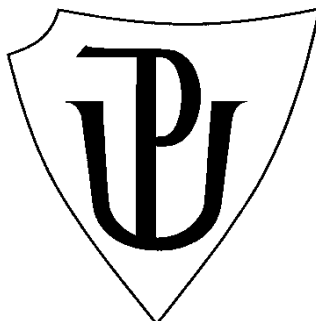


Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie a životního prostředí



Prostorová distribuce křečka polního v České republice

Daniel Mašín

Bakalářská práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí
Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků
na získání titulu Bc. v oboru
Ekologie a ochrana životního prostředí

Vedoucí práce: RNDr. Tomáš Václavík, Ph.D.

Olomouc 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Tomáše Václavíka, Ph.D. s použitím citované literatury.

V Olomouci 11. května 2017

Podpis:

Mašín D. 2017. Prostorová distribuce křečka polního v České republice [bakalářská práce]. Olomouc: Katedra ekologie a ŽP PřF UP v Olomouci. 50 s. 2 přílohy. Česky.

Abstrakt

Distribuce druhu je závislá nejen na vztazích mezi organismy, ale i na faktorech životního prostředí a habitatových nárocích jednotlivých faktorů. Práce měla za cíl zhodnotit habitatové preference křečka polního a vytvořit model jeho prostorové distribuce v České republice. Za použití metod modelování distribuce druhů a dat z terénního mapování z let 2010 až 2016 jsem analyzoval vztah křečka polního k následujícím faktorům prostředí: typ půdy, klimatické faktory (např. teplotní sezónnost a sezónnost srážek), krajinný pokryv, nadmořská výška, sklonitost svahu a Topografický index vlhkosti. Výsledky ukazují, že výskyt křečka v ČR je vázán na půdy typu černozem a černice (pozitivní efekt) a na kambizem (negativní efekt), klimatické faktory (teplotní sezónnost a sezónnost srážek) a na nižší nadmořskou výšku. Z modelu bylo zjištěno, že prevalence křečka je omezena především jen na níže položené oblasti podél řek Labe a Moravy, kde se opravdu nálezové body křečka ve studovaném období vyskytovaly. Model předpověděl na základě vstupních faktorů možný výskyt i v oblastech, odkud nejsou k dispozici nálezová data, jako je v okolí Ostravy a řeky Odry. Další vhodnou lokalitu model předpověděl v okolí města Javorník v podhůří Rychlebských hor a území by se mohlo dále rozšiřovat až do Polska. Na tyto možné oblasti výskytu křečka by se měl zaměřit další terénní průzkum. Nicméně výskyt křečka predikovaný modelem není dostačující v oblasti jižních Čech, protože z dostupné literatury by se, např. v okolí Plzně, měl vyskytovat.

Klíčová slova: biogeografické rozšíření, *Cricetus cricetus*, faktory životního prostředí, GIS, habitatové preference, modelování distribuce druhů

Mašín D. 2017: Spatial distribution of the Common hamster in the Czech Republic [bachelor's thesis]. Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University in Olomouc, 50 pp., in Czech.

Abstract

Distribution of species depends not only on relations between organisms, but also on environmental factors and habitat requirements of individual factors. The aim of the thesis was to evaluate habitat preferences of the European hamster and create a model of its spatial distribution in the Czech Republic. Using methods of species distribution modeling and data from field mapping from the years 2010 to 2016 I have analysed the relation of the European hamster to the following factors of the environment: soil type, climatic factors (e.g. temperature seasonality and seasonality of precipitation), land cover, altitude, hillside slope and Topographic moisture index. The results have shown that the occurrence of hamster in the Czech Republic is bound to the chernozem and phaeozem soil types (positive effect) and the cambisol soil type (negative effect), climatic factors (temperature seasonality and seasonality of precipitation) and to lower altitude. From the model has been found out that presence of hamster is mainly limited to low-lying areas along the rivers Elbe and Morava, where finding points of hamster have really occurred during the monitored period. Based on input factors the model has predicted possible occurrence also in areas where there are no available finding data, for example around Ostrava city and river Oder. Another suitable location has been predicted by the model near Javorník town in the foothills of the Golden Mountains and the territory may further extend to Poland. Another field survey should focus on these possible locations of hamster occurrence. Nevertheless, the occurrence of the European hamster predicted by the model is insufficient in southern Bohemia, because, according to the available literature, hamster should occur for example near Pilsen.

Key words: Biogeographical expansion, *Cricetus cricetus*, environmental factors, GIS, habitat preferences, species distribution modeling

Obsah

Seznam tabulek	vii
Seznam obrázků	viii
Seznam zkratk	ix
1. Úvod.....	11
1.1 Změny v rozšíření	11
1.2 Stanovištní preference	12
1.2.1 Příčiny poklesu.....	13
1.2.2 Způsoby ochrany křečka	14
1.3 Modelování distribuce druhu	15
2. Cíle práce	17
3. Materiál a metody	18
3.1 Vstupní vrstvy faktorů životního prostředí	18
3.2 Příprava nálezových dat	26
3.3 Analýza dat	28
4. Výsledky	30
4.1 Porovnání vlivu faktorů životního prostředí	30
4.2 Model predikčního rozšíření	34
4.2.1 Popis predikční mapy.....	36
5. Diskuze.....	39
5.1 Habitatové preference	39
5.2 Zhodnocení predikčního modelu a reálných nálezů.....	40
5.3 Využití modelu distribuce křečka	42
6. Literatura.....	43
7. Přílohy.....	49

Seznam tabulek

Tab. 1. Výčet vstupních vrstev faktorů životního prostředí.....	19
Tab. 2. Normalita rozdělení a rovnost rozptylů faktorů.....	31
Tab. 3. Výsledky modelu logistické regrese	35
Tab. 4. Výsledky t–testu a Mann-Whitneyova testu na faktory prostředí, jen kontinuální proměnné.....	50

Seznam obrázků

Obr. 1. Typ půdy – kategorie podle vhodnosti pro výskyt křečka. Upraveno, původní zdroj: ČGS 2017.....	20
Obr. 2. BIO 1 – průměrná roční teplota (°C) Upraveno, původní zdroj: WorldClim.....	22
Obr. 3. BIO 12 – průměrné roční úhrny srážek (mm). Upraveno, původní zdroj: WorldClim.....	22
Obr. 4. Krajinový pokryv CORINE (Coordination of information on the Environment). Upraveno, původní zdroj: Copernicus Land Monitoring Service. 2016	23
Obr. 5. Digitální model terénu (SRTM DEM – Shuttle Radar Topography Mission Digital Topographic Model) – vyobrazuje nadmořskou výšku (m n.m.). Upraveno, původní zdroj: GISAT 2007	24
Obr. 6. Sklonitosti svahu (%) odvozena z Digitálního modelu terénu (SRTM DEM). Původní zdroj: GISAT 2007	25
Obr. 7. Topografický index vlhkosti (TMI – topographic moisture index) relativní index – nemá jednotky. Upraveno, původní zdroj: GISAT 2007	26
Obr. 8. Výskyt křečka polního v ČR, v rozmezí let 2010 až 2016.	27
Obr. 9. Souhrnný panelový graf (zúžení – interval spolehlivosti mediánu): klimatické faktory BIO1 – průměrná roční teplota (°C), BIO2 – průměrný měsíční rozsah denních teplot (°C), BIO4 – teplotní sezonnost (směrodatná odchylka), BIO8 – průměrná teplota nejchladnějšího měsíce (°C), BIO12 – průměrné roční úhrny srážek (mm), BIO15 – sezonnost srážek (variační koeficient); SRTM DEM – nadmořská výška (m n.m.); Sklonitost svahu (%); TMI – Topografický index vlhkosti (nemá jednotky).....	32
Obr. 10. Procentuální zastoupení typů půd, pro skupiny: ano – prezenze / ne – absence křečka.	33
Obr. 11. Procentuální zastoupení krajinného pokryvu (corine) pro skupiny: ano – prezenze / ne – absence křečka	33
Obr. 12. Procentuální zastoupení nadmořské výšky pro skupiny: ano – prezenze / ne – absence křečka.....	34
Obr. 13. ROC křivka modelu logistické regrese	35

Obr. 14. Výsledný model pravděpodobnosti výskytu křečka polního v České republice.	37
Obr. 15. Výsledný model pravděpodobnosti výskytu křečka polního v České republice, jen na orné půdě a sloučené kategorii luk (sady, vinice, louky).	37
Obr. 16. Výsledný model pravděpodobnosti výskytu křečka polního v České republice, přiblížení na Polabí, v podkladu automapa (Geoportal.gov. 2010)	38
Obr. 17. Výsledný model pravděpodobnosti výskytu křečka polního v České republice, přiblížení na východní část ČR, v podkladu automapa (Geoportal.gov. 2010). .	38
Obr. 18. Výsledný model pravděpodobnosti výskytu křečka polního v České republice, v podkladu automapa (Geoportal.gov. 2010).....	49

Seznam zkratk

ArcGIS – software firmy Esri ArcGIS for Desktop 10.1

ČR – Česká republika

EU – Evropská unie (European Union)

GIS – geografický informační systém (geographic information system)

IUCN – International Union for Conservation of Nature

např. – například

SDM – modelování distribuce druhů (species distribution modeling)

ŽP – životní prostředí

Poděkování

Zde bych rád poděkoval především vedoucímu této práce RNDr. Tomášovi Václavíkovi, Ph.D. za jeho odborné vedení a připomínky k bakalářské práci. Náležité poděkování patří prof. MVDr. Emilovi Tkadlecovi CSc. za poskytnutí dat a konzultace. Dále RNDr. Josefu Eichlerovi CSc. a Mgr. Pavlu Sedlákovu, Ph.D. za odbornou konzultaci. Velmi děkuji své rodině a blízkým za podporu při studiu.

1. Úvod

Kvůli ekologickým disturbancím, antropogenním vlivům ubývá biotopů a druhů organismů. Příkladem může být i křeček polní (*Cricetus cricetus*) (Linnaeus, 1758), jehož početnost v posledních desetiletích silně poklesla. Tento druh postupně mizí z více než 75 % svého rozšíření ve střední a východní Evropě (Surov et al. 2016). V mapování, které bylo provedeno v 70. letech minulého století, byl ještě křeček celkem hojný druh (Grulich 1975; Vohralík a Anděra 1976). Nová data získaná po roce 2000 (Tkadlec 2012) a poslední data z oblasti Čech (Vohralík a Malichar 2016) ukazují, že v jeho distribuci došlo ke značné redukci.

Kvůli postupnému poklesu početnosti byl v České republice křeček polní zařazen do kategorie silně ohrožený druh (vyhláška č. 395/1992 Sb). V Evropské unii je chráněn Směrnicí 92/43/EHS ze dne 21. května 1992 o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin, konkrétně v příloze IV. Tato směrnice platí bez výjimky pro všechny členské státy EU, kde se nachází populace křečka polního (Směrnice 92/43/EHS). Dále je křeček zařazen v druhém dodatku Bernské konvence v kategorii jako silně ohrožený druh.

1.1 Změny v rozšíření

Areál výskytu křečka polního je v Evropě a to v západní, střední, jihovýchodní a východní a dále ve velké části západní Asie, hlavně v Rusku a Kazachstánu. Nejvýchodněji od Evropy je rozšířen v čínské provincii Xinjang (Weinhold 2008). Jako zdrojová oblast výskytu se udávají stepi Asie, ale přesných informací je velmi málo. Nejvíce dostupných informací o biologii křečka polního je hlavně z Evropy. I když početnost křečka v Evropě klesá pravděpodobně nejrychleji ze všech euroasijských savců, je podle Červeného seznamu IUCN (stále málo dotčený) (Surov et al. 2016).

V sousedních státech jako je Německo, došlo k výraznému úbytku křečků především v 80. a 90. letech, pravděpodobně kvůli zkombinování různých faktorů, jako jsou používání těžké zemědělské techniky, intenzivní aplikace herbicidů, umělých

hnojiv a cílené hubení (Kayser et al. 2003; Weinhold a Kayser 2006). V Polsku v posledních přibližně 40 letech došlo k výrazné redukci rozšíření, a ještě se populace rozpadla na dvě vzájemně izolované části. Polské populace křečka jsou izolovány od běloruských, českých i německých. Také je málo pravděpodobná genetická výměna s ukrajinskými populacemi. Vzhledem ke značnému úbytku a fragmentaci rozsahu areálu křečka navrhuji autoři změnit stav ohrožení tohoto druhu v Polsku od neznámého (DD) na ohrožený (EN) (Ziomek a Banaszek 2007). Ačkoliv je o křečkovi známo, že je díky svému reprodukčnímu potenciálu schopen se lokálně přemnožit, poslední velká populační erupce byla zaznamenána na východním Slovensku v letech 1971–1972 (Grulich 1973).

Ve střední Evropě jsou populace rozděleny do dvou genetických linií v možném důsledku kombinací geografických a ekologických bariér (Neumann et al. 2005). V České republice se vyskytuje jižní „panonská“ linie, tak jako na Slovensku a v Polsku. V Německu se vyskytuje „severní“ linie (Hegyeli et al. 2015). Rozdělení na výše uvedené linie může být udržováno kombinací geografických a ekologických bariér (Neumann et al. 2005). V současnosti nejsou dostatečně zpracovány mapy pro celý areál rozšíření a možnost migrace (Hegyali et al. 2015).

Křeček se na území ČR s největší pravděpodobností nachází na okraji areálu výskytu (Anděra 2006). Studium rozšíření v ČR se zabýval Grulich (1975), který využil výsledků dotazníkové akce z let 1948–1950, a některé lokality následně ověřoval. Jeho práce je postavena na informacích získaných z let 1948 až 1974, kdy byl křeček hojný. Brzy nato publikovali podobný přehled rozšíření křečka Vohralík a Anděra (1976), kteří použili výsledky dotazníkové akce provedené v letech 1972–1975 a doplnili je o vlastní nálezy (Vohralík 2011). Na základě dotazníků z období před 50 a 30 lety (Zbytovský et al. 2004) bylo na Českomoravské vysočině zjištěno ostrůvkovité rozšíření křečka, které zdaleka neodpovídalo situaci předešlého mapování. V dalším mapování (Tkadlec et al. 2012) byla zjištěna omezená prezence křečka převážně v úrodných nížinách podél největších řek.

1.2 Stanovištní preference

Křeček polní patří do druhů stepního biotopu, kde se v průběhu pleistocénu vyvinul. Nejvíce mu vyhovují průměrné teploty kolem 17 °C v červenci a 2 °C v lednu (Werth 1936), průměrná roční teplota 8° až 9°C (Weinhold 1997). Nejvhodnější jsou

sušší oblasti s ročními srážkovými úhrny do 600 mm (Weinhold 2008). Hlavním limitujícím faktorem ovlivňujícím výskyt křečka je rozsah a rozložení oblastí, jako jsou lesy, bažiny, pouště a nejrůznější vysokohorská stanoviště (Weinhold 2008). Křeček se v sedmdesátých letech vyskytoval nejvíce v nížinách až do nadmořské výšky 500 m n. m., nad tuto výšku jen ojediněle (Grulich 1975; Vohralík a Anděra 1976). V současnosti se vyskytuje v rozmezí 160 až 300 m n. m. (Vohralík a Melichar 2016). Nadmořská výška je jedním z důležitých faktorů životního prostředí. To ukazuje na nížiny jako zdrojové oblasti. Nejvhodnější jsou patrně nížiny s větší přítomností spraší v podloží, kde je křeček rozšířeným a místy velmi hojným druhem (Vohralík a Melichar 2016).

