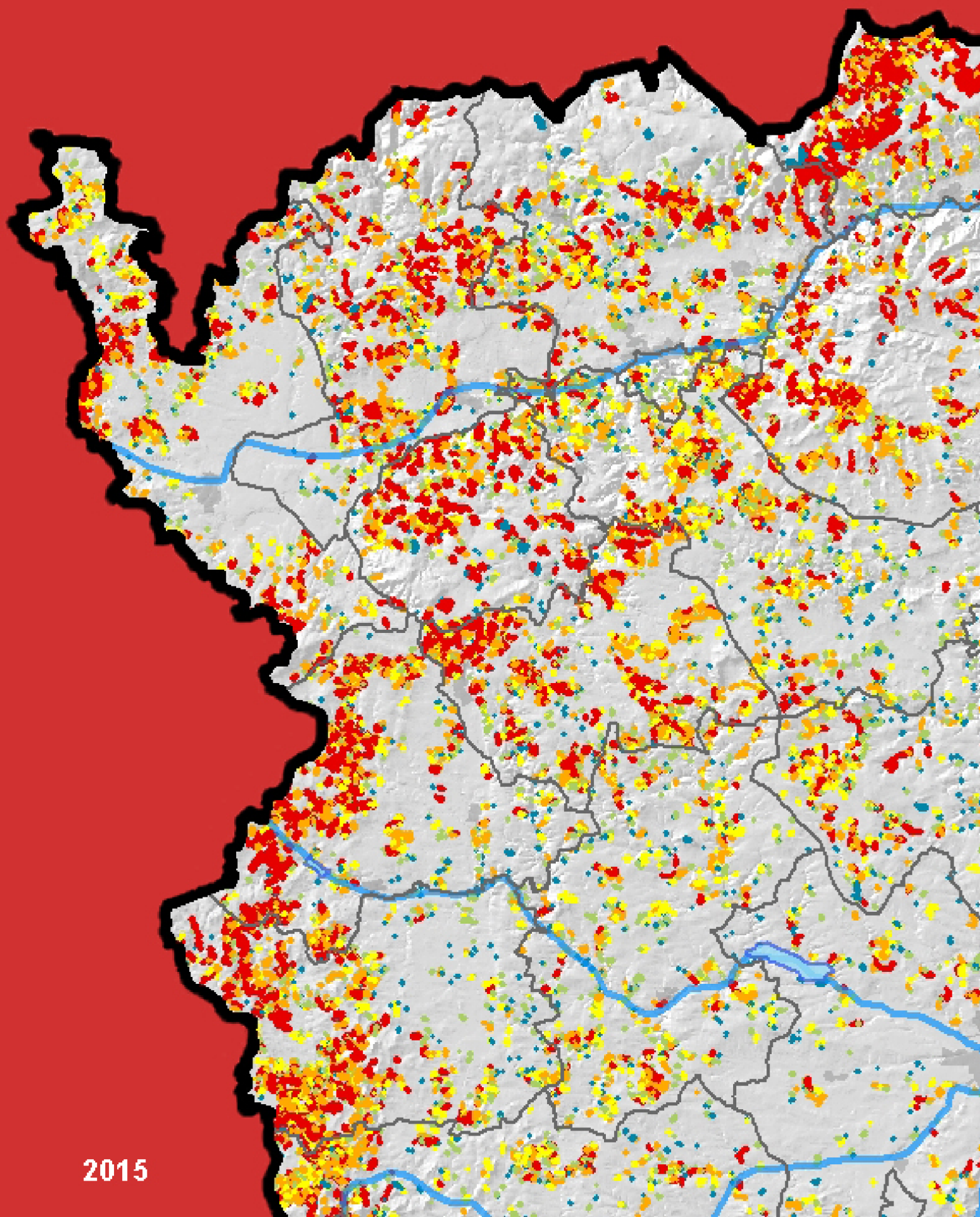


Dušan Romportl a kol.

MAPA POTENCIÁLNÍHO RIZIKA VÝSKYTU A ŠKOD
ZPŮSOBENÝCH *Phytophthora ×alni* V LESNÍCH POROSTECH ČR



2015

Mapa potenciálního rizika výskytu a škod způsobených *Phytophthora ×alni* v lesních porostech ČR

Specializovaná mapa s odborným obsahem

Autoři:

RNDr. Dušan Romportl, Ph.D.^{1*}, RNDr. Eva Chumanová, Ph.D.¹, Mgr. Karel Černý, Ph.D.¹, Ing. Ludmila Havrdová, Ph.D.¹, Ing. Vítězslava Pešková, Ph.D.², Ing. Veronika Strnadová¹

¹Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i.

Květnové nám., 391

Průhonice, 252 43

²Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i.

Strnady, 136

Jíloviště, 252 02

*Dusan.Romportl@vukoz.cz, +420 296 528 242

© Dušan Romportl a kol., 2015

ISBN: 978-80-87674-09-3

Schváleno k použití Ministerstvem zemědělství ČR. Osvědčení č. 66448/2015-MZE-16222/MAPA627.

Vypracováno s podporou projektu NAZV QJ1220219 Ministerstva zemědělství ČR.

Recenzenti:

RNDr. Jiří Stonawski (Lesy České republiky, státní podnik)

Ing. Jiří Bílý, Ph.D. (Ministerstvo zemědělství)

