

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: 4106R007 Pozemkové úpravy a převody nemovitostí

Katedra: Biologických disciplín

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Ing. Josef Rajchard, Ph.D.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Prostorová analýza rozšíření bolševníku velkolepého  
(*Heracleum mantegazzianum*) ve vybrané oblasti Karlovarska

Vedoucí bakalářské práce: doc. RNDr. Josef Navrátil, Ph.D.

Autor: Jakub Orel

České Budějovice, 2017

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jakub OREL**  
Osobní číslo: **Z14067**  
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**  
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**  
Název tématu: **Prostorová analýza rozšíření bolševníku velkolepého  
(*Heracleum mantegazzianum*) ve vybrané oblasti Karlovarska**  
Zadávací katedra: **Katedra biologických disciplin**

**Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :**

Cílem bakalářské práce je posouzení prostorových souvislostí rozšíření bolševníku velkolepého (*Heracleum mantegazzianum*) ve vybrané oblasti Karlovarska. Práce bude zahrnovat především:

1. Rešeršní zpracování problematiky invazivních rostlin.
2. Rešeršní zpracování biologie, ekologie a rozšíření bolševníku velkolepého.
3. Rešeršní zpracování možností využití GIS při sledování invazivních rostlin.
4. Geografický přehled vybraného oblasti.
5. Analýza prostorových souvislostí rozšíření bolševníku velkolepého ve vybrané oblasti.

Rozsah grafických prací: 10  
Rozsah pracovní zprávy: 30  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

Perglová I., J. Pergl, P. Pyšek & L. Moravcová .2007. Bolševník velkolepý - mýty a fakta o ekologii invazního druhu. Živa 4/2007: 153-157.

Pyšek P., Danihelka J., Sádlo J., Chrtek J. Jr., Chytrý M., Jarošík V., Kaplan Z., Krahulec F., Moravcová L., Pergl J., Štajerová K. & Tichý L. 2012. Catalogue of alien plants of the Czech Republic (2nd edition): checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns. Preslia, 84: 155-255.

Pyšek P., Chytrý M., Pergl J., Sádlo J. & Wild J. 2012. Plant invasions in the Czech Republic: current state, introduction dynamics, invasive species and invaded habitats. Preslia, 84: 576-630.


Pyšek, P. & Prach, K. 1997. Invazní rostliny v české flóře. Zprávy Čes. Bot. Společ., Mater. 14. 138 pp.

Pyšek P. & Tichý, L. 2001. Rostlinné invaze. Rezekvítek, Brno, 40 pp.

Vedoucí bakalářské práce: doc. RNDr. Josef Navrátil, Ph.D.  
Katedra biologických disciplin


Datum zadání bakalářské práce: 18. února 2016

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2017

  
prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA   
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 1668, 270 08 České Budějovice

L.S.

  
doc. RNDr. Ing. Josef Rajchard, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 15. března 2016

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích 21. 04. 2017

.....

Jakub Orel



## Poděkování:

Tímto bych zde rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. RNDr. Josefovi Navrátilovi, Ph.D. za podněty a cenné rady při tvorbě této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval rodině, přítelkyni a nejbližším za duševní podporu.

## Abstrakt

Bolševník velkolepý patří svým vzrůstem mezi největší rostliny v Evropě. Jedná se o nepůvodní druh pocházející ze Západního Kavkazu, který se úspěšně introdukoval nejen v České republice. Invazivní růst této rostliny ohrožuje variabilitu původního ekosystému a jeho likvidace představuje finanční zátěž. Nejvíce postiženou oblastí České republiky je Karlovarský kraj. V mé bakalářské práci se zabývám prostorovou analýzou výskytu bolševníku ve vybraných částech Karlovarska v závislosti na nadmořské výšce a krajinném pokryvu. Kombinace poznatků o prostorovém rozšíření druhu na základě analýzy v geografickém informačním systému se znalostmi ekologie druhu může představovat účinný nástroj managementu bolševníku a jiných invazivních rostlin.

Klíčová slova: Bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum*), invazní druh, prostorová analýza, geografický informační systém, Karlovarsko.