Křeček osidluje nejčastěji černozemě a hnědozemě, ve kterých lze hloubit bezpečné nory. Nejvhodnější jsou oblasti s těžšími hlinitými, jílovitohlinitými a jílovitopísčítými půdami (Anděra 2006). Křeček polní žije v norách, které se dělí na zimní a letní. Letní nory určené především pro rozmnožování a jako úkryt mají menší pedogeografické nároky než nory zimní. Proto je monitorován výskyt i na méně vhodných lokalitách, co se týče půdních podmínek. Jsou to třeba násypy silnic a železnic (písčité nebo kamenité půdy), zahrady a parky (Weinhold 2008). Hlubší vrstvy nesmí zadržovat vodu kvůli zhoršení stability nor, v horším případě hrozí vytopení. Pro výskyt křečka je potřeba nízká hladina spodní vody, která se nachází 120 cm pod povrchem a hlouběji (Grulich 1973). Jeho přirozeným stanovištěm jsou přírodní stepi, které se dnes ale nacházejí v zemědělsky obhospodařované krajině (Weinhold 2008).

1.2.1 Příčiny poklesu

Pro prezenci křečka je významné hospodaření na zemědělských pozemcích. Výsledky studie z Nizozemí ukazují (Kupfernagel 2007), že konvenční zemědělství s časnou sklizní je škodlivé pro populace křečků. Pro udržení populace je potřebné, aby měla každá samice alespoň dva vrhy za vegetační sezónu. Je několik omezení, která tomu brání. Příkladem může být management zemědělské plodiny, což je jeden z limitujících faktorů (Kupfernagel 2007). Orba hlubší než 25 cm poškozují nory, zato orba méně než 25 cm prospívá výskytu křečků. Dále je vhodné zvýšit různorodost pěstovaných plodin, zejména v podílu vojtěšky a jetelů. Prospěšné je ponechávání nesklizených pásů a zmenšení velikosti intenzivně obhospodařovaných pozemků na menší než 5 ha, i z důvodu zmenšení rizika vodní eroze (Weinhold 2008). Střídání zemědělských

plodin, orba a různá protierozní opatření se velmi špatně mapují. Údaje jsou obtížně dostupné, tudíž nejsou využitelné pro analýzu distribuce druhu, a proto nebyly použity.

Dalším důležitým kritériem pro výskyt je množství nadzemního krytu a potravy, protože sklizeň obilovin a kosení vojtěšky snižuje toto množství. Při odklizení biomasy se zvyšuje riziko predace všech křečků při jakékoli aktivitě na povrchu. Ve studii zjistili La Haye et. al (2010), že se reprodukce náhle zastaví na těch polích, které jsou sklizeny nebo pokoseny. A samice se musejí přesunout do okolních polí (*ibid.*). Intenzivní zemědělské postupy se staly pro tento druh významnou hrozbou. Sklizeň obilovin na konvenčně obhospodařovaných polích velmi často probíhá uprostřed rozmnožovacího období křečka. Proto jen velmi zřídka mohou mít na těchto polích křečci 2 vrhy. Za sezónu většina samic stihne pouze jeden vrh, aby byla populace stabilní, to ale není dostatečné. Toto potvrzují výsledky Nizozemského monitorovacího programu (Kupfernagel 2007). Pro potřebné dosažení stabilní populace je potřeba, aby každá samice měla dva vrhy za sezónu. Hlavní sezóna trvá od začátku května do konce září. (La Haye et. al 2010). Za vhodných podmínek je možné, aby měly některé samice i 3 vrhy ročně. (Franceschini-Zink a Millesi 2008; Harpenslager et. al 2009).

1.2.2 Způsoby ochrany křečka

Ochrana by se měla nejvíce zaměřit právě na oddálení sklizně, protože období sklizně určuje celkový reprodukční přírůstek populace. Čas sklizně je důležitý, protože po posečení ploch působí na křečky negativní faktor, způsobený nedostatečným vegetačním krytem, a tím se zvyšuje míra predace (La Haye 2014). Pěstovaná plodina je také důležitý faktor. Jako nejvhodnější plodiny pro prezenci křečka se jeví obilniny, a to hlavně pšenice (*Triticum* sp.), vojtěška (*Medicago sativa*) už méně, ostatním plodinám se křečci snaží vyhnout (Kupfernagel 2007; La Haye et. al 2010). Problém nastává při rychlé sklizni zemědělských plodin, neboť velmi rychle nastane nedostatek úkrytu (Villemey et. al 2013). Pokud je častěji použit systém obměňování kukuřice a řepky olejky, tak může výrazně zvýšit pravděpodobnost zániku menších populací křečků (Vohralík a Melichar 2016). Tomu lze zabránit vytvořením zatravněných pásů kvetoucích rostlin na okrajích polí, protože mají menší vegetační hustotu a křečci v nich mohou celoročně přebývat bez rušení a nejsou tolik ohrožováni predátory, jako na polích po sklizni (Fischer a Wagner 2016).

1.3 Modelování distribuce druhu

Modelování distribuce druhů (SDM – species distribution modeling) ukazuje rozmístění druhu v prostoru a čase (Franklin 2010; Pearson 2010). Jsou vytvářeny mapy distribucí druhů nebo vhodnosti stanoviště, které se využívají v různých výzkumech a plánech ochrany životního prostředí (Franklin 2010). Popisem vhodnosti stanoviště, která daný druh preferuje, lze prostřednictvím SDM odhadovat prezenci druhu na místech, kde údaje z průzkumů chybí. To poskytuje prediktivní mapu (*ibid.*). Tato práce používá SDM k predikci rozšíření křečka polního v České republice. Při správném vytvoření modelu, dokáže poskytnout SDM náhled tolerance a preference vůči faktorům prostředí (Scott et al. 2002), a tím možného potenciálního rozšíření. Velkou výzvu představují prostorové a časové změny v procesech určující výskyt druhů. Proto je možné, že přesné modelování nebude nikdy dosaženo na dostačující úrovni (*ibid.*).

Jeden z prvních příkladů prací na SDM, kde byla použita korelace mezi změnou klimatu a pozorovanou druhovou distribucí, obsahuje práce Johnstona z roku 1924 (citovaný v Mack, 1996). Předpověděl zde invazivní šíření opuncie v Austrálii na základě klimatických charakteristik původního výskytu v Severní Americe. Největší rozvoj nastává v prediktivním modelování rozšíření druhů. S jeho pomocí lze řešit rozmanité problémy v biogeografii, ekologii, biologické ochraně a výzkumu změn klimatu (Guisan a Thuiller 2005). Široké uplatnění počítačů nabídlo širokou škálu nových nástrojů, které jsou obsaženy v Geografickém informačním systému (GIS – Geographic information system), a různé statistické metody. Množství a kvalita softwaru se velmi zvýšila. Lze zpracovávat velké objemy dat z dálkového průzkumu Země a také získávat data o životním prostředí (Scott et al. 2002).

SDM je velmi rozšířené v ekologii, biogeografii a také ve výzkumu biodiverzity. Toto modelování lze využít v jakékoliv oblasti vědy, kde je potřeba vytvořit biogeografický model, který bude zjednodušeně předvídat reakce druhů v různých podmínkách prostředí. Využívá se při reintrodukcii druhů, analýzách životaschopnosti populací, modelování přírodní a antropogenní disturbance. Kombinuje záznamy o výskytu druhů s digitálními vrstvami proměnlivého životního prostředí (Franklin 2010; Pearson 2010). Snadná dostupnost podrobných údajů o životním prostředí a dostupná a výkonná výpočetní technika dávají možnost většímu rozvoji prediktivnímu modelování distribuce druhů. (Pearson 2010).

Základní strategie pro modelování je charakterizovat nejvhodnější podmínky prostředí pro daný druh a následně určit, kde jsou tato vhodná prostředí distribuována v prostoru (Pearson 2010). Jeden druh může ovlivňovat velké množství proměnlivých typů prostředí. Proto se používají algoritmy, které zohledňují více než dva typy prostředí (proměnných). Lze používat dva způsoby: (i) parametrické (statistické) metody, (ii) neparametrické metody (machine-learning). Algoritmy, které mohou zahrnovat interakce mezi proměnnými, jsou také výhodné (Elith et al. 2006). SDM nabízí možnost, jak využít jiným způsobem data z přímých pozorování. Tím zpřesnit znalosti a pochopit distribuci jednotlivých druhů (Franklin 2010). Není vůbec jednoduché porovnat a zhodnotit všechny dostupné a možné metody pro SDM. Problém řešilo mnoho vědců i týmů (Guisan a Thuiller 2005; Elith et al. 2006).

Distribuce druhů je závislá na společných vlivech několika faktorů, zejména na abiotickém prostředí, biotických interakcích a rozptýlení. Hlavně abiotické prostředí často nepřímo ovlivňuje účinky biotických interakcí. V této době je daná problematika nejasná (Godsoe et al. 2017). Vztahy mezi druhy a prostředím výskytu mohou způsobit různé prostorové vzory, které lze pozorovat v různých měřítkách (Guisan a Thuiller 2005). Nastává problémem určení vhodného měřítka pro modelování. Ekologické modely by měly být studovány v různých měřítkách (Levin 1992). Stupnici je obvykle nejlépe vyjádřit nezávisle na rozlišení a rozsahu studované oblasti. Modelování velké plochy nemusí nutně znamenat, že se jedná o hrubé rozlišení (Guisan a Thuiller 2005). V praxi neexistuje žádný model odpovídající realitě, není stanoveno optimální měřítko ani statistická metoda k vytvoření prediktivního modelu. Nejlepší řešení často zahrnuje celou řadu různých modelů vytvořených různými technikami a v různých měřítkách (Scott 2002).

2. Cíle práce

Cílem bakalářské práce je zhodnocení habitatových preferencí křečka polního a vytvoření modelu prostorové distribuce v České republice. K dosažení těchto cílů bylo potřeba následujících kroků:

- Konsolidace a příprava nálezových dat křečka v České republice
- Příprava dat o faktorech životního prostředí
- Vytvoření a interpretace modelu (mapy) rozšíření křečka polního

3. Materiál a metody

K úpravě, zpracování vstupních vrstev a vytvoření modelu distribuce křečka byl použit software firmy Esri ArcGIS for Desktop 10.1 (ArcGIS), extenze Spatial Analyst. Pokud bylo SDM použito na proměnlivých mapách životního prostředí, předpovídá potenciální geografický výskyt druhu na specifikovaném území (Franklin 2010). V této práci byla studovaným územím celá Česká republika. Zde byly nalezeny body výskytu (prezence či absence) křečka a poté vytvořena predikce distribuce. Ve výsledné prediktivní mapě má každý pixel vypočítanou pravděpodobnost prezence, či absence křečka.

3.1 Vstupní vrstvy faktorů životního prostředí

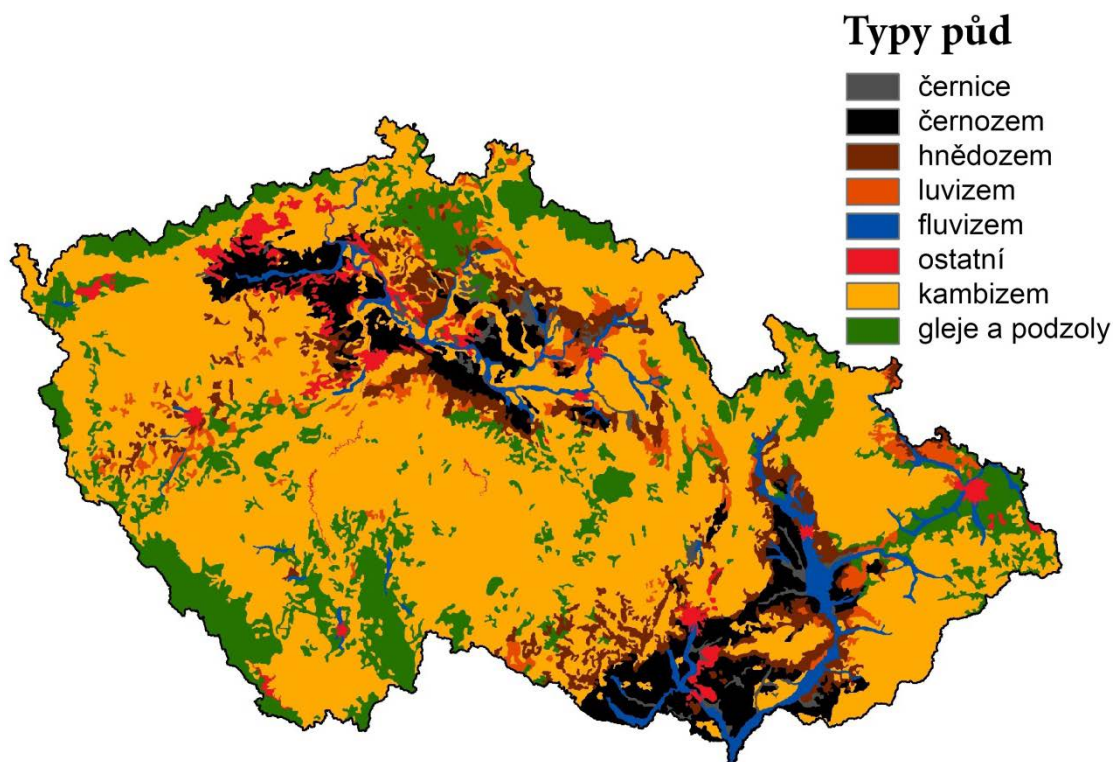
Výběr použitelných vstupních vrstev (prediktorů) pro celou Českou republiku je omezený jak finanční dostupností, tak existencí. Z tohoto zúženého výběru byly použity vstupní vrstvy faktorů na základě výpočtů, nejdříve ve formě t-testů a poté logistické regrese, které jsou více rozepsány v podkapitole 3.3 Analýza dat. Pomocí těchto testů byla zjištěna možná preference křečka na faktorech životního prostředí (ŽP). A zároveň se snížil celkový počet faktorů ŽP, který je lepší snížit, neboť se tak reguluje korelace faktorů při predikci. Velkým počtem by se mohl snížit opravdový vliv faktoru. Pokud je méně faktorů, tak se lépe vyhodnocuje a interpretuje výsledek (Ward 2006).

Všechny vstupní vrstvy modelu distribuce křečka byly uloženy ve formátu raster s rozlišením 100 m/pixel a oříznuty hranicemi ČR (ArcČR® 500). Kvůli následným analýzám bylo nutné, aby se překrývaly pixely všech vrstev nad sebou. Použité vstupní vrstvy faktorů ŽP jsou dále v kapitole rozepsány podrobněji a ukázány v náhledech na data. Byl použit stejný pořadový systém jako v tabulce (tab.1.), která ukazuje stručný výčet použitých vstupních vrstev faktorů ŽP.