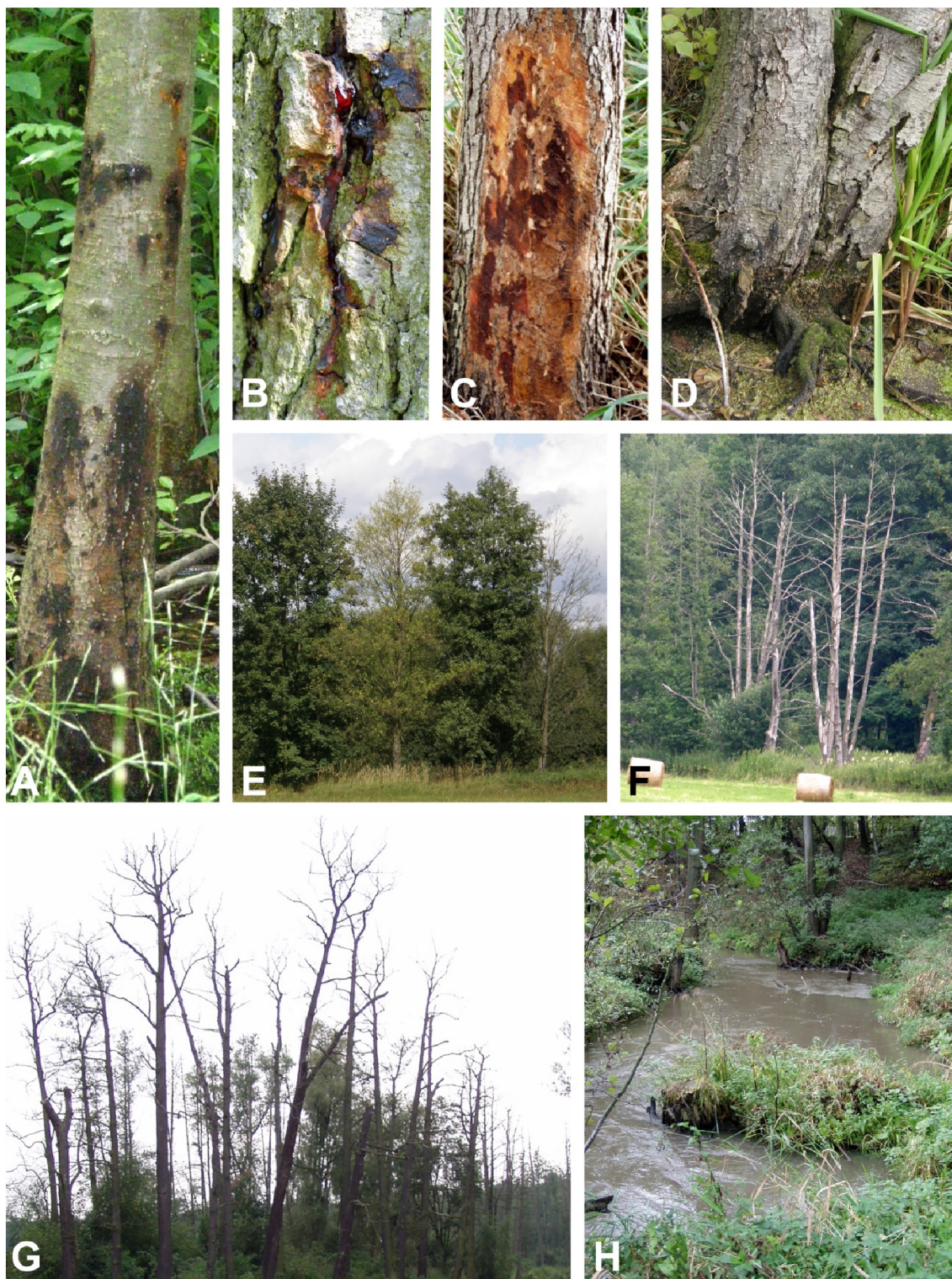
Obsah

1. Úvod	2
2. Cíl předložené mapy	4
3. Rozsah využití mapy	4
4. Přínosy mapy pro uživatele	4
5. Metodika	5
6. Výsledky	7
7. Závěr	11
8. Literatura	12
9. Seznam odborných podkladů, které předcházely vypracování mapy	13
Příloha: Výsledky statistické analýzy závislosti výskytu <i>Phytophthora ×alni</i> na charakteristikách porostů a proměnných prostředí	16

1. Úvod

Introdukce a následné invaze nepůvodních patogenů dřevin představují celosvětovou výzvu pro ochranu přírody a krajiny, udržitelné lesnictví, rurální ekonomiku a hospodaření v krajině vůbec. Problém invazí navíc vzhledem k důrazu na hospodářský růst, intenzifikaci využívání krajiny a urbanizaci, probíhající klimatické změně a dalším jevům, nabývá na významu. Invazní patogeny se rovněž stále častěji stávají běžnou součástí lesních a dalších ekosystémů v ČR – z nejvýznamnějších, které lze pokládat za tzv. transformery (Richardson et al., 2000), lze jmenovat *Ophiostoma novo-ulmi*, *Hymenoscyphus fraxineus* či *Phytophthora ×alni*. Posledně jmenovaný patogen je hybridogenní organismus, způsobující hnilobu kořenů a krčku olší (obr. 1), který významně poškozuje lesní a břehové porosty olší ve střední a západní Evropě. V ČR byl patogen poprvé potvrzen v r. 2001, hojně se vyskytuje zejména v západní části ČR a postupně se šíří na východ. Patogen se postupně stává trvalou složkou ekosystémů s přítomností olše (zejména mokřadních a jasanových olšin a břehových porostů) a způsobuje mj. významné ekonomické škody (Černý et al. 2008, 2015a).

Vzhledem k zásadnímu významu *P. ×alni* a dalších invazních patogenů dřevin, je třeba věnovat jejich šíření v prostředí a vztahu k jeho podmínkám patřičnou pozornost. Modelování potenciálního výskytu patogenů patří mezi důležité nástroje jejich managementu a prevence škod, které může výskyt invazních druhů přinášet (Václavík & Meentemeyer, 2009). Prostorová predikce je založena na komplexním zhodnocení vztahu výskytu zájmového druhu a charakteristik prostředí vztahujících se ke studovaným lokalitám. Na základě zjištěného vztahu je pak odvozena pravděpodobnost výskytu daného druhu v dalších lokalitách, popsanych pomocí stejných proměnných prostředí (Guisan & Zimmermann, 2000; Elith & Leathwick, 2009). Předložený výsledek – specializovaná mapa s odborným obsahem – popisuje potenciální distribuci a význam *P. ×alni* v lesních porostech ČR stanovenou na základě důkladné statistické a geostatistické analýzy dat získaných terénním šetřením i z dostupných geodatabází. Jedná se zároveň o unikátní výstup nejen v rámci ČR, ale i v rámci celé Evropy.



Obr. 1.: *Symptomy poškození olší patogenem Phytophthora xalni: zbarvené exudáty na borce bází napadených olší (A,B), nekrotizovaná pletiva báze olše (C), charakteristické kalusy a odumřelé kořeny na dřevinách přeživších infekci (D), na infekci kořenů a krčků reagují stromy žloutnutím a řídnutím olíštění a chřadnutím (E), pro chorobu je typické ohniskovité rozšíření (F), detail odumřelé olšiny po ataku patogenu (G), po odumření břehových porostů mohou nastat změny ve tvaru koryt (H), foto převzato z Černý & Strnadová (2010)*

2. Cíl předložené mapy

Cílem mapy je konkretizace rizika plynoucího z invaze nepůvodního patogenního organismu *Phytophthora alni* v lesních porostech olší v České republice a specifikace oblastí a porostů s vysokou potenciální mírou invazibility a škod.

