu Statistica 8 (StatSoft Inc. 2004). Použili jsme perceptronových neuronových sítí (Bishop 1995, Rumelhart & McClelland 1986) – viz obr. 5, které využívají perceptron jako typ neuronu (Rosenblatt 1958). Sítě byly vytvořeny pomocí back-propagation algoritmu (Patterson 1996). Celkem bylo trénováno 2000 neuronových sítí s různými architekturami pro každý typ poškození sněhem: zlom vrcholový, korunový, kmenový a vývrát (Hlásny et al. 2011). Následně byl vybrán soubor 15 nejvýkonnějších sítí pro identifikaci rozhodujících nezávislých proměnných.



Obr. 5 Schéma fungování umělé neuronové sítě

Pomocí analýzy citlivosti (Saltelli et al. 2000) jsme pro každou vysvětlovanou proměnnou (událost a typ poškození) vybrali čtyři nejvlivnější faktory (Hlásny et al. 2011), pro které jsme jednoduchou nelineární regresí hledali vztah mezi příslušným faktorem a poškozením vyjádřený polynomem n -tého stupně $n \in \langle 1, 16 \rangle$, který byl použit k výpočtu potenciálního vlivu daného faktoru na poškození. Výsledný model je váženým aritmetickým průměrem, kde váhou každého faktoru je průměrné skóre z analýzy citlivosti (Hunter et al. 2000).

4 VÝSLEDKY

Model byl použit pro výpočet pravděpodobného poškození porostů sněhem v zimě 2005/2006 a v říjnu 2009 (viz obr. 6) a po aktualizaci parametrů pomocí růstových tabulek a dle lesní hospodářské evidence rovněž pro výpočet potenciálního ohrožení porostů do roku 2015. Pro model potenciálního ohrožení byly vybrány 3 modelové situace (obr. 7):

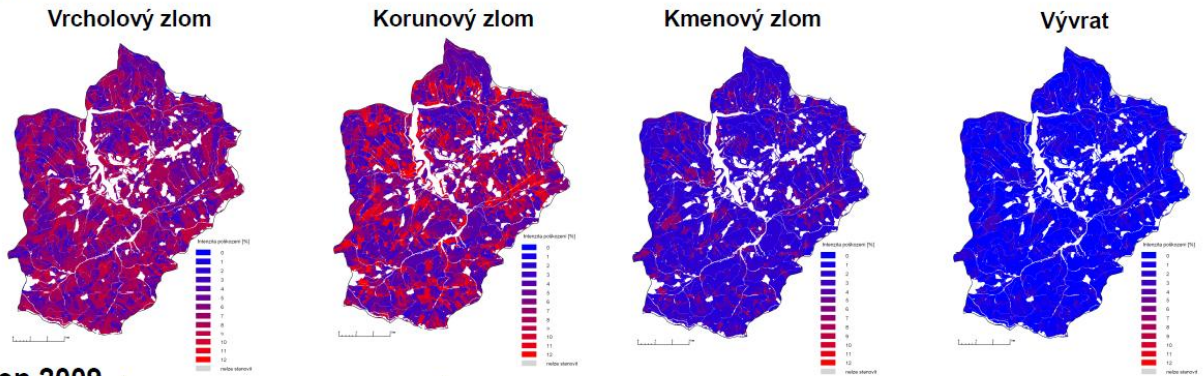
Modelová situace 1: Katastrofické poškození dlouhotrvající zátěží velkého množství sněhu – odpovídající situaci v zimě 2005/2006

Modelová situace 2: Střední poškození části porostů časnou přivalovou sněhovou srážkou – odpovídající situaci 13. – 16. října 2009

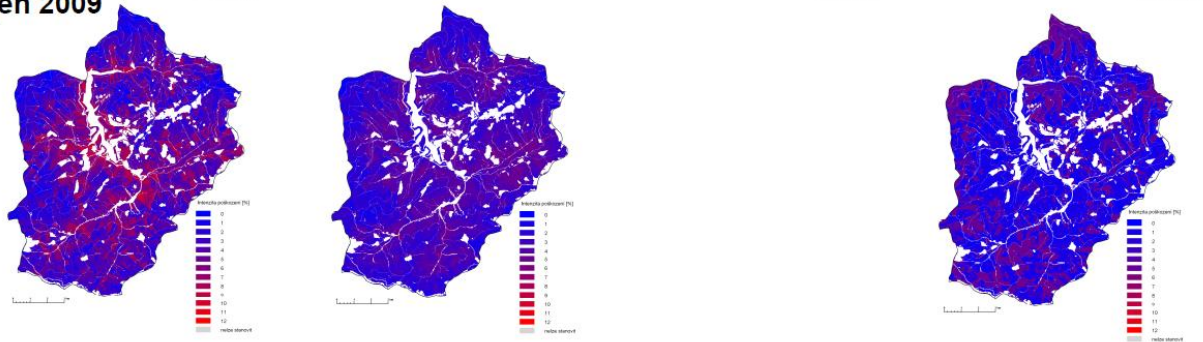
Modelová situace 3: Nulová varianta s poškozením nepřesahujícím 3 % – odpovídající „normálním“ průběhům zimy v letech 2006 – 2009.