Tab. 1. Výčet vstupních vrstev faktorů životního prostředí

Název		Odkaz	
Základní rozdělení vrstev faktorů ŽP:	Jednotlivé kategorie:	Dostupné z:	Literární odkaz:
typy půd	černice	http://micka.geology.cz/records/500e7063-e828-4e82-b533-	portál České geologické služby (ČGS 2017)
	černozemě		
	hnědozemě	91c80a010817?language=cze	
	luvizemě		
	fluvizemě		
	kambizemě		
	gleje a podzoly		
	ostatní		
klimatické faktory , datová sada WorldClim – Global climate data	BIO1; BIO2; BIO4; BIO8; BIO12; BIO15	http://www.worldclim.org/version1	(WorldClim)
krajinný pokryv (CORINE – Coordination of information on the Environment)	půda; louky; lesy; venkov; průmysl; nevhodné	http://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2012	(Copernicus Land Monitoring Service. 2016)
nadmořská výška SRTM DEM – Shuttle Radar Topography Mission Digital Topographic Model	SRTM DEM	http://www.gisat.cz/content/cz/produkt/data-ke-stazeni	upraveno, původní zdroj (© GISAT 2007)
sklonitost svahu	sklonitost svahu	(odvozená z datové vrstvy SRTM DEM)	upraveno
Topografický index vlhkosti (TMI – topographic moisture index)	Topografický index vlhkosti (TMI)	(odvozená z datové vrstvy SRTM DEM)	Moore et al., 1991

Environmentální faktor typů půdy je jeden z velmi důležitých faktorů pro prezenci křečka. Podle typů půdy je znám rámeček fyzikálních faktorů (rozmezí hloubky, zrnitosti, mateční horninu atd.). Tento faktor využil i Reiners et al. (2011) při studii jako hodnotící faktor prostředí. Použitá základní mapa půd v rozlišení 1 : 50 000 byla získána z portálu České geologické služby (ČGS 2017). Typy půd byly sloučeny do 8 kategorií vyobrazených v náhledu na data (Obr. 1.) podle podobného typu půdy a podle vhodnosti či nevhodnosti pro výskyt křečků 1) černice – černice a šedozemě; 2) černozemě; 3) hnědozemě; 4) luvizemě; 5) fluvizemě; 6) kambizemě; 7) gleje a podzoly – pseudogleje, gleje, podzoly, organozem; 8) ostatní – rendziny a parendziny, smonice, velké vodní plochy, velká města, území změněná důlní činností.



Obr. 1. Typ půdy – kategorie podle vhodnosti pro výskyt křečka. Upraveno, původní zdroj: ČGS 2017

Jako další faktor ŽP byly vybrány klimatické faktory v podobě vrstev z datové sady WorldClim – Global climate data, dostupné na (WorldClim), vytvořili (Hijmans et al., 2005).

Klimatické údaje WorldClim jsou generovány pomocí interpolace průměrných měsíčních klimatických pozorování meteorologických stanic: 1) pro srážky 47 554 stanic; 2) průměrné teploty z 24 542 stanic; 3) minimální a maximální teploty snímány na 14 835 stanicích. Z dat ze stanic s dostupnými záznamy za více než 10 let byla vygenerována data pro období 1950 – 2000. Kromě měsíčních průměrných teplot s jejich minimy a maximy jsou zde zahrnuty měsíční úhrny srážek a ze všech je vygenerováno 19 základních klimatických vrstev. Vygenerovaná data jsou volně k dispozici na stránkách projektu (Hijmans et al., 2005) v rozlišení 30 arc sec, 2,5 arc min, 5 arc min a 10 arc min (uhlových jednotek).

V modelu distribuce křečka bylo použito rozlišení 30 arc-sekund, velikost buňky cca 120 metrů v ArcGIS v souřadnicovém systému S-JTSK. Teplotní proměnné jsou ve $^{\circ}\text{C}$, srážkové proměnné jsou v mm. Pro analýzu bylo použito 6 z 19 klimatických vrstev, podle výběru z korelační matice, podle stupně korelace (Foltánek 2014). Z vybraných vrstev: dvě charakterizují průměry (BIO1 – průměrná roční teplota, BIO12 – průměrné roční úhrny srážek), znázorněné na přiloženém náhledu na data (Obr. 2. a 3.). Další dvě charakterizují sezónnost (BIO4 – teplotní sezónnost, BIO15 – sezónnost srážek). Pátá vrstva charakterizuje průměrný měsíční rozsah denních teplot (BIO2), šestá vrstva průměrnou teplotu nejchladnějšího měsíce (BIO8), jako limitujícího faktoru. Klimatické faktory byly použity z důvodu možné závislosti výskytu křečka na teplotě nebo množství srážek. U těchto vrstev bylo potřebné změnit rozlišení mapových vrstev v programu ArcGIS příslušnou funkcí na velikost 100 m/pixel. Podrobnější data pro ČR vlastní Český hydrometeorologický ústav, ale nejsou veřejně dostupná.

BIO1 – průměrná roční teplota ($t \cdot 10$)

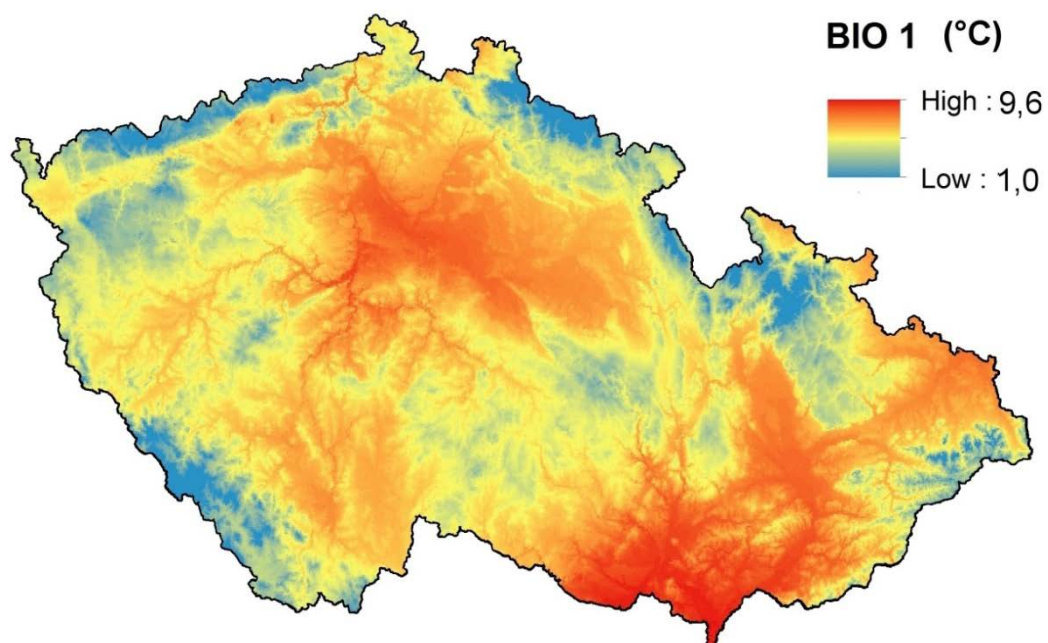
BIO2 – průměrný měsíční rozsah denních teplot (měsíční průměr z t_{\min} a t_{\max})

BIO4 – teplotní sezónnost (směrodatná odchylka – $SD \cdot 100$)

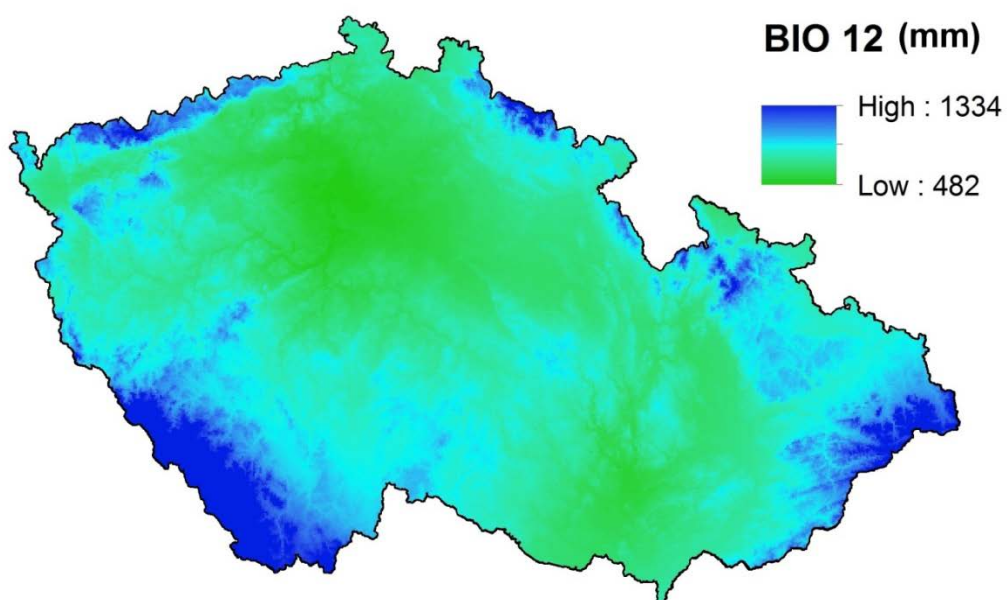
BIO8 – průměrná teplota nejchladnějšího měsíce ($t \cdot 10$)

BIO12 – průměrné roční úhrny srážek

BIO15 – sezónnost srážek (variační koeficient)

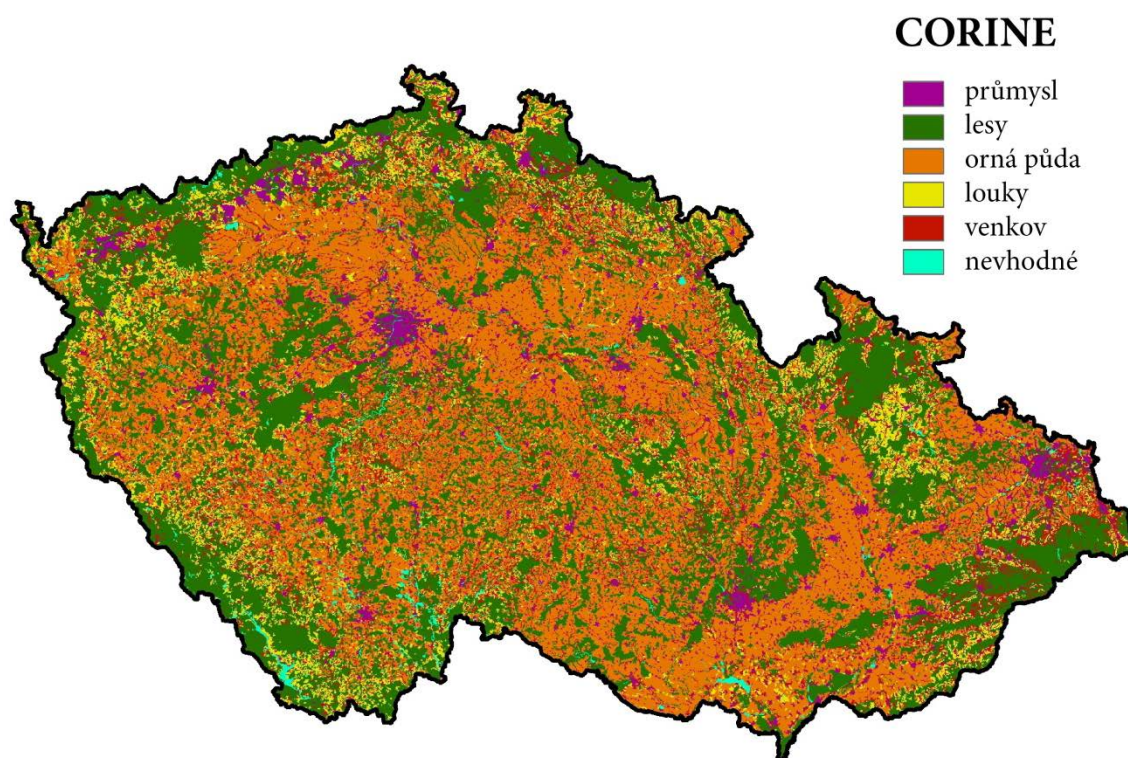


Obr. 2. BIO 1 – průměrná roční teplota (°C) Upraveno, původní zdroj: WorldClim



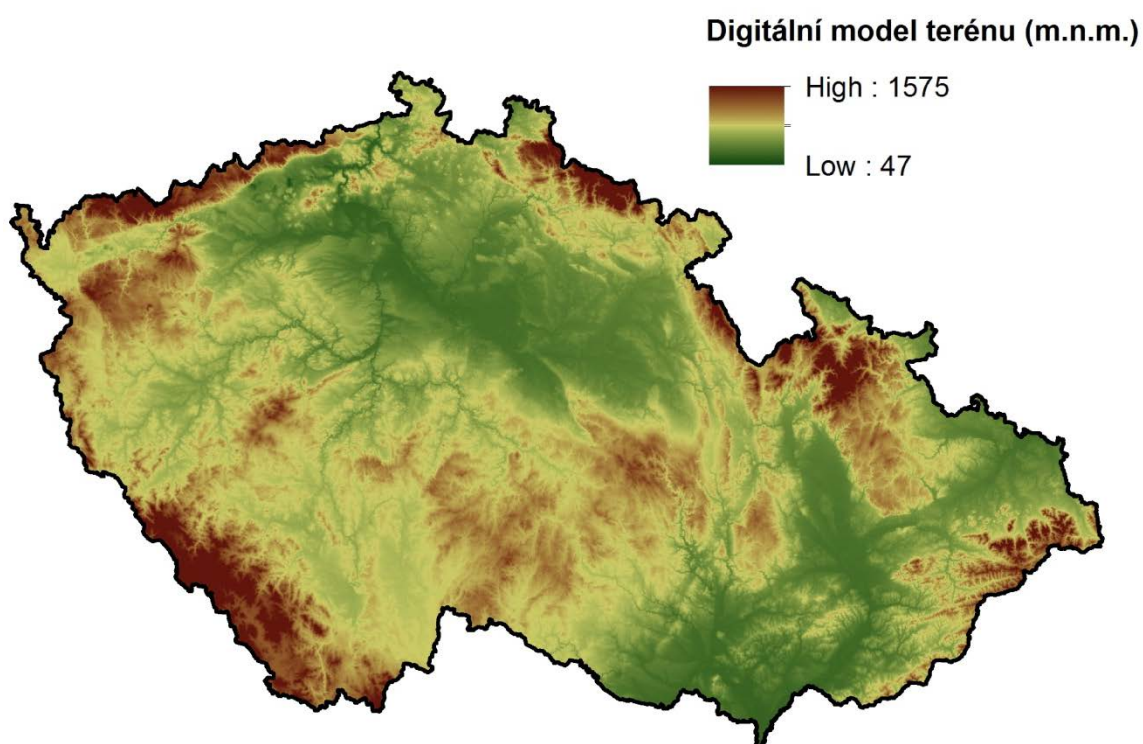
Obr. 3. BIO 12 – průměrné roční úhrny srážek (mm). Upraveno, původní zdroj: WorldClim

Předpokládá se, že by křeček mohl být vázaný na typ krajinného pokryvu. Data o krajinném pokryvu (land cover/land use) CORINE (Coordination of information on the Environment) z roku 2012 byla získána z internetových stránek projektu (Copernicus Land Monitoring Service. 2016) v měřítku 1 : 100 000. Vrstva byla pro jednoduchost přepracována na menší počet sloučených kategorií. Z 29 kategorií na 6 (půda, louky, lesy, venkov, průmysl, nevhodné), jak je ukázáno v náhledu na data (Obr.4.) a zpracováváno v rastrovém formátu s velikostí 100 m/pixel a oříznuté hranicí ČR. Pro kontrolu byly vybrány jen polygony, nad kterými se vyskytovaly nálezové body, a byl porovnán nový rastr s původní polygonovou vrstvou.