## Abstract

Based on its size giant hogweed belongs to the group of the biggest European herbs. It is non-indigenous plant species which can be originally found in the Western Caucasus. Successful introduction of hogweed has occurred not only in the Czech Republic. Currently its invasive growth poses a threat to the variability of native ecosystems. Moreover liquidation of the plant comprises considerable financial losses. The most affected area of the Czech Republic is the region of Karlovarsko. In my bachelor's thesis I am dealing with spatial analysis of distribution of giant hogweed depending on sea level and landscape cover in selected area of Karlovarsko region. Spatial analysis in geographic information system in combination with knowledge on species ecology might represent effective tool for management of both giant hogweed and other invasive plants.

Key words: Giant Hogweed (*Heracleum mantegazzianum*), invasive species, spatial analysis, geographic information system, Karlovarsko region.

## Cíle práce

Cílem bakalářské práce je posouzení prostorových souvislostí rozšíření bolševníku velkolepého (*Heracleum mantegazzianum*) ve vybrané oblasti Karlovarska. Práce bude zahrnovat především:

1. Rešeršní zpracování problematiky invazivních rostlin.
2. Rešeršní zpracování biologie, ekologie a rozšíření bolševníku velkolepého.
3. Rešeršní zpracování možností využití GIS při sledování invazivních rostlin.
4. Geografický přehled vybraného oblasti.
5. Analýzu prostorových souvislostí rozšíření bolševníku velkolepého ve vybrané oblasti.

## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>LITERÁRNÍ REŠERŠE</b> .....	<b>12</b>
2.1	ÚVOD DO PROBLEMATIKY INVAZNÍCH DRUHŮ ROSTLIN .....	12
2.1.1	<i>Definice pojmů invazní ekologie</i> .....	12
2.1.2	<i>Negativní vliv invazních druhů rostlin</i> .....	13
2.1.3	<i>Invaze v české flóře</i> .....	15
2.2	ROD BOLŠEVNÍK ( <i>HERACLEUM</i> ).....	16
2.3	BOLŠEVNÍK VELKOLEPÝ ( <i>HERACLEUM MANTEGAZZIANUM</i> ) .....	16
2.3.1	<i>Původní areál výskytu</i> .....	17
2.3.2	<i>Historie invaze ve světě a zeměpisné rozšíření</i> .....	18
2.3.3	<i>Invaze a rozšíření v ČR</i> .....	18
2.3.4	<i>Morfologie</i> .....	19
2.3.5	<i>Biologie a ekologie</i> .....	20
2.3.6	<i>Šíření semen</i> .....	22
2.3.7	<i>Negativní vlivy bolševníku velkolepého</i> .....	22
2.3.8	<i>Způsoby omezení výskytu</i> .....	25
2.4	MAPOVÁNÍ INVAZNÍCH ROSTLIN .....	30
2.4.1	<i>Metody pozemní</i> .....	30
2.4.2	<i>Metody dálkového průzkumu Země</i> .....	31
2.5	CHARAKTERISTIKA MODELOVÉHO ÚZEMÍ.....	32
2.5.1	<i>Geografické vymezení území</i> .....	32
2.5.2	<i>Geomorfologie území</i> .....	33
2.5.3	<i>Geologie a hydrogeologie území</i> .....	35
2.5.4	<i>Pedologická charakteristika</i> .....	37
2.5.5	<i>Klimatické poměry</i> .....	38
2.5.6	<i>Hydrologické poměry</i> .....	40
<b>3</b>	<b>METODIKA</b> .....	<b>42</b>
3.1	METODIKA SBĚRU DAT .....	42
3.1.1	<i>Metodika zpracování dat</i> .....	45
<b>4</b>	<b>VÝSLEDKY</b> .....	<b>52</b>
4.1	VLIV NADMOŘSKÉ VÝŠKY NA ROZŠÍŘENÍ DRUHU .....	55
4.2	VLIV KRAJINNÉHO POKRYVU ÚZEMÍ NA ROZŠÍŘENÍ DRUHU .....	56
4.3	VZTAH ROZŠÍŘENÍ DRUHU VŮČI LINIOVÝM PRVKŮM .....	58
<b>5</b>	<b>DISKUZE</b> .....	<b>59</b>

<b>6</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>61</b>
<b>7</b>	<b>CITOVANÁ LITERATURA .....</b>	<b>63</b>