3. Rozsah využití mapy

Mapa může být využívána pracovníky Lesů ČR, státní podnik, Vojenských lesů a statků ČR, státní podnik, a dalšími majiteli, správci či nájemci lesů, pracovníky MZe, ÚHÚL, MŽP, AOPK ČR a dalších orgánů ochrany přírody a dalších institucí, jichž se invaze *Phytophthora xalni* dotýká.

4. Přínosy mapy pro uživatele

Hlavním přínosem mapy je konkretizace rizika vyplývajícího ze šíření nepůvodního invazního organismu *Phytophthora xalni* v lesních porostech ČR (součástí mapy je příslušná .shp vrstva porostů olší se specifikací rizika). Riziko rozšíření a škod je klasifikováno na 5tistupňové škále od rizika velmi nízkého (málo invazibilní porosty) po riziko velmi vysoké (vysoce citlivé porosty s předpokladem vysokých škod). Významným přínosem je určení (1) lužních lesů a mokřadní olšin v nižších polohách s vysokou hustotou říční sítě a velkou rozlohou povodí a (2) zejména vrchovinných nebo horských lesních komplexů s vysokou hustotou vodotečí a odvodňovacích kanálů a s typicky vysokým úhrnem srážek a významným podílem podmáčených poloh jako nejvíce rizikových lesních porostů v ČR.

Na základě predikovaného rizika lze mj. cíleně věnovat pozornost porostům vysoce rizikovým a vhodným způsobem (viz např. metodika Černý a Strnadová 2011) upravit hospodaření v těchto porostech, tak, aby se snížilo nejen riziko zavlečení patogenu a škod, ale i případně riziko šíření infekce z těchto porostů dále.

5. Metodika

Modelování potenciálního výskytu a rizika škod způsobených *P. xalni* se sestávalo z několika fází. Nejprve proběhlo mapování výskytu patogenu v porostech ve správě Lesů ČR, státní podnik, kdy byla zjišťována kromě přítomnosti typických symptomů choroby i míra napadení porostů a některé porostní charakteristiky. Výsledky byly získány z celkem 854 porostů se zastoupením olše v rámci celé ČR (40 lesních správ a dva lesní závody; celkem 293 revíry). Dále byla připravena prostorová databáze porostů se zastoupením olše coby hostitele patogenu s využitím dat Ústavu pro hospodářskou úpravu lesa a Lesů ČR, s.p. Databáze obsahovala další charakteristiky jednotlivých porostů, ke kterým byly přiřazeny informace zjišťované v prostředí geografických informačních systémů (GIS) s využitím externích podkladů (např. digitální model reliéfu, klimatické charakteristiky prostředí atd.). Takto byl připraven soubor proměnných, popisující jednotlivé porosty, který je uveden v tabulce č. 1.

Tab. 1. *Proměnné na úrovni porostu*

ZKRATKA PROMĚNNÉ	POPIS PROMĚNNÉ
NADM_VYSKA	nadmožská výška porostu
LVS	lesní vegetační stupeň
SLT	skupina lesních typů
TOK	přítomnost toku - 1: ne, 2: ano
VEK	věk porostu
ZAKMEN	zakmenění
PODIL_OL	podíl olší na druhové skladbě
VYMERA	výměra porostu

Protože eventuální výskyt a šíření zkoumaného patogenu ovlivňují i faktory širšího okolí vlastního porostu, byly obdobné charakteristiky prostředí zjišťovány i pro obalovou zónu (tzv. buffer) vymezenou pásem širokým 500 m kolem každého porostu. Tyto ukazatele byly odvozovány výlučně v prostředí GIS. Soubor hodnocených proměnných je uveden v tabulce č. 2.

Tab. 2. *Proměnné na úrovni okolí porostu (buffer 500 m)*

ZKRATKA PROMĚNNÉ	POPIS PROMĚNNÉ - HODNOTY
OL_AREA	rozloha olšin v okolí
OL_areaXpod	součin rozlohy olšin v okolí a jejich procent. zastoupení v porostech v okolí
OL_edge	délka okrajů porostů s olšinami
FOREST_p	podíl lesních ploch v okolí
LinVEG	délka liniové vegetace v okolí
DEM_m	průměrná nadm. výška okolí
DEM_std	vertikální heterogenita reliéfu (std)
TEMP_ann	průměrná roční teplota
TEMP_Jan	průměrná lednová teplota
PREC	průměrné roční srážky

Podobně byly zjišťovány charakteristiky prostředí i pro úroveň celých povodí, do kterých zkoumané porosty spadají. Protože hlavním vektorem, kudy se *P. xalni* šíří, jsou tekoucí povrchové vody, bylo pro každý porost vymezeno sumární povodí, coby potenciální zdrojové území sledovaného patogenu. Soubor testovaných proměnných stanovených pro tato sumární povodí je uvedený v tabulce č. 3. Protože zjišťování potřebných ukazatelů pro všech 191 tisíc porostů bylo výpočetně extrémně náročné, nebyly níže uvedené proměnné do finálního modelu zahrnuty. Jsou ovšem využity při dalších statistických výpočtech (výsledky jsou připravovány pro publikaci).