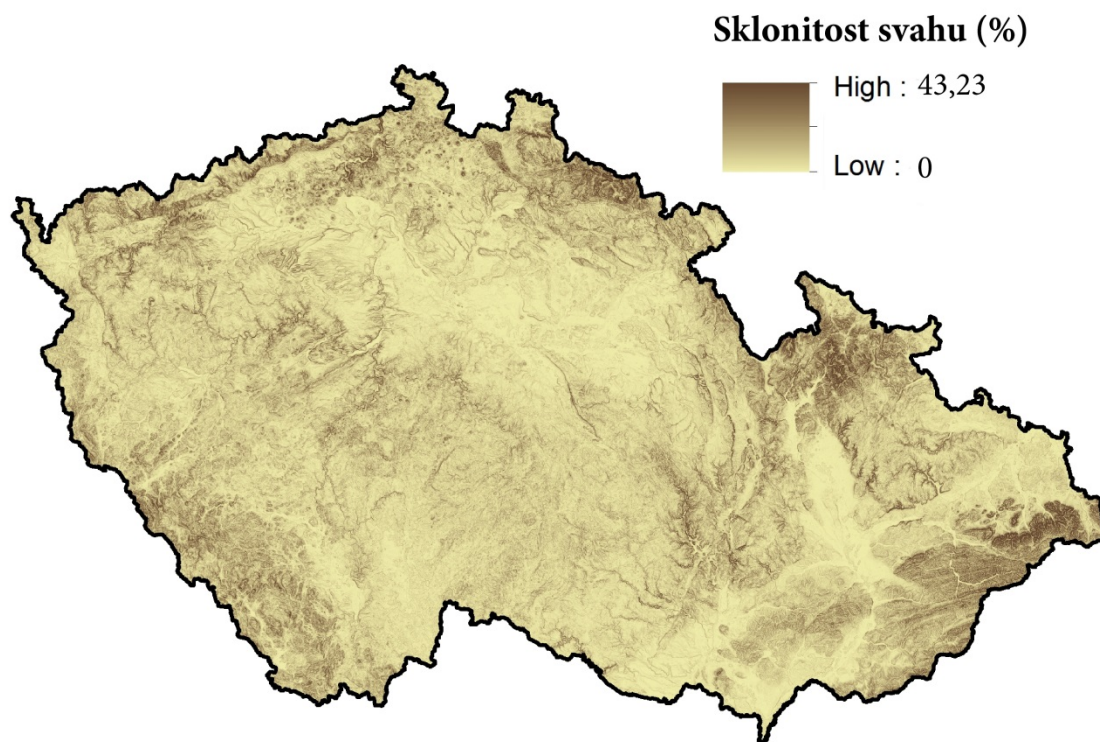
Obr. 4. Krajinný pokryv CORINE (Coordination of information on the Environment). Upraveno, původní zdroj: Copernicus Land Monitoring Service. 2016

Dalším kritériem je nadmořská výška, která je reprezentována DMT – Digitální model terénu (SRTM DEM – Shuttle Radar Topography Mission Digital Topographic Model) upraveno, původní zdroj (© GISAT 2007) v rozlišení 100/pixel. Toto je ukázáno v náhledu na data (Obr. 5.), kde je rozmezí hodnot 47 až 1575 m n. m., protože rozlišení je 100 m/pixel, tedy každý pixel je aritmetickým průměrem daného pixelu oblasti. Nadmořská výška je jeden z nepřímých prediktorů pro modelování potenciálního rozšíření, neboť ovlivňuje teplotní a vlhkostní charakteristiky území a výrazně tak ovlivňuje a limituje většinu organismů.



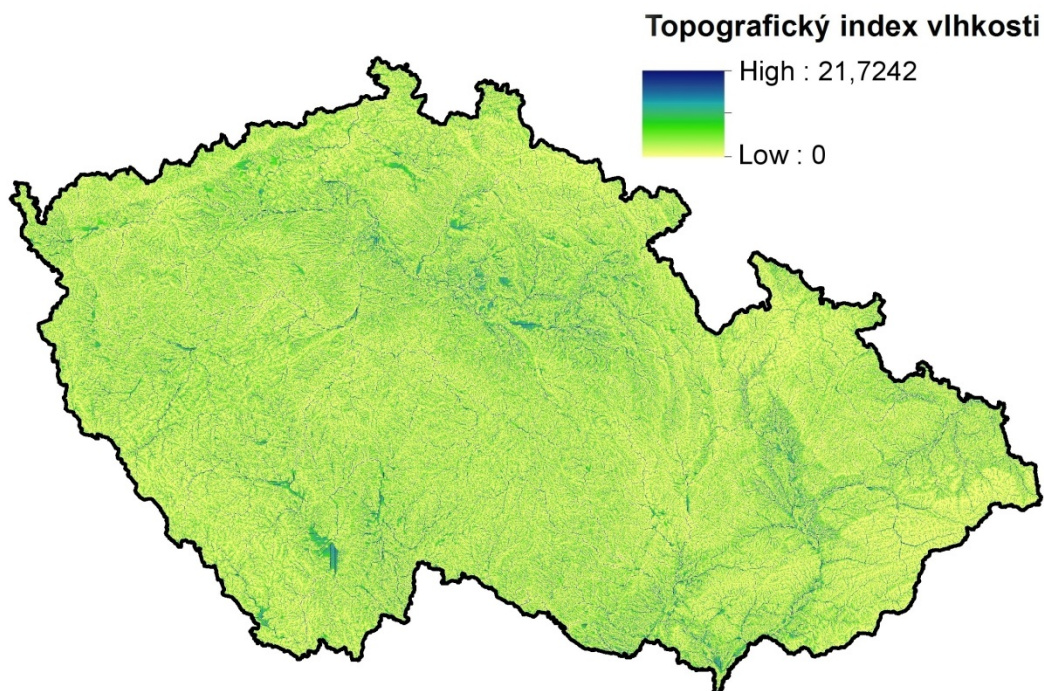
Obr. 5. Digitální model terénu (SRTM DEM – Shuttle Radar Topography Mission Digital Topographic Model) – vyobrazuje nadmořskou výšku (m n.m.). Upraveno, původní zdroj: GISAT 2007

Kvůli možné náchylnosti půdy na vodní erozi v místech, kde by mohl žít křeček, byl přidán faktor sklonitosti svahu. Ukázán v náhledu na data (obr. 6), odvozený v programu ArcGIS z datové vrstvy digitálního modelu terénu (SRTM DEM).



Obr. 6. Sklonitost svahu (%) odvozena z Digitálního modelu terénu (SRTM DEM). Původní zdroj: GISAT 2007

Kvůli možnému ovlivnění výskytu křečka vlhkostními charakteristikami prostředí byl použit Topografický index vlhkosti (TMI – topographic moisture index). Tento faktor životního prostředí je relativní index, nemá tedy jednotky (0 – není vlhkost a čím větší číslo tím větší vlhkost). Náhled na data (Obr. 7.). Je spočítaný z digitálního modelu terénu (SRTM DEM) pro každý pixel rastru, zde v rozlišení 100m/pixel, jako přirozený logaritmus poměru mezi plochou povodí a sklonem svahu (podle metodiky Moore et al., 1991).



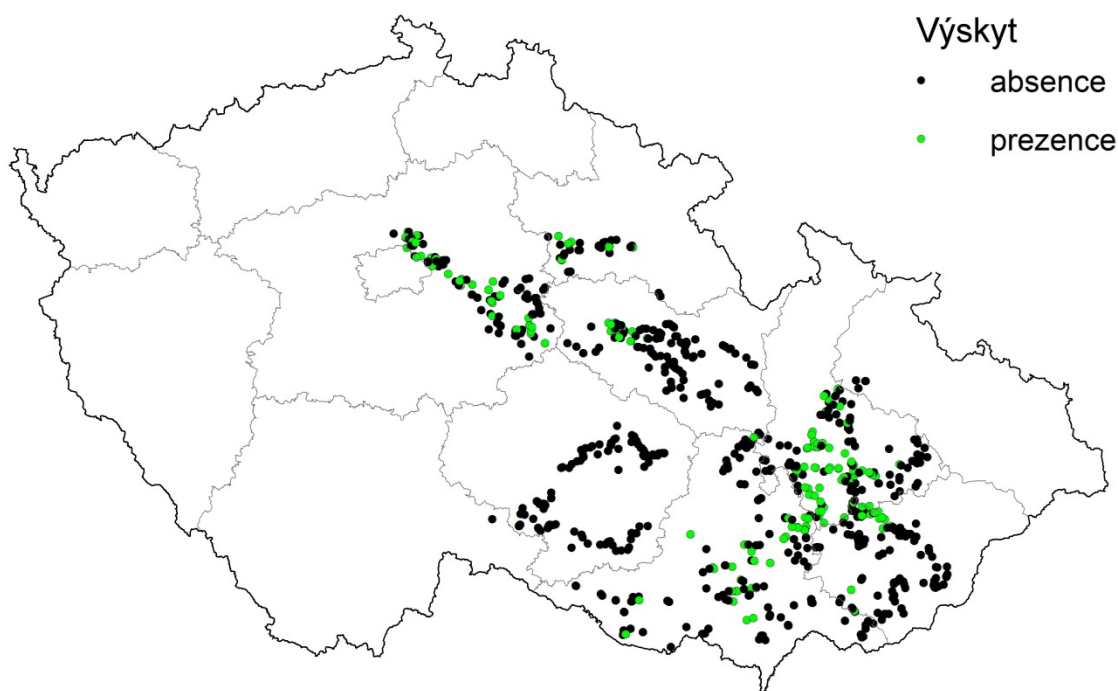
Obr. 7. Topografický index vlhkosti (TMI – topographic moisture index) relativní index – nemá jednotky. Upraveno, původní zdroj: GISAT 2007

3.2 Příprava nálezových dat

Pro vytvoření modelu byla použita data prezenční/absenční. V letech 2010 až 2016 bylo získáno 2 593 bodů. V každém roce byly nalezeny jak prezence, tak absence křečků. Přesné polohy populací byly zmapovány podle metody mapování relativní hustoty hraboše polního, přizpůsobené pro křečka. Dřívější místa výskytu křečka byla zjištěna na základě čtyř mapovacích transektů napříč polem (většinou vojtěšky), kde každý úsek byl dlouhý 100 m (Tkadlec et al. 2012). Přesná poloha každé populace křečka byla určena s použitím zařízení GPS.

Byla použita metoda založená na analýze vztahu aktuálního rozšíření druhu (prostorové distribuce) k různým faktorům prostředí. Pro vytváření distribučního modelu bylo nejdříve pracováno s daty o prezenci druhu. Poté byly v databázi odstraněny nalezené chyby a duplicitní údaje. Z původních 2 593 zůstalo 1 192 záznamů, ze kterých bylo nutno ručně odstranit záznamy se stejnými souřadnicemi, ale nepotvrzenou prezencí. Pro analýzu bylo použito celkově 826 bodů ze všech sledovaných let, z toho 180 nálezových (elektronická příloha - tabulka). Z těchto bodů

byla vytvořena vektorová bodová vrstva v programu ArcGIS. Náhled na data (Obr. 8.). V tomto programu byly zpracovávány také vrstvy s faktory životního prostředí, které ovlivňují výskyt druhu. V atributové tabulce bodů byly vytvořeny sloupce, kde byly hodnoty podkladových faktorů ŽP přiřazeny (funkcí extract multi values to points) jednotlivým nálezovým a nenálezovým bodům křečka. Přiřazení bylo provedeno na základě polohy bodu na konkrétním místě, ze kterého byly převzaty (z jednotlivých podkladových faktorů ŽP) hodnoty charakterizující lokalitu. Nejdříve byly přiřazeny bodům hodnoty, na jakém typu půdy se daný bod vyskytuje (černice, černozemě, hnědozemě, luvizemě, fluvizemě, kambizemě, podmáčené, a ostatní). Dále hodnoty ze všech klimatických vrstev (BIO 1, 2, 4, 8, 12 a 15), krajinného pokryvu – CORINE (orná půda, louky, les, venkov, průmysl a nevhodné), nadmořské výšky z digitálního modelu terénu, a také sklonitosti svahu a TMI – Topografický index vlhkosti. Každý sloupec hodnot pro určitý faktor ŽP byl dále statisticky zhodnocen pomocí t-testu a následně provedena logistická regrese, více popsáno v kapitole 3.3 Analýza dat.



Obr. 8. Výskyt křečka polního v ČR, v rozmezí let 2010 až 2016.

3.3 Analýza dat

Analýza dat byla provedena kvůli zjištění, které faktory ŽP jsou důležité pro prezenci křečka. Faktory ŽP, které vyjdou signifikantní pro prezenci, budou dále použity pro SDM jako mapové vrstvy, ze kterých bude vytvořen prediktivní model. Byly testovány všechny faktory v atributové tabulce výskytu křečků (prezence–absence) (elektronická příloha). Pracuje se s jednotlivými řádky vyjadřujícími nálezový, nebo nenálezový bod, kde je zapsána informace o výskytu křečka a faktorech ŽP přiřazených pro konkrétní bod prezence či absence. V analýze pravděpodobnosti výskytu byla závislou proměnnou prezence křečka, kterou jsem se snažil vysvětlit nezávislými proměnnými – faktory ŽP. Výstupem je pravděpodobnost prezence druhu, kde je predikováno rozmezí hodnot, důležitých pro křečka, modelované na konkrétních datech.

Pro každý vstupní faktor ŽP byl proveden v software NCSS 9 (NCSS, LLC vytvořeno Jerry L. Hintze, 1981) t-test na zjištění, jestli se průměry některé kontinuální proměnné liší mezi dvěma skupinami (prezence / absence křečka). Tím byla zjištěna jeho možná preferenci na životním prostředí. T-test je robustní vzhledem k odchýlkám, pro nezávislé velké výběry ($n > 40$) (Litschmannová 2011) bylo testováno 826 bodů na hladině statistické významnosti $\alpha = 0,05$. Nulová hypotéza se rovnala shodnosti průměrů, test byl oboustranný. Ve všech zkoumaných případech byla nulová hypotéza zamítnuta, platí tedy, že průměry se liší. Dále byl použit neparametrický test shody mediánů, Mann-Whitneyův test.