# 1 Úvod

Bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum*) je monokarpická rostlina z čeledi miříkovitých (*Apiaceae*), jejímž přirozeným areálem výskytu je oblast Západního Kavkazu. Především pro svoji impozantnost se bolševník rozšířil za pomoci lidské činnosti po značné části Evropy, Severní Ameriky a Nového Zélandu. Introdukce na území České republiky započala v druhé polovině 19. století a vedla k úspěšnému rozmnožení jednotlivců ve větší, exponenciálně šířící se populaci, vytvářející monokulturní stanoviště. Nejvyšší koncentraci výskytu této invazivní rostliny můžeme v dnešní době zaznamenat v Karlovarském kraji.

Svým rychlým růstem brzy na jaře, mohutným vzrůstem a masivní produkcí semen tato rostlina významně pozměňuje krajinný ráz a narušuje biodiverzitu přirozených stanovišť. Vysoký konkurenční tlak této rostliny může vygradovat až k úplnému vyhubení některých, často vzácných rostlinných druhů. Přítomnost bolševníku zhoršuje propustnost krajiny, snižuje výnosy v zemědělské krajině, a tudíž zapříčiňuje ekonomické ztráty. Husté, dominantní porosty na březích toků, které na podzim ustupují a zanechávají tak nechráněnou půdu vedou k erozi. Rozsah porostu musí být systematicky mapován pro úspěšnou likvidaci, která je též finanční zátěží. Kromě zmíněných rizik, může rostlina ohrozit i člověka, zejména neznalé osoby a děti, které si nejsou vědomi nebezpečí při kontaktu s rostlinou. Fotosenzitivní silice bolševníku mohou vážně poranit kůži jedince.

V rešeršní části mé bakalářské práce se postupně zaměřím na vymezení pojmů invazivní ekologie, zmíním hlavní negativní vlivy invazivních druhů rostlin a uvedu stav české flóry vzhledem k nepůvodním rostlinám. Nejpodstatnější část rešerše bude zaměřena na Bolševník velkolepý. Zmíním zde historii jeho rozšíření u nás i ve světě, popíši jeho základní morfologické znaky a přiblížím jeho způsob rozmnožování a šíření semen. Dále zhodnotím jeho negativní vliv na biodiverzitu, zemědělství a lidské zdraví. Představím základní metody vedoucí k jeho potlačení a zmíním se o možnostech mapování nejen tohoto druhu. Na konci rešeršní části charakterizují vybrané území v Karlovarském kraji. V rámci tohoto území pak v praktické části vyhodnotím nasbíraná terénní data o výskytu bolševníku velkolepého za použití geografického informačního systému.

Cílem hodnocení těchto dat bude stanovit souvislosti mezi rozšířením druhu a nadmořskou výškou, krajinným pokryvem či liniovými prvky. Zjištění prostorových vztahů invazního druhu není o nic méně důležité než znalost druhů po stránce ekologické. Kombinace těchto informací a geografických informačních systémů může výrazně pomoci při boji s již rozšířeným invazním druhem, nebo jeho invazi na základě predikce úplně předejít.

## 2 Literární rešerše

### 2.1 Úvod do problematiky invazních druhů rostlin

#### 2.1.1 Definice pojmů invazní ekologie

##### **Původní druh**

Rostliny vyskytující se v určitém prostředí je možné rozdělit podle kritérií na původní a nepůvodní. Původní druh je charakteristický tím, že se v daném prostředí vyvinul na základě evoluce nebo se z místa svého přirozeného výskytu rozšířil přirozeně, tedy pomocí živočichů, větru nebo vody, nikoliv však za přispění člověka (Machar a Drobilová, 2012).

##### **Nepůvodní druh**

Nepůvodní druhy rostlin, v překladu z anglické literatury označované též jako exotické, zavlečené nebo vetřelecké, jsou druhy, jejichž výskyt v daném prostředí jde na vrub člověku, který je na nové území svým ať už úmyslným či neúmyslným konáním dostal. Nepůvodní druh je také ten, který se do nového prostředí samovolně rozšířil z místa, kam byl původně zavlečen. Druh se může stát nepůvodním pro jakkoliv definovatelné území, jako například kontinent či ostrov. Mezi lidskou činností, která může způsobit geografické rozšíření druhu, se neuvažuje globální oteplování, kyselá dešť, narušení biotopu a podobné (Pyšek a kol., 2004).