Tab. 3. Proměnné na úrovni povodí

ZKRATKA PROMĚNNÉ	POPIS PROMĚNNÉ - HODNOTY
POV_AREA	plocha sumárního povodí
POV_OL_n	počet porostů olšin v povodí
POV_OL_a	souhrnná plocha porostů olšin v povodí
POV_OL_aXp	součin rozlohy olšin v povodí a jejich procent. zastoupení v porostu
POV_vod_t	souhrnná délka vodních toků v povodí
POV_ryb	počet rybníků v povodí
POV_d_std	vertikální heterogenita reliéfu (std) v povodí
POV_les	podíl zalesněné plochy v povodí

Závislost výskytu *P. xalni* na výše uvedených charakteristikách porostů (Tab. 1) a proměnných prostředí vztahujících se k jejich bezprostřednímu okolí (Tab. 2) i sumárním povodím (Tab. 3) byla statisticky vyhodnocena pomocí zobecněného lineárního modelu, konkrétně logistické regrese (binomické rozdělení závislé proměnné a logitová transformace). Vstupní data byla v případě potřeby upravena pomocí logaritmické nebo odmocninné transformace, aby se jejich rozdělení více blížilo normálnímu rozdělení. Výsledný model použitý pro predikci pravděpodobnosti výskytu *Phytophthora xalni* v lesních porostech ČR byl vytvořen pomocí dopředné krokové selekce proměnných. Do této analýzy byly nakonec zahrnuty pouze proměnné ze dvou prostorových úrovní kvůli výše zmíněné výpočetní náročnosti získání dat za úroveň sumárních povodí pro následnou predikci na území celé ČR. Parametry finálního modelu jsou uvedeny v Příloze č. 1. V Příloze č. 2 pak lze nalézt souhrn výsledků statistických analýz týkajících se dalších charakteristik porostů, jejich okolí i sumárních povodí, u nichž byl při použití modelu s jednou vysvětlující proměnou prokázán vliv na výskyt patogenu *Phytophthora xalni* v hodnocených olšinách.

Výsledné hodnoty pravděpodobnosti výskytu *Phytophthora xalni* v lesních porostech ČR predikované na základě výše uvedeného modelu byly přiřazeny dle unikátních kódů k jednotlivým porostům a prostorově vyjádřeny v prostředí GIS. Následně byly klasifikovány metodou kvantilů do pěti tříd vyjadřujících míru ohrožení lesních porostů studovaným patogenem. Pro stanovené třídy byly vypočteny základní popisné ukazatele vstupních proměnných, jejich rozloha a podíl na celkové výměře všech olšin v ČR.

6. Výsledky

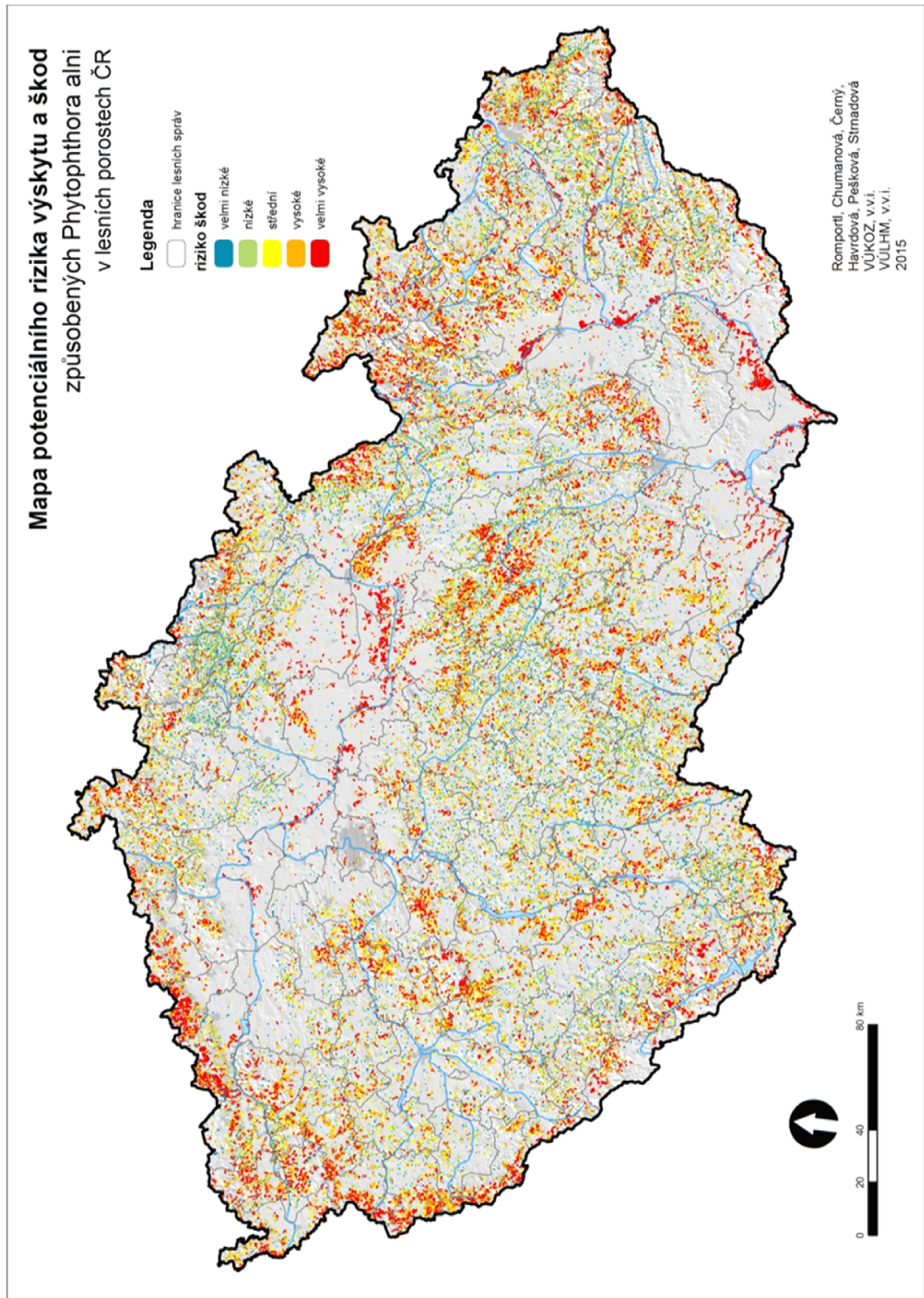
Do výsledného modelu závislosti výskytu *P. xalni* na testovaných charakteristikách lesních porostů a jejich okolí byly na základě podrobné statistické analýzy dostupných dat vybrány následující vysvětlující proměnné: **výměra porostu, výměra všech olšin v okolí porostu, přítomnost toku a lesní vegetační stupeň**. Pravděpodobnost výskytu patogenu se přitom zvyšuje s rostoucí výměrou porostu, resp. s výměrou všech olšin v okolí porostu a dále s přítomností toku. Riziko výskytu a jím způsobených škod je zároveň průkazně vyšší v prvním lesním vegetačním stupni. Osmý lesní vegetační stupeň se naopak vyznačuje výrazně nižší pravděpodobností výskytu patogenu (blíže viz Příloha č. 1). Na základě těchto vztahů zjištěných pomocí logistické regrese byla odvozena pravděpodobnost výskytu *P. xalni* pro všechny porosty se zastoupením olše na celém území ČR. Výsledné hodnoty pohybující se v intervalu od 0 do 0,88 a kategorizované do 5 tříd byly znázorněny v prezentovaném mapovém výstupu (obr. 2), ze kterého je patrné prostorové rozšíření i četnost jednotlivých tříd rizika výskytu *P. xalni* a způsobených škod.