Následně byla použita mnohorozměrná analýza (logistická regrese), kde byl vytvořen jeden statistický model, který byl použit pro predikci křečka v celé ČR. Podle korelační matice byl vybrán užší soubor faktorů prostředí. Proměnné, které měly korelační koeficient $p > 0,7$ nebo $p < -0,7$, byly vyřazeny. Do logistického modelu byly vloženy ty proměnné, které vyšly jako signifikantní v předchozích t-testech. Určení nejvhodnějšího modelu, který obsahoval nejvhodnější faktory ŽP, bylo provedeno podle AIC (Akaikeho informačního kritéria) a RSquare, které vyjadřuje statistickou míru závislosti mezi závislou proměnnou Y a vysvětlujícími proměnnými X.

Pro výpočet logistické regrese byla použita metoda postupného přidávání jednotlivých nezávislých proměnných do modelu, závisle proměnná je výskyt křečka. Pokud je nová veličina na zvolené hladině statistické významnosti $\alpha = 0,01$, tak vylepšuje pravděpodobnost prezence binární závisle proměnné. Výpočty logistické regrese byly počítány v software JMP 11.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.).

Pravděpodobnost výskytu křečka byla vypočítána pro každý pixel na mapě v ArcGIS, Model Builder. Nejdříve byly do modelu distribuce křečka vloženy vstupní faktory ŽP, kde pravděpodobnost výskytu křečka na lokalitě i byla vypočítána na základě jednotlivých parametrů podle následujícího vzorce (Hebák et al. 2007):

$$p_i = \frac{\exp(\lambda_i)}{1 + \exp(\lambda_i)}$$

Ve vzorci se λ_i (lambda) se vztahuje k faktorům životního prostředí, rozepsáno jako:

$$\lambda_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n$$

Kde β_0 je intercept a další proměnné $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ jsou regresní koeficienty (činitele) a x_1, x_2, \dots, x_n jsou proměnné životního prostředí, použité jako prediktory výskytu studovaného druhu.

Výsledkem je prediktivní mapa, kde každý pixel měl pravděpodobnost výskytu křečka v rozmezí hodnot: 1 pro 100% prezenci a 0 pro absenci křečka.

4. Výsledky

4.1 Porovnání vlivu faktorů životního prostředí

Byly otestovány faktory prostředí, ale jen kontinuální proměnné, zda se liší v místech, kde je zaznamenána prezence či absence křečka. Každý faktor má specifický a různě významný vliv na prezenci či absenci křečka, proto je důležité vzájemné statistické porovnání a vyhodnocení největšího vlivu. Byl použit t-test a neparametrický test shody mediánů, Mann-Whitneyův. Z toho vyplývá, že prakticky všechny body jsou nenormálního rozdělení.

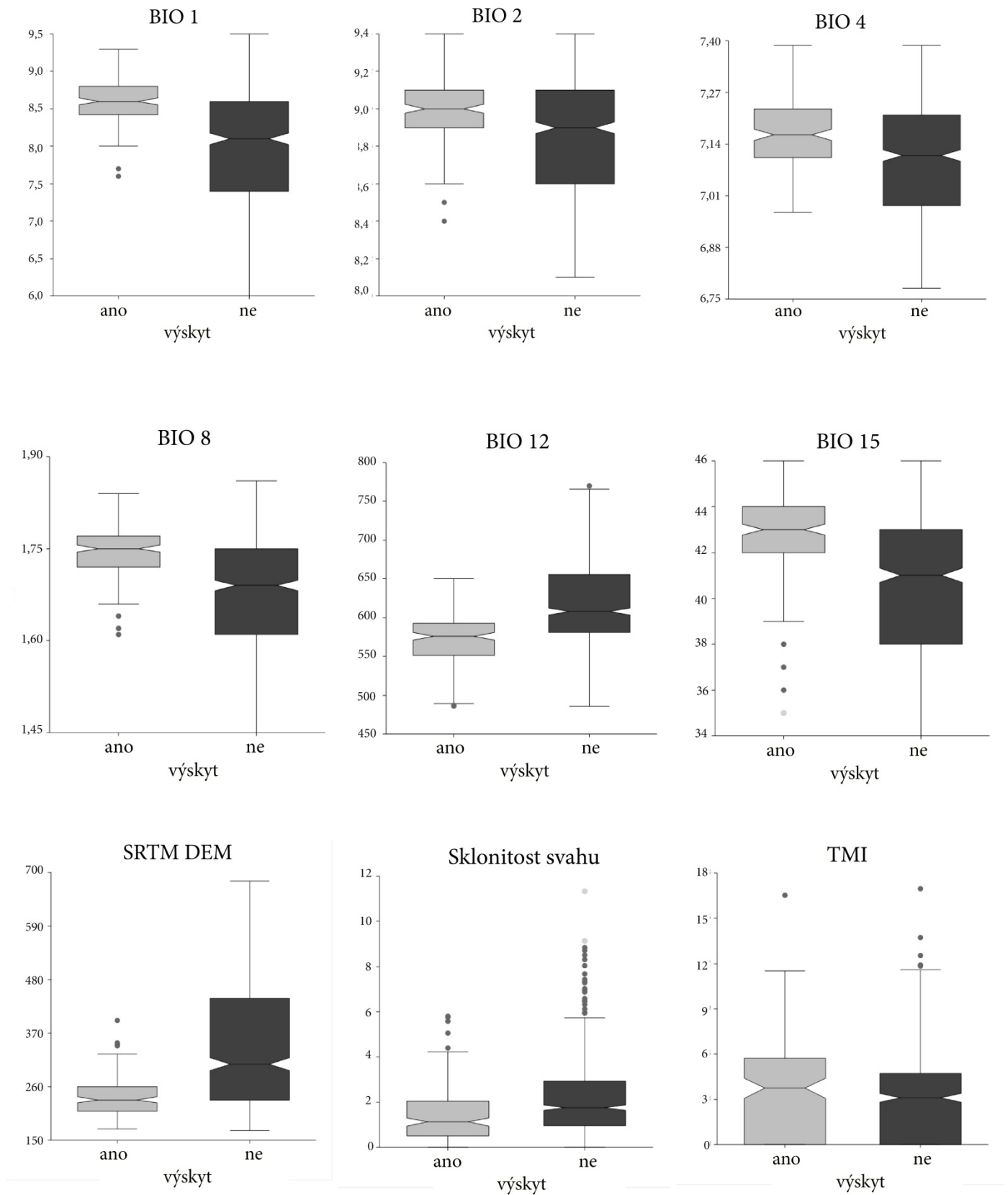
Z analýzy porovnávací faktory prostředí v místech s výskytem či absencí křečka vyplývá, že křeček preferuje: vyšší BIO1 – průměrné teploty ($t=15,7971$, $p<0.05$), vyšší BIO2 – průměrný měsíční rozsah denních teplot ($t=6,9947$, $p<0.05$), vyšší BIO4 – teplotní sezónnost ($t=6,5854$, $p<0.05$), vyšší BIO8 – průměrná teplota nejchladnějšího měsíce ($t=13,9663$, $p<0.05$), nižší BIO12 – průměrné roční úhrny srážek ($t=-13,7031$, $p<0.05$), vyšší BIO15 – sezonnost srážek ($t=9,6208$, $p<0.05$), vyobrazeno na (Obr.9.). Dále křeček preferuje nižší nadmořskou výšku ($t=-17,9224$, $p<0.05$), nižší sklonitost svahu ($t=-6,4066$, $p<0.05$) a nižší Topografický index vlhkosti – TMI ($t=1,6604$, $p<0.05$) také v (Obr.9.). Všechny hodnoty jsou v (příloha 2) (Tab. 4.). Výsledky t-testu a Mann-Whitneyova testu na faktory prostředí, jen kontinuální proměnné). Z krabicových grafů je při grafickém zhodnocení vidět rozdíly v jednotlivých proměnných. Dvě nejvíce rozdílné jsou 1) BIO12 ano 571,8 / ne 617,99; 2) BIO15 ano 42,58 / ne 40,83; 3) SRTM DEM ano 37,77 / ne 347,72. Z těchto výsledků je zřejmé, že místa s prezencí křečka jsou v lokalitách s vyšší průměrnou roční teplotou, menší sezónností srážek a mnohem nižší nadmořskou výškou.

Žádná dvojice výskytu ano – prezence / ne – absence nemá shodně normální rozdělení dat (Tab.2.) u všech dvojic (kromě TMI) není potvrzena shodnost rozptylů. Pro t-test je ale normalita podmínkou. Byl použit z důvodu, že další základní podmínkou pro t-test je nezávislost výběrů a velikost výběru nad ($n>40$). Tyto podmínky data splňují, a proto byl t-test použit. Ve všech zkoumaných případech byla zamítnuta nulová hypotéza, platí tedy, že průměry se liší.

Tab. 2. Normalita rozdělení a rovnost rozptylů faktorů

faktor ŽP	ano – prezenze:	ne – absence:	rovnost rozptylů
	<i>má normální rozdělení dat</i>	<i>nemá normální rozdělení dat</i>	
BIO1	ano	ne	ne
BIO2	ne	ne	ne
BIO4	ano	ne	ne
BIO8	ano	ne	ne
BIO12	ne	ne	ne
BIO15	ne	ne	ne
SRTM DEM	ne	ne	ne
Sklonitost svahu	ne	ne	ne
TMI	ne	ne	ano

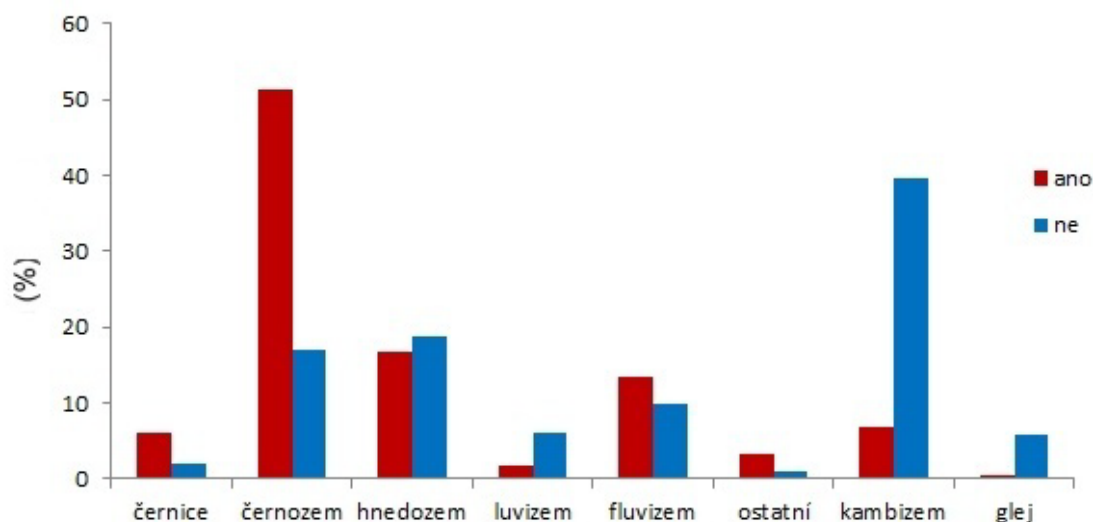
Nejdříve jsou uvedeny v souhrnném panelovém grafu (Obr. 10.) všechny kontinuální proměnné. Proto jsou ve výsledcích nejdříve faktory ŽP: klimatické (BIO1, BIO2, BIO4, BIO8, BIO12, BIO15), nadmořská výška (SRTM DEM), sklonitost svahu a Topografický index vlhkosti (TIM).



Obr. 9. Souhrnný panelový graf (zúžení – interval spolehlivosti mediánu): klimatické faktory BIO1 – průměrná roční teplota (°C), BIO2 – průměrný měsíční rozsah denních teplot (°C), BIO4 – teplotní sezonnost (směrodatná odchylka), BIO8 – průměrná teplota nejchladnějšího měsíce (°C), BIO12 – průměrné roční úhrny srážek (mm), BIO15 – sezonnost srážek (variační koeficient); SRTM DEM – nadmořská výška (m n.m.); Sklonitost svahu (%); TMI – Topografický index vlhkosti (nemá jednotky).

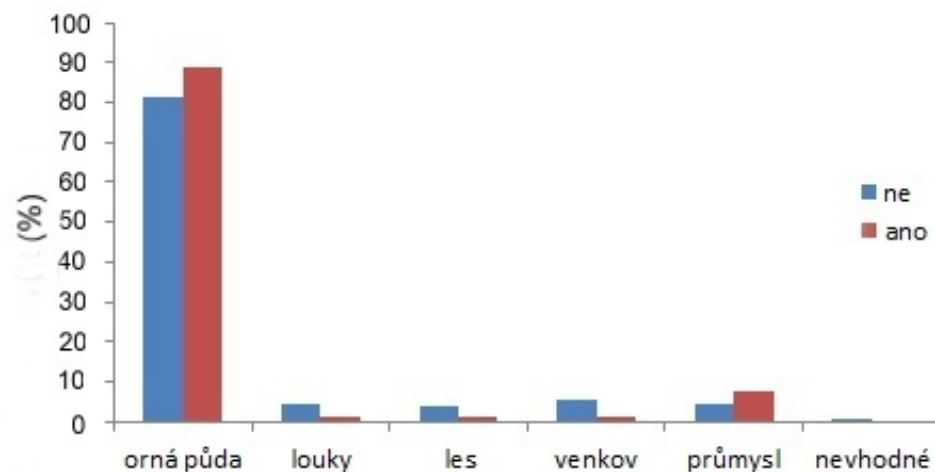
Níže uvedené faktory ŽP lze hodnotit jako kategorické proměnné a byly hodnoceny pomocí kontingenčních tabulek (typy půd, krajinný pokryv (CORINE), nadmořská výška (SRTM DEM)).

Predikční faktor typu půdy se jeví jako významný z toho pohledu, že většina prezenčních bodů vyšla převážně v jedné kategorii – černozemi (Obr. 10.). Nejvíce preferovaným predikčním faktorem z typů půdy je černozem. Nacházejí se zde nálezové lokality křečků ano 51 % / ne 17 % z celkového počtu. Dalším půdním typem je černice s nálezem ano 6 % / ne 2 %. Proto byly obě kategorie použity pro SDM.