##### **Přechodně zavlečený druh**

Přechodně zavlečené druhy, v některé literatuře též označované jako adventivní druhy, jsou ty druhy rostlin, které se v novém prostředí dokáží příležitostně rozmnožit, avšak nedokáží vytvořit soběstačnou populaci. Jejich existence je tedy stále závislá na opakované podpoře člověkem (Richardson a kol., 2000).

##### **Zdomácnělý druh**

Často také označován jako naturalizovaný druh, je nepůvodní druh rostlin, který se v daném prostředí dokáže samovolně množit a růst, aniž by byl v jakémkoliv směru podporován člověkem (Pyšek a kol., 2004).



## **Invazní druh**

Z některých zdomácnělých druhů rostlin mohou vzniknout druhy invazní. Za invazní druh se dá označit takový, který je schopný v novém prostředí plodit značné množství potomků, kteří se z místa původního zavlečení dokážou rozšířit za méně než 50 let na vzdálenost větší, než je 100 metrů. To platí pro rostliny, které se primárně rozmnožují pomocí semen. U rostlin šířících se vegetativně, tedy pomocí kořenů, stonků, či rhizomů je tato vzdálenost přibližně 6 metrů během 3 let (Pyšek a kol., 2004).

## **Archeofyt a neofyt**

Nepůvodní druhy rostlin je možné rozdělit také z hlediska období jejich introdukce. Archeofyty jsou ty druhy rostlin, které byly zavlečeny do roku 1500. Tento předěl má souvislost s objevením Ameriky a s počátkem celosvětového obchodu, kdy se velké množství druhů začalo do Evropy dovážet. Mezi archeofyty patří nejčastěji druhy spjaté se zemědělskou krajinou jako užitkové rostliny a plevely polních kultur. Neofyty jsou druhy rostlin, které byly introdukovány po roce 1500 a obecně se jedná spíše o druhy okrasné a ruderální (Pyšek, 1995; Křivánek, 2006).

### **2.1.2 Negativní vliv invazních druhů rostlin**

Během posledního půl století se míra zavlékání nepůvodních druhů a nebezpečí s tím spojené rapidně zvýšily. Růst lidské populace, intenzivní stěhování lidí a změny krajiny se ukázaly být podstatnými příčinami. Jelikož se na mezinárodní úrovni obchoduje více než kdykoliv před tím, můžeme zaznamenat i narůstající pravděpodobnost neúmyslné introdukce (Westbrooks, 1998).

Přestože mnoho rozvojových subtropických a tropických zemí je na zavlečených, často také velmi invazivních druzích rostlin ekonomicky závislá a jejich záporný vliv je tedy upozaděn, v našich zeměpisných šířkách však negativní ekonomické, biologické a jiné důsledky zásadně převažují (Pyšek a Krahulec, 2001).

Při stanovení ekonomických následků způsobených invazními druhy se nejčastěji vyjadřují náklady na pokrytí škod jimi způsobenými a náklady na jejich kontrolu. Náklady na pokrytí škod způsobených invazními druhy jsou běžnou nákladovou položkou v zemědělství, lesnictví a rybářství (Kettunen a kol., 2009). Přesné vyjádření ekonomických ztrát je ale díky různým metodologickým postupům velice složité (Marková a Hejda, 2011).

Ve Spojených státech amerických je odhadovaná každoroční škoda na výnosech u zemědělských plodin a píče spojená s nepůvodními druhy vyčíslena na přibližně 30 miliard USD. K tomu vynakládají dalších 5 miliard USD na kontrolu invazních rostlin na pastvinách. Ve velké Británii jsou tyto roční škody odhadovány na 1,4 miliardy USD a v Austrálii pak téměř 2,5 miliardy USD, v Jižní Africe 1,5 miliardy USD, v Indii až okolo 38 miliard USD a v Brazílii způsobují introdukované druhy rostlin ztráty v hodnotě 17 miliard USD (Pimentel a kol., 2001).