Z celkové rozlohy 255 476 ha porostů s olší v ČR spadá do nejvyšší kategorie rizika (5) 49 % plochy všech porostů. Tyto vykazují průměrnou výměru téměř 3,9 ha a jsou většinou součástí větších lesních komplexů se zastoupením olše. Z jejich prostorového rozšíření je patrné, že se nacházejí ve dvou odlišných typech prostředí - lužní lesy v nižších polohách s vysokou hustotou říční sítě a velkou rozlohou povodí, tedy potenciální zdrojovou oblastí šíření. Druhým typem porostů jsou vrchovinné nebo horské lesní komplexy rovněž s vysokou hustotou vodotečí a odvodňovacích kanálů, především však typické vysokým úhrnem srážek a významným podílem podmáčených poloh.

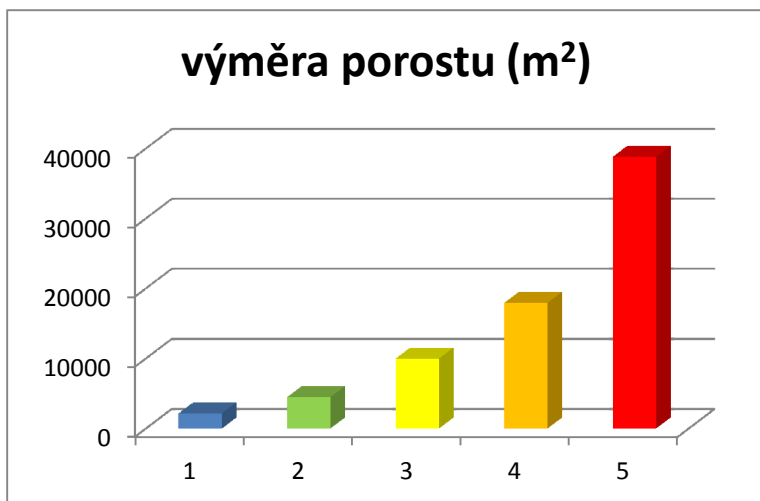
Naproti tomu nejnižší třída rizika výskytu (1) zahrnuje porosty jen o celkové ploše 9 054 ha, což činí pouhých 4 % veškerých porostů olšin. Charakteristickými znaky porostů s velmi nízkým rizikem výskytu *P. xalni* je malá výměra porostu (v průměru jen 0,2 ha) a jejich izolovanost, tj. poloha bez návaznosti na další porosty olšin. Oproti třídám s vyšším rizikem vykazují ovšem relativně vysoké zastoupení olší v dřevinné skladbě – téměř 50 %. Celkově se tedy jedná o velmi malé, izolované porosty, roztroušené ve všech lesních vegetačních stupních, které proto nevykazují žádné jiné specifické vlastnosti prostředí (úhrn srážek, hustota říční sítě atd.). Pravděpodobně jde o z největší části o drobné porosty olší vysazené na vhodných mikrolokalitách výrazně odlišných (ve vlhkostních poměrech) od svého okolí.

Ostatní třídy rizika představují kontinuum mezi oběma popsányi krajními kategoriemi. Porosty spadající do třídy nízkého rizika (2) zahrnují plochu téměř 19 000 ha, což představuje 7 % celkové rozlohy olšin; porosty třídy středního rizika (3) pak zaujímají více než 36 800 ha (tj. 14 %). Vysoké riziko výskytu a škod *P. xalni* (třída 4) bylo predikováno u porostů o celkové rozloze 66 325 ha, tedy 26 % všech olšin v ČR. Vybrané parametry, které jednotlivé třídy mezi sebou odlišují, jsou uvedeny v grafech č. 1 – 3 – jedná se o parametry výměra porostu, výměra olšin v okolí porostu (buffer 500 m) a zastoupení olší v porostu. Jak již bylo uvedeno, pravděpodobnost výskytu patogenu a jím způsobených škod roste s výměrou porostu a výměrou olšin v okolí (graf 1 a 2). Na druhou stranu drobné výsadby olší s vysokým zastoupením hostitele (často odpovídají drobným prameništím či depresím) mohou díky své izolaci spíše infekci uniknout. Graf rovněž naznačuje, že potenciální managementovou odpovědí na těchto stanovištích vhodných i pro pěstování dalších dřevin může být spíše jednodušší úprava složení porostů (graf 3). Kromě výše zmíněného těžiště výskytu porostů

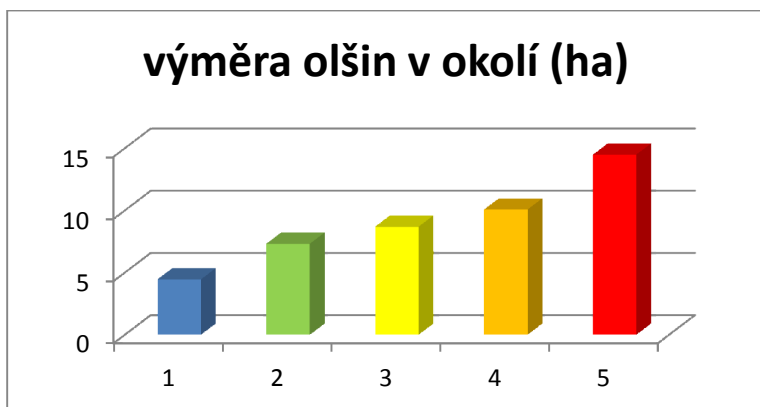
s vysokým rizikem napadení *P. xalni* v lužních lesích niv velkých řek nižších poloh, výsledky naznačily zvýšené riziko též u porostů nacházejících se ve 4. a 7. lesním vegetačním stupni, avšak tuto skutečnost se na základě analyzovaných dat nepodařilo statisticky prokázat. Jedná se pravděpodobně o rozsáhlejší podmáčené výsadby středních a vyšších poloh. Významným faktorem pozitivně ovlivňujícím distribuci patogenu je rovněž přítomnost vodního toku v porostu. Mezi další charakteristiky mající průkazný vliv na výskyt *P. xalni* v hodnocených olšinách patří např. nadmožská výška, šířka toku, zakmenění, dřevní zásoba, součin rozlohy olšin v okolí a jejich podílu, zastoupení v porostech v okolí, délka okrajů porostů se zastoupením olše, vertikální heterogenita či podíl zalesněné plochy v povodí (Příloha č. 2). Tyto proměnné nebyly při postupné selekci vysvětlujících proměnných do výsledného modelu zařazeny např. z důvodů korelací s jinými vysvětlujícími proměnnými nebo jejich hodnoty pro ostatní lesní porosty nebyly k dispozici, a tudíž je nebylo možné pro výslednou predikci na úrovni celé ČR použít. Vlivu těchto faktorů bude věnována pozornost v rámci další, podrobnější studie.