Potenciální ohrožení porostů pro modelovou situaci 1 a 2 bylo hodnoceno jako součet jednotlivých typů poškození; pro modelovou situaci 3 bylo potenciální ohrožení vyhodnoceno jako zanedbatelné.

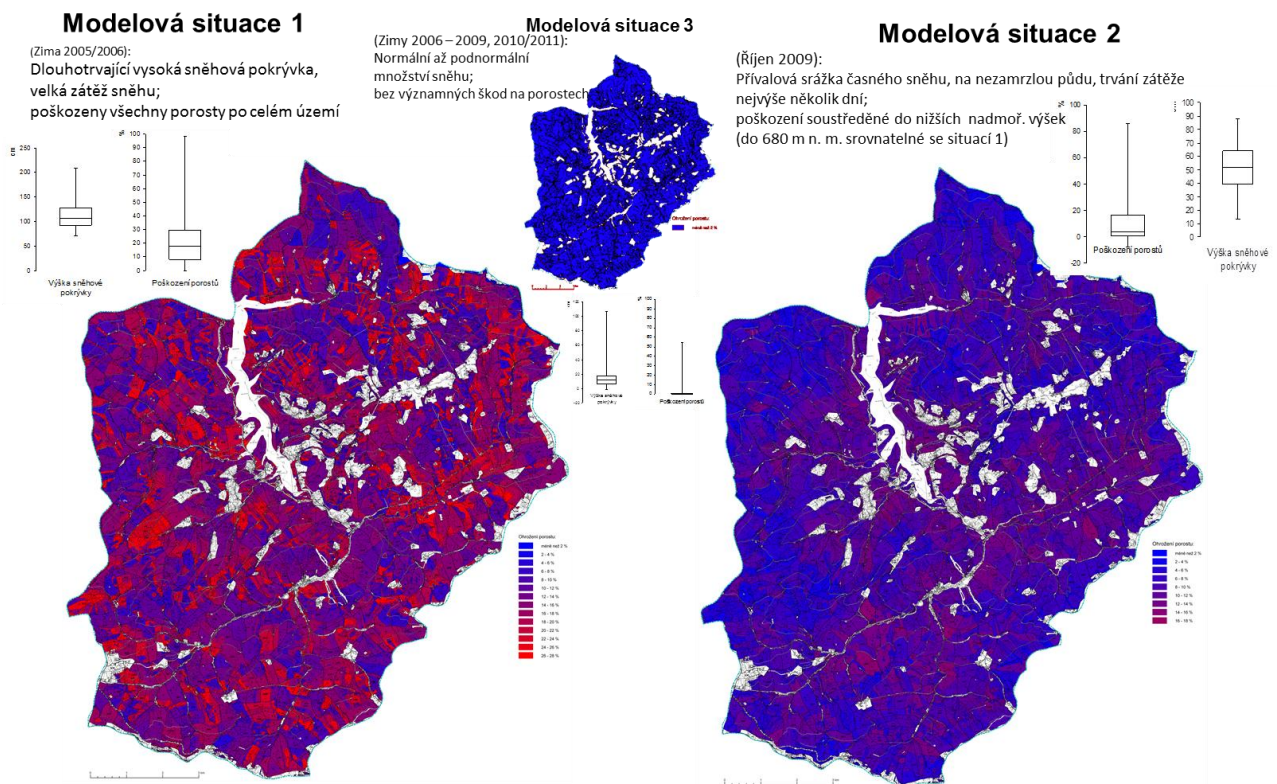
Zima 2005-2006



Říjen 2009



Obr. 6 Modelové poškození smrkových porostů sněhem podle typu poškození v zimě 2005/2006 a v říjnu 2009



Obr. 7 Potenciální ohrožení smrkových porostů sněhem pro tři modelové situace

5 ZÁVĚR

Popsaný model umožňuje: (i) vypočítat pravděpodobný rozsah poškození porostů pro každou jednotku prostorového rozdělení lesa ve studovaném území na základě malého vzorku v terénu získaných dat (hodnoceno cca 6 % porostních skupin), (ii) stanovit prognózu potenciálního ohrožení pro každou porostní skupinu. Pro 25 % (čtvrtý kvartil) nejvíce ohrožených porostních skupin byl zpracován návrh managementových opatření podle intenzity poškození, věku, zakmenění a modelu hospodaření (cílového hospodářského souboru). Nicméně prognóza je zatížená značnou mírou nejistoty a modelová opatření musí být vždy upřesněna lesním hospodářem na základě konkrétního stavu a vývoje porostu, jakož i dalších faktorů a potřeb.