V rámci Evropské unie jsou škody způsobené suchozemskými invazními druhy rostlin odhadovány na přibližně 3,7 miliardy EUR ročně. Z této sumy nejvíce zaujímá škoda způsobená rodem křídlatka (*Reynoutria*) a to 2,3 miliardy EUR za rok. Dalšími invazními druhy s vysokým ekonomickým dopadem je ambrosie peřenolistá (*Ambrosia artemisiifolia*) způsobující roční škodu přibližně 39 milionů EUR a bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum*) 23 milionů EUR (Kettunen a kol., 2009).

Invazní rostliny nemusí způsobovat ekonomické škody pouze ve spojení se ztrátou výnosů v zemědělství, ale mohou také prohlubovat katastrofické následky povodní. Příkladem takových rostlin mohou být zástupci z rodu Křídlatka (*Reynoutria*). Tyto rostliny svými mohutnými oddenky vytlačují břehovou vegetaci a tím způsobují erozi břehů. Tím dochází k zanášení toků a zmenšování objemů koryt, což může mít za následek vyběžení vody při vyšších průtocích (Křivánek, 2004).

Vyčíslování ekonomických nákladů spojených se škodami a vynaloženými finančními prostředky na kontrolu invazních druhů je bezesporu užitečný přístup, jak vyjádřit jejich negativní vliv, a to velice jednoduše uchopitelným prostředkem jako je měna. Tento způsob vyjádření jejich dopadu však nepopisuje veškeré negativní aspekty, mezi které patří například vliv na původní ekosystémy a populace (Parker a kol., 1999).

Podstatné množství druhů, kterým hrozí vyhynutí, je ohroženo především kompeticí s nepůvodními druhy. Wilcove a kol. (1998) uvádí, že 57 % z celkových 1055 druhů, které jsou v Americe zařazeny na červený seznam, je ohroženo zavlečenými druhy. Mnoho jiných druhů po celém světě, i těch, které nejsou primárně ohroženy, jsou negativně ovlivněny nepůvodními druhy nebo změnami ekosystému jimi způsobených (Pimentel a kol., 2000).

U invazních druhů s vysokou četností se dá předpokládat, že jejich přítomnost v prostředí způsobí snížení biologické rozmanitosti. Glowka a kol. (1994) zmiňují invaze jako druhé největší ohrožení pro biodiverzitu hned po přímé likvidaci stanoviště. Jedním z příkladů snížené biodiverzity může být i invaze citlivky (*Mimosa pigra*), keře z čeledi bobovitých v severní Austrálii, který zde přeměnil tisíce hektarů mokřadů na neprostupná křoviska. Důsledkem toho je i úbytek původní fauny a flóry (Lonsdale a Braithwaite, 1988).

Dalším negativním dopadem je genetické ovlivnění původních druhů, pokud jsou invazní druhy jejich blízkými příbuznými. V tom případě může dojít k jejich vzájemnému křížení, které může mít několik možných důsledků. Jedním z nich je vznik nového, více invazního druhu. Takový příklad uvádí Thompson (1991), kdy se severoamerická travina *Spartina alterniflora* zkřížila s evropskou *Spartina maritima* a dala vzniknout novému polyploidnímu druhu *S. anglica*, který je ve Velké Británii invazivnější než její původní severoamerická forma. Nepůvodní druhy rostlin mohou podle Rhymera a kol. (1996) vést také k zániku přirozeně se vyskytujících rostlin vzájemným křížením a vnesením a zabudováním genů nepůvodních rostlin do genomu těch původních. Toto je zvláště problematické u vzácných endemitických druhů, které přijdou do styku s nepůvodními, více zastoupenými druhy.

Invazní druhy rostlin mohou mít za následek i negativní dopady na lidské zdraví. Vysoce invazní ambrosie způsobuje v invadovaných oblastech silné obtíže alergikům. Její pyl je silně alergenní a negativně na něj reaguje až 80 % alergiků (Laaidi a kol., 2003).