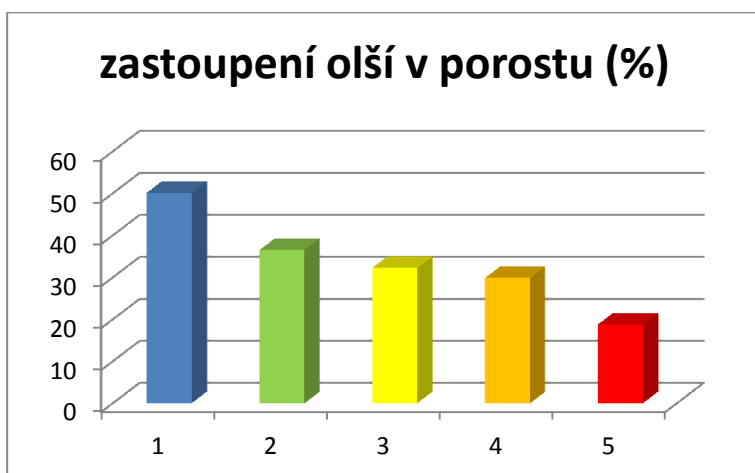
Obr. 2.: Mapa potenciálního rizika a škod způsobených *P. xalni* v lesních porostech ČR



Graf 1. Průměrná výměra porostu dle jednotlivých tříd rizika



Graf 2. Průměrná výměra olšin v okolí porostu dle jednotlivých tříd rizika



Graf 3. Průměrné procentuální zastoupení olší v porostech dle tříd rizika

7. Závěr

Na základě statistické a geostatistické analýzy výskytu fytoftorové hniloby olší způsobené *Phytophthora xalni* v cca 850 lesních porostech v rámci území České republiky a příslušných porostních a geostatistických dat byl vytvořen model predikující potenciální distribuci patogenu a škody v lesních porostech s olší v ČR. Do predikčního modelu byly zahrnuty následující proměnné ovlivňující distribuci patogenu: výměra porostu, výměra všech olšin v okolí porostu, přítomnost toku a lesní vegetační stupeň. Výsledky lze shrnout a interpretovat v hlavních bodech následovně:

- 1) *P. xalni* má širokou ekologickou valenci a potenciál poškozovat olšiny všech vegetačních stupňů a lesních typů po celém území ČR.
- 2) Zhruba polovina (49 %) rozlohy všech lesních porostů s olší v ČR spadá do kategorie s nejvyšším rizikem výskytu a poškození *P. xalni*. Vysoké riziko bylo predikováno na dalších 26 % plochy porostů. Nejnižší riziko je predikováno pro 4 % rozlohy lesních porostů olší.
- 3) Vysoce rizikové porosty lze rozdělit do dvou typů. Jednak se jedná o lužní lesy a mokřadní olšiny v nižších polohách s vysokou hustotou říční sítě a velkou rozlohou povodí, tedy potenciální zdrojovou oblastí šíření a jednak o vrchovinné nebo horské lesní komplexy rovněž s vysokou hustotou vodotečí a odvodňovacích kanálů, především však typické vysokým úhrnem srážek a významným podílem podmáčených poloh. Charakteristickými znaky porostů s velmi nízkým rizikem výskytu *P. xalni* je malá výměra porostu a jejich izolovanost.
- 4) Jakkoli je šíření patogenu s pomocí sazenic jako hlavní způsob infekce lesních porostů (Jung & Blaschke 2004) v ČR dosud marginální (Černý et al. 2015b), je zapotřebí mu věnovat náležitou pozornost a v budoucnu jej eliminovat opatřeními ve školkách. Jen tak bude možné zamezit poškození zejména rozsáhlejších lesních porostů ve středních a vyšších polohách, které dosud invazi unikají. V napadených porostech lze aplikovat vybraná pěstební opatření (Černý a Strnadová 2011, ke stažení na www.vukoz.cz), která mohou dopad patogenu a riziko jeho šíření do okolí výrazně omezit.