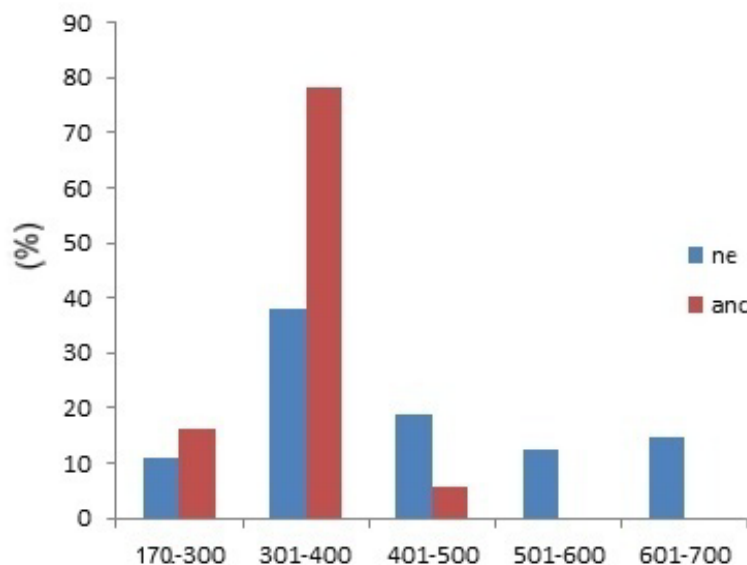
Obr. 10. Procentuální zastoupení typů půd, pro skupiny: ano – prezenze / ne – absence křečka.

Při porovnání krajinného pokryvu CORINE jednoznačně vychází jako nejpreferovanější z nálezových lokalit křečků orná půda 89,7 % (Obr. 11.). Nejvhodnější stanoviště je tam, kde je zemědělská orná půda a otevřená krajina.



Obr. 11. Procentuální zastoupení krajinného pokryvu (corine) pro skupiny: ano – prezenze / ne – absence křečka

Nadmořská výška je neméně důležitý faktor, který je v lokalitách s prezencí / absencí křečka v rozmezí od nejnižších míst, kde byl prováděn sběr dat mezi 170 až 682 m n. m. (Obr. 12.). Ze všech bodů výskytu jsou všechny rozmístěny v rozmezí 170 až 500 m n. m. Největší prezence křečka je ve středních výškách v rozmezí 300–400 m n. m., kde je 140 nálezových bodů, což je 77,7 % z celkové prezence nálezových lokalit.



Obr. 12. Procentuální zastoupení nadmořské výšky pro skupiny: ano – prezence / ne – absence křečka

4.2 Model predikčního rozšíření

Pro výpočet pravděpodobnosti výskytu bylo použita logistická regrese, kde Regresní koeficient ukazující, jak byla úspěšná regrese, vyšel RSquare = 0,2714 ($R = 0,523$ – závislost je statisticky významná již při testování na hladině statistické významnosti $\alpha=0,01$) Posouzení modelu proběhlo podle AIC – Akaikeho informační kritérium, které vyšlo AIC = 643,111.

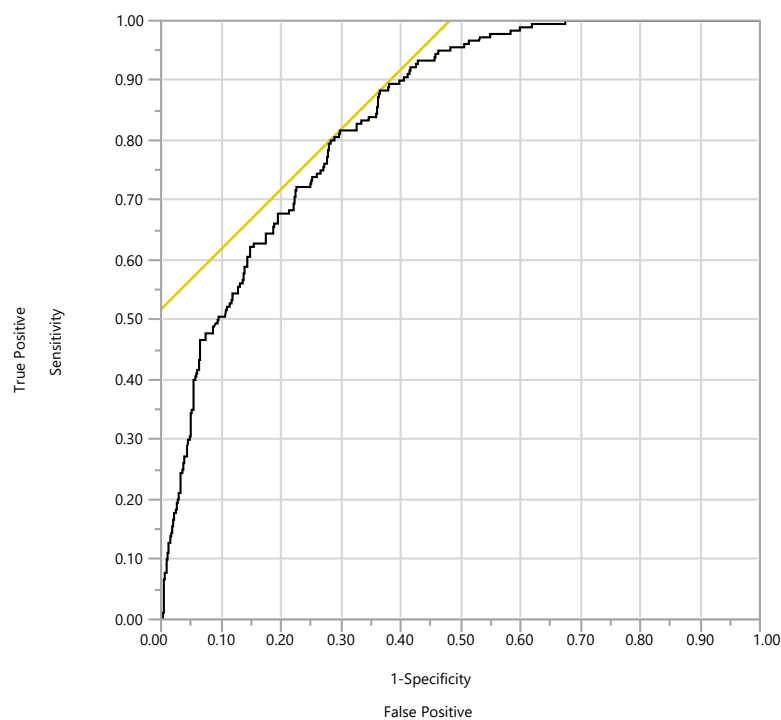
Výpočtem logistické regrese bylo získáno 5 faktorů ŽP významně ovlivňujících výskyt křečka (Tab.3.) Z půd vyšly signifikantní nejvíce černozemě: sloučené černozemě a černice (pozitivní efekt), a jako druhé kambizemě (negativní efekt). Z klimatických faktorů vyšla BIO 4 (teplotní sezonnost) a BIO 15 (sezónnost srážek). Z dalších faktorů nadmořská výška (SRTM DEM). Tyto faktory byly v podobě mapových vrstev v programu ArcGIS, Model Builder sloučeny pomocí rovnice

logistické regrese popsané v kapitole 3.3. Analýza dat. Výsledná predikce rozšíření křečka je ukázána na (Obr. 15. a 16.) a detaily (Obr. 17. a 18.).

Tab. 3. Výsledky modelu logistické regrese

	Estimate	Prob>ChiSq
Intercept	-39.988883	0.0038*
puda (černice a černozem)	1.0149758	<.0001*
puda (kambizem)	-0.8369294	0.0002*
bio4	0.0035702	0.0253*
bio15	0.37316267	<.0001*
SRTM DEM	-0.0097792	<.0001*

Schopnost modelu fitovat data je vyjádřena ROC křivkou – receive operation characteristic curve (Obr. 13.). Model nabývá hodnot nad podíl hodnot obou os – nad hodnotu 0,5 (má diskriminační schopnost). Čím více se křivka blíží hodnotě 1, tím je diskriminační schopnost dokonalejší, tj. ROC křivka splývá s levou svislou a horní vodorovnou stranou čtverce (Hebák et al. 2007).

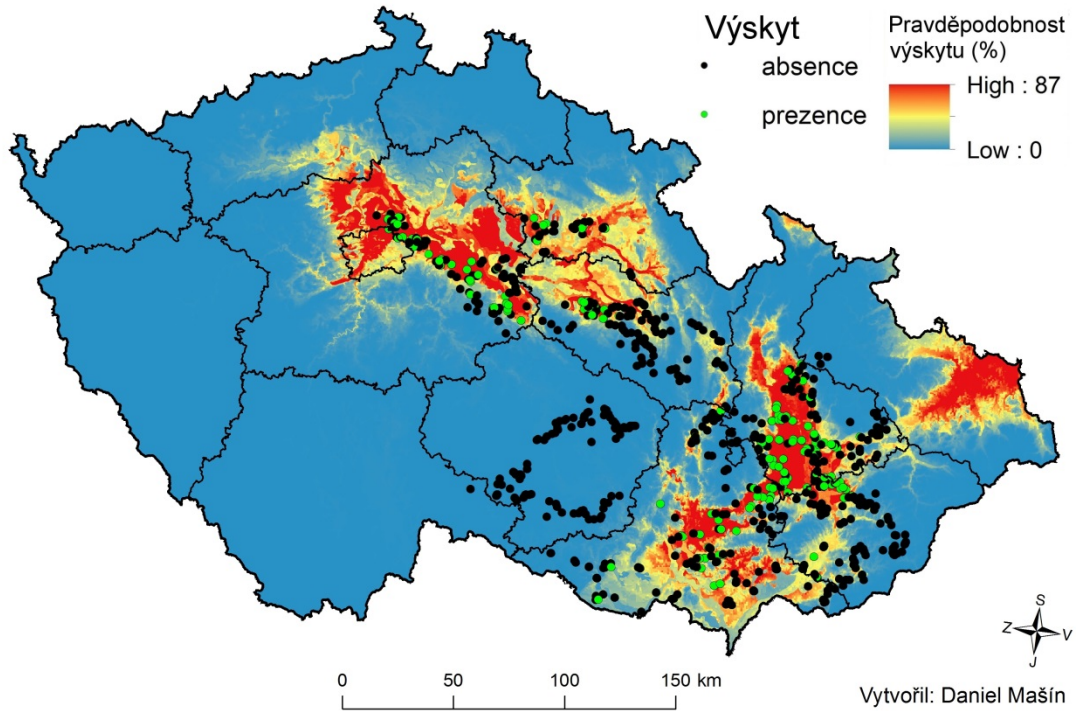


Obr. 13. ROC křivka modelu logistické regrese

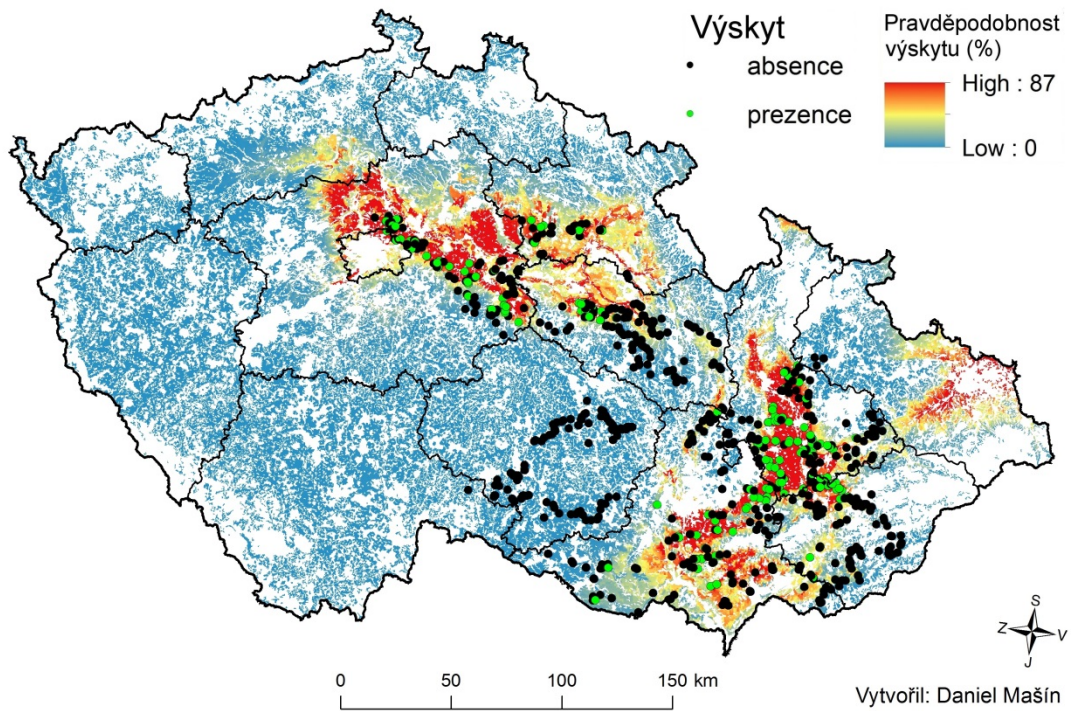
4.2.1 Popis predikční mapy

Ve výsledném predikčním modelu zobrazuje mapa predikci na celém území ČR (Obr. 14.) vychází větší pravděpodobnost prezenze křečka v dále popsaných lokalitách. Na druhé mapě (Obr. 15.) je vyobrazena predikce na hlavních typech krajinného pokryvu, kde se křeček může vyskytovat, tedy na kategorii orné půdy a luk (louky, sady, vinice). Pro grafickou přehlednost a lepší orientaci je znázorněna predikce výskytu křečka na mapě autoatlasu (Obr. 18.) a zvětšené Polabí (Obr. 16.) a východní část ČR (Obr. 17.).

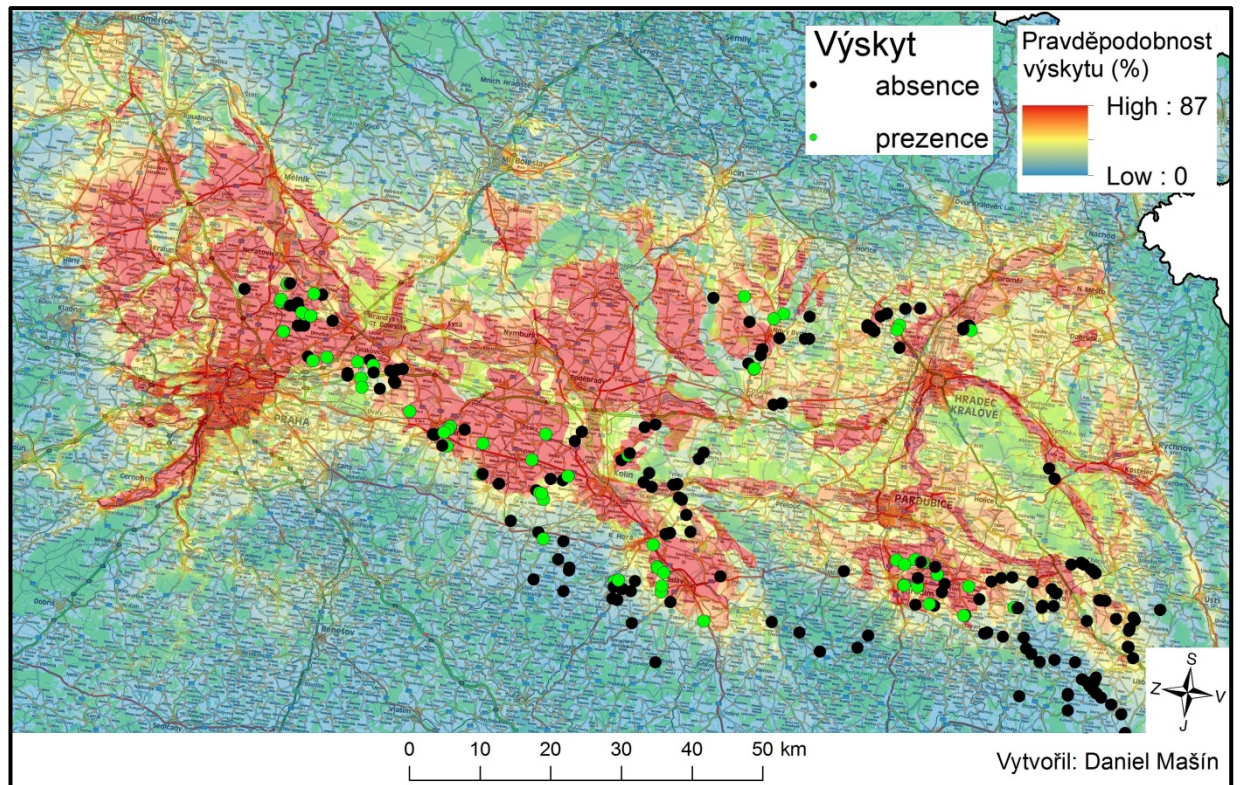
Pro přehlednost je popisována predikce křečka od východu k západu. Pravděpodobná prezenze v okolí města Velvary až po město Mělník, dále v severně od Prahy a okolí města Černošic (jižně od Prahy), v okolí řeky Labe většinou do vzdálenosti 1 km, téměř po celé délce. Dále se táhne pás prezenze k Českému Brodu, Kolínu, Kutné Hoře až po Čáslav; po pravém břehu řeky Labe u města Nymburk oblast do vzdálenosti 15 km východně a několik oblastí u Nového Bydžova. Možná prezenze je okolo města Jaroměř až po Hradec Králové a Pardubice, dále v okolí řeky Loučné, v úseku mezi Pardubicemi a Vysokým Mýtem, v blízkém okolí řeky Orlice a jejích přítoků, kde se predikovaná prezenze přerušuje. Popis pokračuje od jihu k severu. Roztroušená prezenze je predikována v okolí města Kyjov. Velká predikovaná prezenze je v širším okolí Brna, především jihozápadně. Dále se rozbíhá predikovaná prezenze do trojúhelníku ke Zlínu a Olomouci, severně nad Olomoucí do okolí Uničova. A jiná oblast se táhne přes Mohelnici až k Zábřehu. Samostatná predikovaná lokalita je v okolí řeky Odry v okolí Ostravy, Havířova a Karviné a dále pokračuje do Polska. Samostatná lokalita se předpokládá v nižších oblastech Rychlebských hor okolo města Javorník. Pouze dva body výskytu křečka jsou mimo predikční červené až žluté oblasti, všechny ostatní body se nacházejí uvnitř.