Dedikace: Poster byl připraven na základě výsledků výzkumného projektu NAZV č. QH81334 „Geoprostorové modelování potenciálního ohrožení lesních porostů“ financovaného z prostředků Ministerstva zemědělství ČR.

6 LITERATURA

Bishop, C. M. (1995) *Neural Networks for Pattern Recognition*, chapter 7. Oxford University Press, Oxford.

Culek, M. (ed.) (1996) *Biogeografické členění České republiky*. Enigma, Praha.

Gardiner, BA., Peltola, H., Kellomäki, S. (2000) Comparison of two models for predicting the critical wind speeds required to damage coniferous trees. *Ecol. Model.* 129, pp 1–23.

Gardiner, BA., Quine, CP. (2000) Management of forests to reduce the risk of abiotic damage—a review with particular reference to the effects of strong winds. *For. Exil. Manage.* 135, pp 261–277.

Hlásny, T., Křístek, Š., Holuša, J., Trombik, J., Urbaňcová, N. (2011) Snow disturbances in allochthonous Norway spruce forests: an application of Neural Networks based regression modeling. *Forest ecology and Management* 262, pp 2151–2161.

Holuša, J. (2004) Health condition of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst stands in the Beskid Mts. *Dendrobiology* 51 (Suppl.), pp 11–17.

Holuša, J. (ed.) (2000) Oblastní plán rozvoje lesů. Přírodní lesní oblast 40. Moravskoslezské Beskydy. Textová část. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Frýdek-Místek.

Holuša, J., Křístek, Š., Trombik, J. (2010) Stability of spruce forests in the Beskids: an analysis of wind, snow and drought damages. *Beskydy* 2010/3 (1), pp 43–54.

Hunter, A., Kennedy, L., Henry, J., Ferguson, I. (2000) Application of neural networks and sensitivity analysis to improved prediction of trauma survival. *Comput. Meth. Prog. Bio.* 62, pp 11–19.

Jalkanen, A., Mattila, U. (2000) Logistic regression models for wind and snow damage in northern Finland based on the National Forest Inventory data. *Forest Ecology and Management* 135, pp 315–330.

Kamimura, K., Shirashi, N. (2007) A review of strategies for wind damage assessment in Japanese forests. *J. For. Res.* 12, pp 162–176.

Křístek, Š., Samec, P., Rychtecká, P., Holuša, J. (2008) Numerická analýza časové a prostorové distribuce sněhové pokrývky v povodí Ostravice (Moravskoslezské Beskydy) v zimách 2005/2006 a 2006/2007. Numerical analysis of temporal and spatial snow cover distribution in the Ostravice catchment (Moravian-Silesian Beskids, Czech Republic) during the winters 2005/2006 and 2006/2007. *Meteorologický časopis (Meteorological Journal)*, 2008/11, 3. Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, pp 107–117.

Křístek, Š., Urbaňcová, N., Holuša, J., Tomeček, P. (2011) Měření vlastností sněhové pokrývky v lese a mimo les. Certifikovaná metodika. *Lesnický průvodce* 2/2011. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady.

Křístek, Š., Urbaňcová, N., Holuša, J. (2012) Hodnocení škod způsobených sněhem na lesních porostech. Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce 7/2012. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady. *In press*.

Päätaalo M.J., Peltola, H., Kellomäki, S. (1999) Modelling the risk of snow damage to forests under short-term snow loading. *Forest Ecology and Management* 116, pp 51-70.

Patterson, D. (1996) *Artificial Neural Networks*. Prentice Hall, Singapore.

Peltola, H., Kellomäki, S., Vaisanen, H., Ikonen, V-P. (1999) A mechanistic model for assessing the risk of wind and snow damage to single trees and stands of Scots pine, Norway spruce, and birch. *Canadian Journal of Forest Research* 29, pp 647–661.

Plíva, K. (1971) Typologický systém ÚHÚL. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem.

Rosenblatt, F. (1958) The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain, Cornell Aeronautical Laboratory, *Psychological Review* 65, pp 386–408.

Rumelhart, D.E., McClelland, J.L. (1986). *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition*. Vols I and II. MIT Press, Cambridge.

Saltelli, A., Chan, K., Scott M. (2000) *Sensitivity Analysis*. John Wiley & Sons publishers, New York.

Vicena, I. (2003) *Námraza v našich lesích*. Matice lesnická, Písek.