8. Literatura

- Černý K. & Strnadová V. (2010) *Phytophthora* Alder Decline: Disease Symptoms, Causal Agent and its Distribution in the Czech Republic. *Plant Protection Science* **46**: 12–18.
- Černý K. & Strnadová V. (2011) Onemocnění olší způsobené druhem *Phytophthora alni* Brasier & S.A. Kirk – management napadených porostů. Certifikovaná metodika 5/2011-056. VaV SP-2d1/36/07. Certifikace 30.4.2012 MŽP (čj. 31987/ENV/12, 1998/610/12). VÚKOZ, v.v.i., Průhonice, 31 s.
- Cerny K., Gregorova B., Strnadova V., Holub V., Tomsovsky M. & Cervenka M. (2008) *Phytophthora alni* causing the decline of black and gray alders in the Czech Republic. *Plant Pathology* **57**: 370.
- Černý K., Strnadová V., Fedusiv L., Gabrielová Š., Haňáčková Z., Havrdová L., Hejtná M., Mrázková M., Novotná K., Pešková V., Štochllová P. & Romportl D. (2015a) Economical losses caused by *Phytophthora alni* in riparian stands. Typological study of Vltava River basin (Czech Republic), 118–120. In: Sutton W., Reeser P.W., Hansen E.M., (tech coords.) Proceedings of the 7th meeting of the International Union of Forest Research Organization (IUFRO) Working Party S07.02.09: *Phytophthoras* in forests and natural ecosystems, 118–120.
- Černý K., Strnadová V., Romportl D., Mrázková M., Havrdová L., Hrabětová M., Modlinger R., Pešková V. (2015b) Factors affecting *Phytophthora alni* distribution in State Forests of the Czech Republic. In: Sutton W., Reeser P.W., Hansen E.M., (tech coords.) Proceedings of the 7th meeting of the International Union of Forest Research Organization (IUFRO) Working Party S07.02.09: *Phytophthoras* in forests and natural ecosystems, 121–123.
- Elith J. & Leathwick J.R. (2009) Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **40**: 677–697.
- Guisan A. & Zimmermann N.E. (2000) Predictive habitat distribution models in ecology [WWW document]. *Ecological Modelling* **135**: 147–186. URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304380000003549>
- Jung T. & Blaschke M. (2004) *Phytophthora* root and collar rot of alders in Bavaria: distribution, modes of spread and possible management strategies. *Plant Pathology* **53**: 197–208.
- Richardson D.M., Pyšek P., Rejmánek M., Barbour M.G., Panetta F.D. & West C.J. (2000) Naturalization and invasion of alien plants: Concepts and definitions. *Diversity and Distributions* **6**: 93–107.
- Václavík T. & Meentemeyer R. K. (2009) Invasive species distribution modeling (iSDM): Are absence data and dispersal constraints needed to predict actual distributions? [WWW document]. *Ecological Modelling* **220**: 3248–3258. URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304380009005742>

9. Seznam odborných podkladů, které předcházely vypracování mapy

- Černý K., Modlinger R. & Pešková V. (2015) Rozšíření fytoftorového onemocnění olší v lesních porostech ČR – předběžné výsledky. *Zprávy Lesnického Výzkumu* **60**: v tisku.
- Štochlová P., Novotná K. & Černý K. (2015) Variation in *Alnus glutinosa* susceptibility to *Phytophthora alni* infection and its geographic pattern in the Czech Republic. *Forest Pathology*. doi: 10.1111/efp.12205.
- Černý K., Filipová N. & Strnadová V. (2015) Climate change can affect the impact of *Phytophthora alni* subsp. *alni* In: Sutton W., Reeser P.W., Hansen E.M., (tech coords.) Proceedings of the 7th meeting of the International Union of Forest Research Organization (IUFRO) Working Party S07.02.09: Phytophthoras in forests and natural ecosystems, 115–117.
- Černý K., Strnadová V., Fedusiv L., Gabrielová Š., Haňáčková Z., Havrdová L., Hejná M., Mrázková M., Novotná K., Pešková V., Štochlová P. & Romportl D. (2015) Economical losses caused by *Phytophthora alni* in riparian stands. Typological study of Vltava River basin (Czech Republic), 118–120. In: Sutton W., Reeser P.W., Hansen E.M., (tech coords.) Proceedings of the 7th meeting of the International Union of Forest Research Organization (IUFRO) Working Party S07.02.09: Phytophthoras in forests and natural ecosystems, 118–120.
- Černý K., Strnadová V., Romportl D., Mrázková M., Havrdová L., Hrabětová M., Modlinger R. & Pešková V. (2015) Factors affecting *Phytophthora alni* distribution in State Forests of the Czech Republic. In: Sutton W., Reeser P.W., Hansen E.M., (tech coords.) Proceedings of the 7th meeting of the International Union of Forest Research Organization (IUFRO) Working Party S07.02.09: Phytophthoras in forests and natural ecosystems, 121–123.
- Tomšovský M., Štěpánková P., Strnadová V., Hanáček P. & Černý K. (2015) Identification of *Phytophthora alni* subspecies in riparian stands in the Czech Republic. In: Sutton W., Reeser P.W., Hansen E.M., (tech coords.) Proceedings of the 7th meeting of the International Union of Forest Research Organization (IUFRO) Working Party S07.02.09: Phytophthoras in forests and natural ecosystems, 183.
- Černý K., Mrázková M., Hrabětová M., Strnadová V., Romportl D., Havrdová L., Haňáčková Z., Novotná K., Štochlová P., Loskotová T. & Pešková V. (2015) Invaze houbových patogenů – riziko pro lesní hospodaření v ČR? In: Invazní škodlivé organismy v lesích ČR. Sborník příspěvků, ČLS, Praha. 31–45.
- Černý K. & al. (2014) Ekonomické aspekty invaze *Phytophthora alni* v průběhu klimatické změny
Roční zpráva o postupu prací na projektu 2014 QJ1220219 29 s.
- Černý K., Strnadová V. & Romportl D. (2013) Landscape typology of Vltava River Basin and impact of *Phytophthora alni* subsp. *alni* invasion. In: Lebeda A., Burdon J.J. (eds.): 1st. International Conference Wild Plant Pathosystems. Conference Proceedings. 2.-5.7. 2013. UPOL, Olomouc. 85–86.