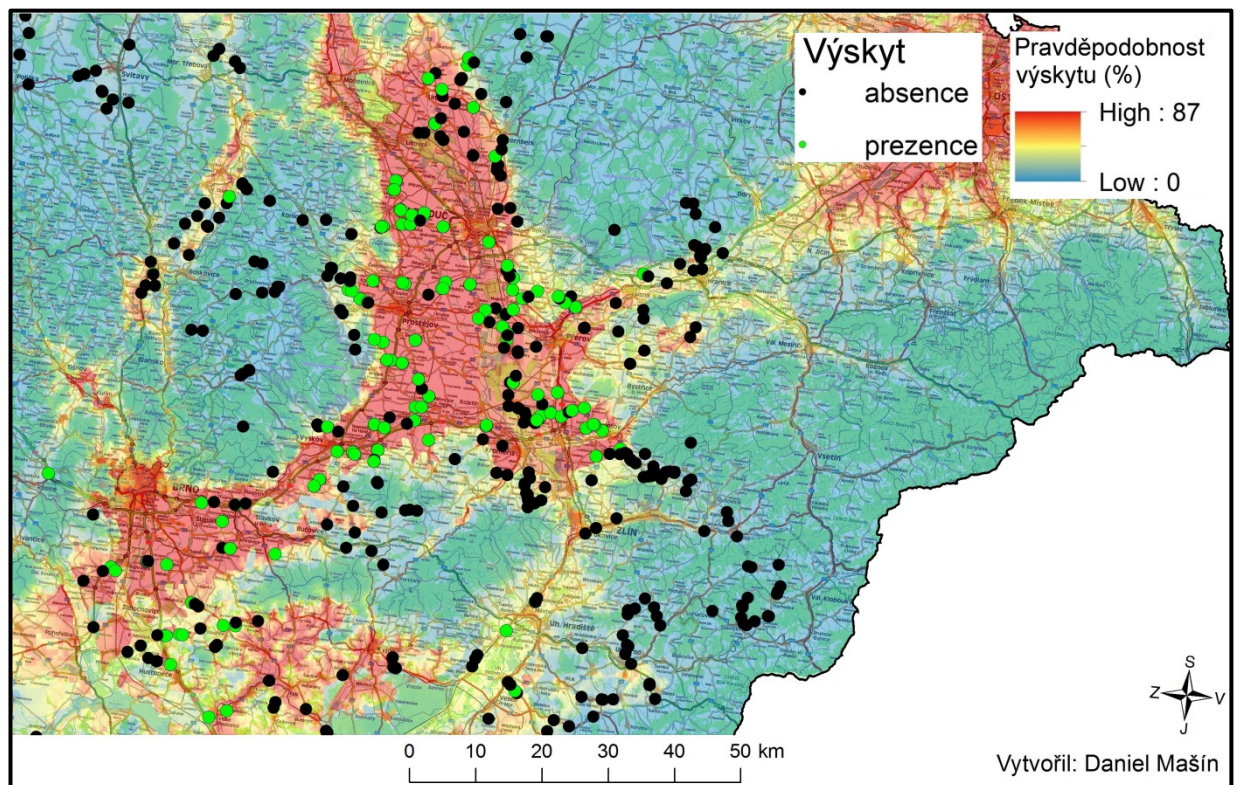
Obr. 14. Výsledný model pravděpodobnosti výskytu křečka polního v České republice.



Obr. 15. Výsledný model pravděpodobnosti výskytu křečka polního v České republice, jen na orné půdě a sloučené kategorii luk (sady, vinice, louky).



Obr. 16. Výsledný model pravděpodobnosti výskytu křečka polního v České republice, přiblížení na Polabí, v podkladu automapa (Geoportal.gov. 2010)



Obr. 17. Výsledný model pravděpodobnosti výskytu křečka polního v České republice, přiblížení na východní část ČR, v podkladu automapa (Geoportal.gov. 2010).

5. Diskuze

Početnost křečka v České republice klesá pravděpodobně nejrychleji ze všech euroasijských savců (Surov et al. 2016). Zjištění habitatových faktorů, které ovlivňují výskyt křečka, je potřebné zkoumat, jak kvůli zlepšení znalostí o křečkovi a tím i jeho ochraně, tak kvůli predikci rozšíření. Habitatové faktory velmi ovlivňují rozšíření křečka a tím i jeho predikční rozšíření. Je potřeba zohlednit nejen preference křečků na prostředí, ale i distribuce prostředí preferovaných křečkem. Patrné to je zejména na loukách, které se v dnešní krajině vyskytují především v okolí řek, kde jsou zaplavovány povodněmi a kde je vysoká podzemní voda. Nebo se louky naopak vyskytují na horách, kde se nachází mělká půda, což není pro křečka ani agrikultury vhodné. V obou případech nejsou tyto plochy dostatečně hospodářsky zajímavé a ani pro křečka nejsou vyhovující.

5.1 Habitatové preference

Distribuce druhu je ovlivňována vlivy mnoha abiotických faktorů, biotickými interakcemi i možností rozptylu (Franklin 2010). Nejvíce ovlivňuje prezenci druhu abiotické prostředí, i když je silná konkurence druhů (Godsoe et al. 2017). Je potřebné správně určit průměrné nároky populace křečků na faktory životního prostředí.

Jako nejvíce obsazený půdní typ vychází černozem (Obr. 10.), dále také hnědozem a fluvizem, ale ne v takové míře. Faktor půd obsahující spráše využili Reiners et al. (2011). V této práci byla použita sloučená kategorie půdních typů (černice a černozem). Které se zároveň nacházejí v ČR v nižších nadmořských výškách. Kvůli tomuto ovlivnění toto není úplně jednoznačný faktor, a proto je lepší používat pro hodnocení více faktorů. Predikční model v této práci příliš nadhodnotil faktor půd, nejpravděpodobněji proto, že všechny body kde byl zaznamenán výskyt křečka, byly především v typech půd černozem a černice a nikde jinde. Možná z tohoto důvodu není modelována predikce výskytu v jižních Čechách (AOPK 2013).

Další z limitujících faktorů jsou klimatické faktory. Jako signifikantní vyšly v prvním modelu (AIC = 643,111; RSquare = 0.2714) BIO 4 (teplotní sezónnost) a BIO 15 (sezónnost srážek). Je zřejmé, že maxima i minima teplot a srážek, ale i velikost tohoto rozmezí, značně ovlivňuje výskyt křečka. Srovnání klimatických charakteristik výskytu

v České republice s výskytem v Čechách (Vohralík a Melichar 2016), kde byla nalezena prezenze v teplé klimatické oblasti T2, vychází stejně. Ale přesto klimatické faktory nemohou jednoznačně určit vhodnost území pro výskyt křečka.

Závislost prezenze křečků na krajinném pokryvu – zemědělské orné půdě, a tím i na otevřené krajině, je 89,7 % z nálezových lokalit křečků. (Obr. 11.). Jako jeden z faktorů prostředí byl použit na predikci výskyt křečka v Německu (Reiners et al. 2011). Ve studii (*ibid.*) zjistili, že křečci preferují krajinný pokryv především zastoupený ornou půdou 64 až 84 % z celkové plochy, při co nejmenší svažitosti. Největší význam na výskyt mají klimatické faktory 63 % a složení krajinného pokryvu 24 % (*ibid.*). V Čechách křeček přežívá také v otevřené zemědělské krajině, v oblastech, které jsou velké nejméně desítky km² (Vohralík a Melichar 2016).

Při porovnání nadmořských výšek (Obr. 12.) prezenze a absence křečka s výzkumem Anděry (2011) a Vohralíka a Melichara (2016) vycházejí lokality pro skupiny (ano – prezenze / ne – absence) ve stejném rozmezí nadmořských výšek jako citovaným autorům. Z dat, která jsou uvedena, je 77,7 % z celkové prezenze nálezových lokalit křečků v rozmezí 300 až 400 m n. m., ale ve výzkumu prováděném v Čechách Vohralíkem a Melicharem (2016) vychází prezenze 80,7 % v rozmezí 160 až 300 m n. m. Další hodnocené faktory ŽP (sklonitost svahu a Topografický index vlhkosti – TMI) nebyli vhodné pro model, kvůli velkému množství nulových hodnot na lokalitách výskytu. Ale přes to rozšíření velkých ploch orné půdy na polích, kde je vyšší sklon svahu, kde tudíž probíhá vodní eroze, by mohlo souviset s úbytkem křečků.

5.2 Zhodnocení predikčního modelu a reálných nálezů

Výsledek modelu je pouze predikce, která se snaží zjednodušeně vysvětlit složitou realitu. Model nemusí být tak přesný, protože nemusely být správně vybrány všechny proměnné prostředí, které by mohly ovlivnit výskyt křečka, nebo mohly vzniknout z více intenzivního sběru v dostupnějších lokalitách, nebo ve vhodnějším časovém období. Proto část variability vždy zůstane nevysvětlena. Ve výsledném modelu se povedlo vysvětlit 27 % celkové variability (AIC = 643.111; RSquare = 0.2714). Na model predikční mapy bylo použito rozlišení 100 m/pixel, protože málo prostorově velkých buněk může navyšovat kvalitu modelu, ale také snižovat prostorové zkreslení. Nevýhodou je větší zobecnění modelu a nižší počet vstupních dat (Beck et al. 2012).

Při srovnání oblastí, které vyšly z predikčního modelu (Obr. 18.), s prezencí křečka polního v celé ČR (Anděra 2011), je výsledná predikovaná prezence menší. Křeček ustoupil především z vyšších nadmořských poloh do nížin kolem velkých toků. Ústup nemá jen regionální charakter, ale spíše středoevropský (Tkadlec et. al 2012). Stále více se fragmentuje dosavadní areál výskytu v České republice. To poukazuje na možnou fragmentaci dosud souvislého areálu a větší náchylnost menších populací k zániku. Tak jako polská populace ztratila kontakt fragmentací s německou na západě a běloruskou na východě (Ziomek a Banaszek 2007). Fragmentace způsobená pozemními komunikacemi způsobuje významnou část mortality křečka (Vohralík a Malichar 2016). Ale dostupnost lokalit ze silnic zároveň ovlivňuje také samotný sběr dat.

Z dosavadních údajů vyplývá, že během posledních 40 let došlo k výraznému zmenšení areálu výskytu křečka v ČR. Aktuální prezence křečka je podle dostupné literatury a nálezových lokalit zúžena na oblasti zemědělsky využívaných nížin, jako je to v oblasti úvalů na Moravě a v Čechách ve větší míře v oblasti Polabí (Tkadlec et al. 2012). Stojí za prozkoumání další možné lokality prezence. Pro grafickou přehlednost je znázorněna predikce výskytu křečka na mapě autoatlasu (Obr. 18.). Podle prediktivního modelu (Obr. 14. a 15.) by se křeček polní mohl nacházet v okolí řeky Orlice, dále i podél Divoké a Tiché Orlice. Přínosné by bylo prozkoumání výskytu i v oblasti Rychlebských hor v nižších polohách v okolí města Javorník. V okolí města Ostravy je také možná prezence, ale je zde větší míra antropogenních vlivů, které by nemusely být pro prezenci křečka vhodné. Přesto je výskyt možný, nejpravděpodobněji v městské zeleni, tak jako v Košicích ve Slovenské republice (Čanády 2013).

Pro zpřesnění modelu by bylo nejvhodnější získat i aktuální nálezová data z okolí Plzně, protože podle vytvořeného predikčního modelu nevyšly v této oblasti žádné lokality možného výskytu, i přesto, že v roce 2013 se zde křeček vyskytoval (AOPK 2013). Další možné zpřesnění by mohlo nastat při nálezech více bodů výskytu křečka mimo černoze a černice, protože model v této práci dal velkou váhu tomuto faktoru a ukazuje především predikční lokality jen na černozi a černici. Vhodným půdním typem pro výskyt křečka vycházejí hnědozemě, proto by to mohl být další predikční faktor.

5.3 Využití modelu distribuce křečka

Využití predikčního modelu distribuce křečka (Obr. 18.) by mohlo být přínosné při hledání nových lokalit výskytu a při ověřování a zjišťování preference křečka na různých stanovištích. Toto ověření lze dále využít pro zlepšení predikčního modelu distribuce křečka. Pro vytvoření správného modelu je nutné pracovat s kvalitními daty, zvolit vhodné rozlišení a zohlednit nepřesnosti v mapování. Pro vylepšení distribučního modelu by bylo zapotřebí zvětšení mapovací oblasti především v oblastech, kde je známý výskyt křečka, jako jsou České středohoří (Vohralík a Malichar 2016) a v okolí Plzně (AOPK 2013). Z dat o faktorech prostředí by bylo vhodné zohlednit typ plodiny na poli s výskytem křečka a intenzitu obhospodařování. Dalším kritériem pro výskyt křečka by mohla být orientace svahu ke světovým stranám, ale vzhledem k měřítku dat o svahové orientaci nelze sehnat dostačující data. Měřítko 100 m/pixel je pro tento faktor moc hrubé. Jako další faktory pro predikci by šly zařadit faktory množství a druhů predátorů křečků v dané oblasti a výška hladiny podzemní vody. Dále by bylo vhodné zjistit preferenci křečků v ČR na vzdálenosti od lesa, protože se předpokládá, že se zvyšující se vzdáleností od lesa křečků přibývá (Fisher a Wagner 2016). Tento výčet faktorů a případné další bych rád dále prozkoumal a výsledky použil v diplomové práci. Detailněji bych porovnal a použil v modelu distribuce křečka nové nálezy jak z Moravy, tak z Čech.