- Štěpánková P., Černý K., Strnadová V., Hanáček P. & Tomšovský M. (2013) Identification of *Phytophthora alni* subspecies and their distribution in river system in the Czech Republic. *Plant Protection Science* **49**: Special Issue: S3–S10.
- Černý K., Strnadová V., Pešková V. (2013) *Phytophthora alni* Brasier et S.A. Kirk. Plíseň olšová. *Lesnická práce* 92, Příloha, 4 p.
- Černý K., Filipová N., Strnadová V. (2012) Influence of low temperature and frost duration on *Phytophthora alni* subsp. *alni* viability. *Forest Systems* **21**: 337-342.
- Černý K., Strnadová V. (2012) Winter Survival of *Phytophthora alni* subsp. *alni* in Aerial Tissues of Black Alder. *Journal of Forest Science* **58**: 328 –336.
- Štochllová P., Kozlíková K., Černý K. (2012) Factors affecting *Phytophthora alni* subsp. *alni* infection development in black alder segments. *Journal of Forest Science* **58**: 123 – 130.
- Černý K. (2011) Nebezpečné patogeny lesních dřevin *Phytophthora alni* a *Chalara fraxinea*: rozšíření, význam a možná rizika vyplývající z jejich zdomácnění. *Zpravodaj Ochrany Lesa* **15**: 71 – 75.
- Černý K., Strnadová V. (2011) Onemocnění olší způsobené druhem *Phytophthora alni* Brasier & S.A. Kirk – management napadených porostů. Certifikovaná metodika 5/2011-056. VaV SP-2d1/36/07. Certifikace 30.4.2012 MŽP (čj. 31987/ENV/12, 1998/610/12). VÚKOZ, v.v.i., Průhonice, 31 s.
- Černý K., Strnadová V., Hrubá T. (2010) Rozšíření fytoftorového onemocnění olší v České republice. Specializovaná mapa s odborným obsahem. NAZV QI 92A207. Certifikace 18.3.2011 MZe (čj. 54683/2011-MZE). 4 p.
- Černý K. & Strnadová V. (2010) *Phytophthora Alder Decline: Disease Symptoms, Causal Agent and its Distribution in the Czech Republic*. *Plant Protection Science* **46**: 12–18.
- Strnadová V., Černý K., Holub V., Gregorová B. (2010) The effects of flooding and *Phytophthora alni* infection on black alder. *J. For. Sci.*, 56:41–46.
- Černý, K., Strnadová, V., Gregorová, B., Mrázková, M. (2010) Onemocnění olší způsobené druhem *Phytophthora alni* Brasier & S.A. Kirk – identifikace choroby, odběr vzorků. Certifikovaná metodika 4/2011-056. VaV SP-2d1/36/07. Certifikace 1.2.2011 MŽP (čj. 6405/ENVV/11, 110565/ENV/10). VÚKOZ, v.v.i., Průhonice, 26 s.
- Cerny K., Gregorova B., Strnadova V., Holub V., Tomsovsky M., Cervenka M. (2008) *Phytophthora alni* causing the decline of black and gray alders in the Czech Republic. *Plant Pathology* **57**: 370
- Černý K., Strnadová V., Gregorová B., Holub V., Gabrielová Š. (2008) Nový invazní patogen *Phytophthora alni* a epidemické chřadnutí břehových porostů olší v ČR. *Ochrana Přírody* **63**: 6–9.
- Strnadová V., Černý K., Gabrielová Š. (2008) *Phytophthora alni* a povodně – dva hlavní faktory zodpovědné za chřadnutí olší v ČR. *Lesnická Práce* **87**: 20–21.

Strnadová V., Černý K. (2007) Současné poškození břehových porostů olší z pohledu ochrany krajiny. In: Dreslerová et Packová /ed./ Ohrožené dřeviny České republiky, *Geobiocenologické spisy* **12**: 180–183.

Strnadová V., Břejchová P., Černý K. (2007): Olše lepkavá, *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. a její chřadnutí na modelovém příkladu břehových porostů řeky Lomnice. *Acta Pruhoniciana* **86**: 15–38.

Poděkování

Poděkování patří desítkám zaměstnanců LČR, s.p. za terénní sběr dat, Ing. M Zavrťalkovi (LČR, s.p.) za jeho organizaci, Ing. J. Valentovi, Ph.D. (LČR, s.p.) a Ing. Pavlu Kolaříkovi (ÚHÚL) za spolupráci ohledně poskytnutí a přípravy geostatistických dat, Mgr. V. Zýkovi za pomoc při jejich zpracování a Doc. Ing. D. Zahradníkovi, Ph.D. (oba VÚKOZ, v.v.i.) za konzultace při tvorbě finálního modelu. Práce byla podpořena grantem Ministerstva zemědělství ČR NAZV č. QJ1220219.

Příloha: Výsledky statistické analýzy závislosti výskytu *Phytophthora xalni* na charakteristikách porostů a proměnných prostředí

Výsledky statistické analýzy závislosti výskytu *Phytophthora xalni* na charakteristikách porostů a proměnných prostředí použité v modelu pro predikci pravděpodobnosti výskytu patogenu v lesních porostech ČR jsou prezentovány v Tab. 1. Další charakteristiky porostů, jejich okolí i sumárních povodí, u nichž byl při použití modelu s jednou vysvětlující proměnou prokázán vliv na výskyt patogenu *Phytophthora xalni* v hodnocených olšínách jsou uvedeny v Tab. 2. Tyto proměnné nebyly při postupné selekci vysvětlujících proměnných do výsledného modelu zařazeny nebo jejich hodnoty pro ostatní lesní porosty nebyly k dispozici a tudíž je pro výslednou predikci nebylo možné použít.

Tab. 1. Výsledky statistické analýzy použité pro tvorbu modelu distribuce *P. xalni* a způsobených škod v lesních porostech ČR

Zkratka proměnné	Kategorie (u kategoriální proměnné)	Odhad regresního koeficientu	Wald statistika	P
Absolutní člen		-1,1038	6,5292	0,0106
Ln(VYMERÁ)		0,2314	11,5583	0,0007
Ln(OL_AREA)		0,0820	5,5037	0,0190
TOK	ano	0,2841	11,6408	0,0006
	ne	-0,2841	11,6408	0,0006
LVS	0	0,1515	0,0277	0,8677
	1	0,8278	9,6831	0,0019
	2	0,2549	0,8904	0,3454
	3	-0,0880	0,1747	0,6759
	4	0,4130	2,7078	0,0999
	5	0,0106	0,0021	0,9636
	6	-0,1587	0,3418	0,5588
	7	0,6318	2,4434	0,1180
	8	-2,0429	4,4487	0,0349

Tab. 2. Další charakteristiky porostů a prostředí ovlivňující distribuci *P. xalni* v lesních porostech ČR nezařazené do predikčního modelu.

Zkratka proměnné	Kategorie (u kategoriální proměnné)	Odhad regresního koeficientu	Wald statistika	P
NADM_VYSKA		-0,0009	4,6940	0,0303
SIRKA_TOKU	bez toku	-0,6269	13,8970	0,0002
	do 1 m	-0,4500	8,1054	0,0044
	do 10 m	0,2106	1,5607	0,2116
	nad 10 m	0,8663	5,0508	0,0246
ZAKMEN		-0,1069	4,5527	0,0329
ZASOBA		0,0011	8,5798	0,0034
Ln(OL_areaXpod)		0,2557	15,3809	0,0001
Sqrt(OL_edge)		0,0086	9,8703	0,0017
Sqrt(DEM_std)		-0,1040	6,7159	0,0096
POV_les		-0,0086	9,6337	0,0019