6. Literatura

- Anděra M. 2006. Metody monitoringu savců ČR, křeček polní (*Cricetus cricetus*). [online]. © AOPK ČR 2017. [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: http://portal.nature.cz/publik_syst/nd_nalez-public.php?idTaxon=34388
- Anděra M. 2011. Current distributional status of rodents in the Czech Republic (*Rodentia*). *Lynx*, n. s., 42: 5–82.
- Agentura ochrany přírody a krajiny ČR (AOPK). 2013. Hodnotící zprávy o stavu druhů z hlediska ochrany. © AOPK ČR 2017. [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: http://portal.nature.cz/publik_syst/nd_nalez-public.php?idTaxon=34388
- ARCDATA PRAHA, s.r.o. 2017. Digitální vektorová geografická databáze České republiky ArcČR® 500 [online]. [cit. 2016-09-11]. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500>
- Beck J, Ballesteros-Mejia L, Buchmann CM, Dengler J, Fritz S, Gruber B, Dormann CF, et al. 2012. What's on the horizon for macroecology? *Ecography*. 35(8):673–683.
- Copernicus Land Monitoring Service. 2016. CORINE (Coordination of information on the Environment). [online]. [cit. 2016-10-12]. Dostupné z: <http://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2012>
- Čanády A. 2013. New site of the European hamster (*Cricetus cricetus*) in the urban environment of Košice city (Slovakia). *Zoology and Ecology*, 23(1): 61–65.
- © Česká geologická služba (ČGS). 2017. Mapa půd ČR [online]. [cit. 2016-10-16]. Dostupné z: <http://micka.geology.cz/records/500e7063-e828-4e82-b533-91c80a010817?language=cze>

- Elith J, Graham C, NCEAS species distribution modeling group. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*. 29(2):129–151.
- Fischer C a Wagner C. 2016. Can agri-environmental schemes enhance non-target species? Effects of sown wildflower fields on the common hamster (*Cricetus cricetus*) at local and landscape scales. *Biological Conservation*. 194, 168–175.
- Franceschini-Zink C, Millesi E. 2008. Reproductive performance in female common hamsters. *Zoology* 111:76–83.
- Franklin J. 2010. Mapping species distributions: spatial inference and prediction. Cambridge. Cambridge University Press. 312.
- Foltánek M. 2014. Vliv UVB záření na distribuci vybraných druhů rostlin. Diplomová práce, Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého Olomouc, 49 s., v češtině.
- Geoportal.gov. 2010. [online]. CENIA automapy. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: http://geoportal.gov.cz/ArcGIS/services/CENIA/cenia_rt_automapy/MapServer/WMSServer?
- GISAT. 2007. SRTM DEM. Data poskytl a zpracoval © GISAT (2007). [online]. [cit. 2016-10-18]. Dostupné z: <http://www.gisat.cz/content/cz/produkty/data-ke-stazeni>
- Godsoe W, Franklin J, Blanchet FG. 2017. Effects of biotic interactions on modeled species' distribution can be masked by environmental gradients. *Ecology and Evolution*. 7(2): 654–664.
- Grulich I. 1973. Přemnožení křečka na východním Slovensku v r. 1971. *Vesmír* 52(11): 323–327.

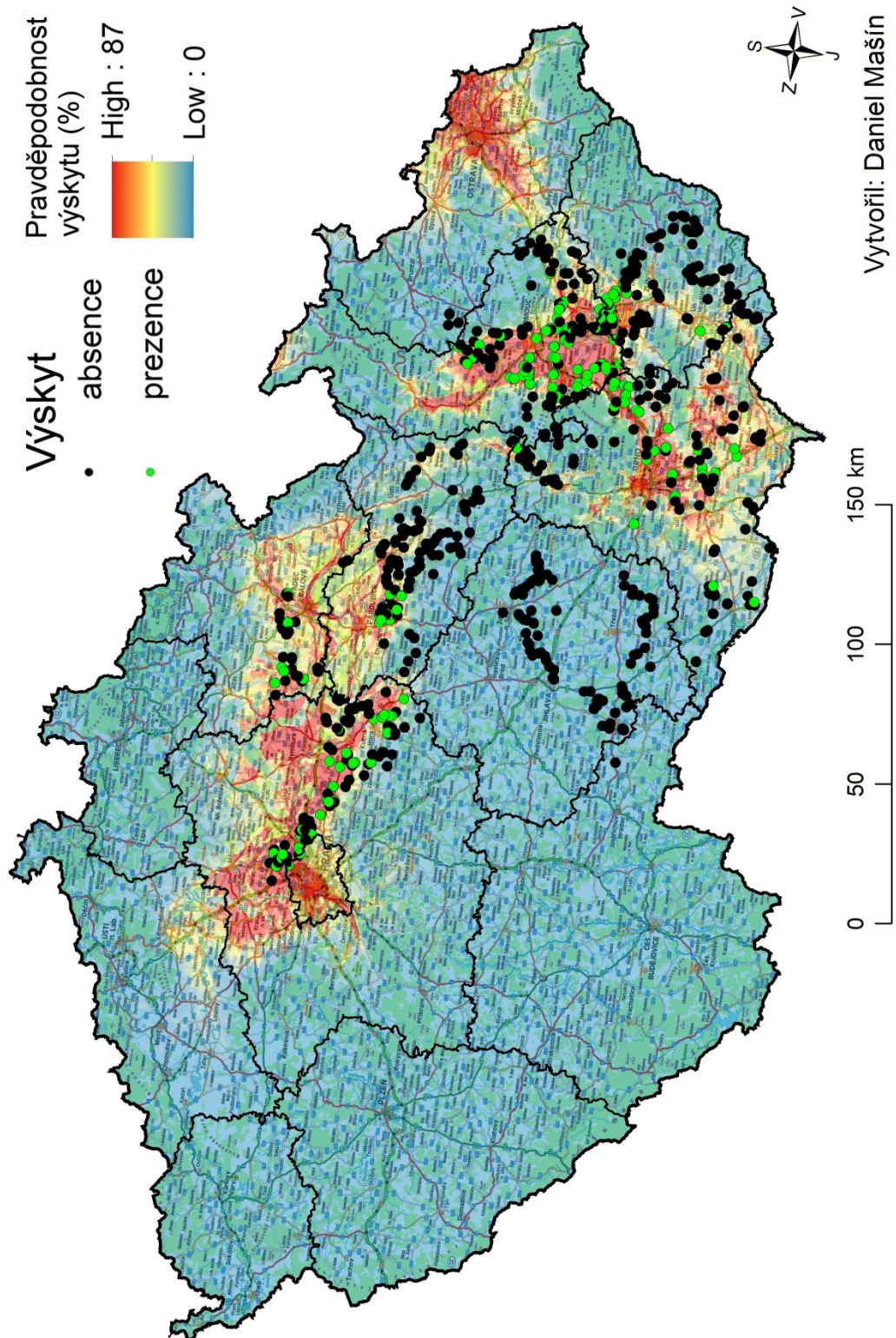
- Grulich I. 1975. Zum Verbreitungsgebiet der Art *Cricetus cricetus* in der Tschechoslowakei. - *Zoologické listy*, 24(3): 197–222
- Guisan A a Thuiller W. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology letters*. 8(9): 993–1009.
- Harpenslager SF, La Haye MJ, van Kats RJ, Müskens GJDM. 2009. Reproduction of the female common hamster (*Cricetus cricetus*) in Limburg, the Netherlands. In *Proceedings of the 16th and 17th Meeting of the International Hamster Workgroup* (pp. 131–138).
- Hebák P, Hustopecký J, pecáková I, Plašil M, Průša M, Řezanková H, Vlach P, Svobodová A. 2007. *Vícerozměrné statistické metody 3. přepracované vyd.* Praha: Informatorium. 271s. ISBN 978-80-7333-001-9
- Hegyeli Z, Kecskes A, Korbuz Z, Banaszek A. 2015. The distribution and genetic diversity of the common hamster *Cricetus cricetus* in Central and Western Romania. *Folia Zoologica*. 64(2): 173–183.
- Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG, Jarvis A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. 25(15):1965–1978.
- Kayser A, Weinhold U, Stubbe M. 2003. Mortality factors of the common hamster *Cricetus cricetus* at two sites in Germany. *Acta theriologica*, 48(1): 47–57.
- Kupfernagel C. 2007. *Populationsdynamik und Habitatnutzung des Feldhamsters (Cricetus cricetus) in Südost-Niedersachsen.* Technische Universität Carolo-Wilhelmina, Braunschweig. 115s.
- La Haye MJJ, Müskens GJDM., Van Kats RJM, Kuiters AT, Siepel H. 2010. Agri-environmental schemes for the Common hamster (*Cricetus cricetus*). Why is the Dutch project successful. *Aspects of Applied Biology*. 100: 1–8.

- La Haye MJJ, Swinnen KRR, Kuiters AT, Leirs H, Siepel H. 2014. Modelling population dynamics of the Common hamster (*Cricetus cricetus*): Timing of harvest as a critical aspect in the conservation of a highly endangered rodent. *Biological Conservation*. 180:53–61.
- Levin SA. 1992. The problem of pattern and scale in ecology: the Robert H. MacArthur award lecture. *Ecology*. 73(6): 1943–1967.
- Litschmannová M. 2011. Úvod do statistiky. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky. 379s.
- Mack RN. 1996. Predicting the identity and fate of plant invaders: emergent and emerging approaches. *Biological Conservation*. 78: 107–121.
- Moore ID, Grayson RB, Ladson AR. 1991. Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrological processes*. 5(1): 3–30.
- Neumann K, Michaux JR, Maak S, Jansman H, Kayser A, Mundt G, Gattermann R. 2005. Genetic spatial structure of European common hamsters – a result of repeated range expansion and demographic bottlenecks. *Mol. Ecol.* 14: 1473–1483.
- Pearson RG. 2010. Species' distribution modeling for conservation educators and practitioners. *Lessons in conservation*. 3: 54–89.
- Reiners TE, Gottschalk TK, Encarnação JA. 2011. "Potential versus realized distribution - Habitat suitability modeling for the Common hamster (*Cricetus cricetus*) in Hesse (Germany)" – *Säugetierkundliche Informationen* (8)42: 51–61.

- Scott JM, Heglund PJ, Haufler JB, Morrison M, Raphael MG, Wall WA, Samson FB. 2002. Predicting species occurrences. Issues of scale and accuracy. Island, Washington DC.
- Směrnice 92/43/EHS o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin, Příloha IV. – druhy živočichů a rostlin v zájmu Společenství, které vyžadují přísnou ochranu.
- Surov A, Banaszek A, Bogomolov P, Feoktistova N, Monecke S. 2016. Dramatic global decrease in the range and reproduction rate of the European hamster *Cricetus cricetus*. *Endang Species Research* 31:119–145.
- Tkadlec E, Heroldová M, Víšková V, Bednář M, Zejda J. 2012. Distribution of the common hamster in the Czech Republic after 2000: retreating to optimum lowland habitats. *Folia Zoologica*. 61(3/4): 246
- Vohralík V. 2011: Nové nálezy křečka polního (*Cricetus cricetus*) v České republice (Rodentia: *Cricetidae*). New records of *Cricetus cricetus* in Czech Republic (Rodentia: *Cricetidae*). Praha. *Lynx* (N.S.) 42: 189–196 p.
- Vohralík V a Anděra M. 1976. Rozšíření křečka polního *Cricetus cricetus* (L.) v Československu. *Lynx*. 13: 85–97.
- Vohralík V a Melichar V. 2016. Current distribution of *Cricetus cricetus* in Bohemia, Czech Republic (Rodentia: *Cricetidae*). *Lynx, series nova*, 47.
- Villemey A, Besnard A, Grandadam J, Eidenschenck J. 2013. Testing restocking methods for an endangered species: Effects of predator exclusion and vegetation cover on common hamster (*Cricetus cricetus*) survival and reproduction. *Biological conservation*. 158: 147–154.
- Vyhláška Ministerstva životního prostředí České republiky č. 395/1992 Sb. ze dne 11. června 1992, kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

- Ward DF. 2007. Modelling the potential geographic distribution of invasive ant species in New Zealand. *Biological Invasions*. 9(6): 723–735.
- Weinhold U. 1997. Der Feldhamster – ein schützenswerter Schädling. - *Natur u. Museum* 127 (12): 445–453.
- Weinhold U. 2008. Draft European action plan for the conservation of the common hamster (*Cricetus cricetus* L., 1758). In *Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats, Standing Committee. Council of Europe, Strasbourg, France*. pp. 1–36.
- Weinhold U a Kayser A. 2006. Der Feldhamster. *Die Neue Brehm–Bücherei* Bd. 625.
- Werth E. 1936. Der gegenwärtige Stand der Hamsterfrage in Deutschland. *Arb. biol. Reichsanstalt Land-u.*
- WorldClim, Global climate data, free climate data for ecological modelling and GIS. [online]. [cit. 2016-09-12]. Dostupné z: <http://www.worldclim.org/version1>
- Zbytovský P, Anděra M, Hanák V. 2004. Drobní savci jižní části Českomoravské vrchoviny (Insectivora, Chiroptera, Rodentia). *Lynx*, n. s., 35: 141–246.
- Ziomek J, Banaszek A. 2007: The common hamster, *Cricetus cricetus* in Poland: status and current range. *Folia Zool.* 56 (3): 235 – 242 p.

7. Přílohy



Obr. 1814 Výsledný model pravděpodobnosti výskytu křečka polního v České republice, v podkladu automapa (Geoportal.gov. 2010)

Tab. 4. Výsledky t–testu a Mann-Whitneyova testu na faktory prostředí, jen kontinuální proměnné.

	výskyt	popisná statistika				t-test			test mediánů Man - Whitney		
		počet	průměr	st. odchyl.	medián	t-test	p	shoda	Z-test	p	shoda
bio1	ano	180	8,603	2,99	86	15,7971	0,0000	ne	9,7450	0,0000	ne
	ne	646	8,008	7,72	81						
bio2	ano	180	8,977	1,78	90	6,9947	0,0000	ne	4,9702	0,0000	ne
	ne	646	8,553	3,01	89						
bio4	ano	180	7,162	100,2	716	6,5854	0,0000	ne	5,2277	0,0000	ne
	ne	646	7,102	135,34	711						
bio8	ano	180	1,748	4,047	175	13,9663	0,0000	ne	9,0257	0,0000	ne
	ne	646	1,683	9,118	169						
bio12	ano	180	571,8	35,18	180	-13,7031	0,0000	ne	-	0,0000	ne
	ne	646	617,99	53,83	608						
bio15	ano	180	42,58	1,93	43	9,6208	0,0000	ne	7,3683	0,0000	ne
	ne	646	40,83	2,84	41						
SRTM	ano	180	239,03	37,77	233	-17,9224	0,0000	ne	-9,8506	0,0000	ne
DEM	ne	646	347,72	136,52	306						
Sklonitost svahu	ano	180	1,441	1,213	1,11	-6,4066	0,0000	ne	-5,9546	0,0000	ne
	ne	646	2,153	1,639	1,74						
TMI	ano	180	3,482	3,254	3,73	1,6604	0,0972	ano	1,9831	0,0475	Ne
	ne	646	3,038	3,146	3,08						