### 2.1.3 Invaze v české flóře

Česká republika vykazuje několik historických a geografických vlastností, které ji činí náchylnou k rostlinným invazím. Takovou vlastností je například existence mnoha přírodních nebo člověkem vytvořených migračních tras umožňujících kolonizaci, také dlouho přetrvávající lidský vliv, který ještě více umocnil přirozenou různorodost krajinné mozaiky, nebo samotná poloha ve Střední Evropě na křižovatce kontinentu (Pyšek a Prach, 2003; Pyšek a kol., 2012). Nepůvodní flóra ČR zahrnuje 1454 taxonů, což je 33,1 % z celkové flóry. Z celkového počtu nepůvodních taxonů je 350 (24,1 %) archeofytů a 1104 (75,9 %) neofytů.

Ze 1454 nepůvodních taxonů je jich 985 (67,7 %) klasifikovaných jako přechodně zavlečených, 408 jako naturalizovaných a 61 jako invazních. Z celkového počtu archeofytů, které se vyskytují na našem území je 39,4 % přechodně zavlečených, 57,4 % naturalizovaných a 4,1 % invazních. U neofytů převládají přechodně zavlečené druhy (76,7 %), naturalizovaných je 18,8 % a invazních pak 4,5 %.

Nepůvodní druhy přibývají v květeně České republiky stálým tempem. Více než polovina taxonů (51,4 %) bylo zavlečeno prostřednictvím kultury, zbývajících 48,6 % pak neúmyslně. Archeofyty jsou obecně v krajině hojnější než neofyty a obsazují širší spektrum stanovišť. Neofyty naopak dosahují v průměru větší pokryvnosti v invadovaných společenstvech. Nejvíce nepůvodních druhů pochází ze středomoří (616) a Evropy (345) (Pyšek a kol., 2012).

## 2.2 Rod bolševník (*Heracleum*)

Rod *Heracleum* patřící do čeledi miříkovitých (*Apiaceae*) obsahuje přibližně 70 druhů, které jsou rozšířeny v mírném pásu Asie, Evropy, Afriky a Severní Ameriky. Nejpočetnější druhové zastoupení rodu *Heracleum* se nachází v Číně a Kavkazu (Fading a Watson, 2005).

Několik velkých druhů z rodu bolševníku bylo pěstováno jako okrasné květiny mimo areál jejich přirozeného výskytu. Trojice druhů, které dorůstají výšky 4 až 5 m a patří tak mezi největší evropské byliny, v anglickém jazyce označované také jako „giant“ (obří) nebo „tall“ (vysoké), se staly v Evropě invazní. Konkrétně jde o tyto druhy: *Heracleum mantegazzianum* (Sommier et Levier, 1895), *Heracleum sosnowkyi* (Manden, 1944) a *Heracleum persicum* (Desf ex Fish), (Nielsen a kol., 2005).

## 2.3 Bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum*)

Bolševník velkolepý je skutečně přiléhavé jméno pro rostlinu tak obrovských rozměrů (obr. č. 1). Obdobná jména vyjadřující velikost má i v jiných jazycích. Stejně tak latinský název, *Heracleum mantegazzianum*, odkazuje na legendárního řeckého reka Herakla. Zřejmě však nikoli kvůli jeho velikosti a síle, spojení je údajně dáno faktem, že Herakles objevil léčebný potenciál u některých jiných zástupců tohoto rodu (Nentwig, 2014).



Obr. č. 1: Habitus bolševníku velkolepého (*Heracleum mantegazzianum*) (Orel, 2014).

### 2.3.1 Původní areál výskytu

Bolševník velkolepý je původním druhem západního Kavkazu. Západní Kavkaz je nejzápadnější konec Kavkazského horského systému nacházející se 50 km severovýchodně od Černého moře a ležící na území Ruské federace. Jako jedno z mála pohoří v Evropě není významně poznamenáno člověkem. Alpínské a subalpínské louky jsou zde spásány pouze divokou zvěří (UNESCO, 2017).

Popisovaný druh je možné v jeho domovině nalézt na rozličných stanovištích v rozsahu od 50 do 2000 m nad mořem. V nižších polohách je součástí nitrofilní vysoko bylinné vegetace a vyskytuje se jak v lužních lesích, tak na opuštěných polích. Pokud se jedná o stanoviště ovlivněné zemědělským hospodařením, bolševník velkolepý i zde tvoří husté porosty podobné těm, které můžeme nalézt u nás. Ve vyšších nadmořských polohách se bolševník vyskytuje na subalpínských druhově bohatých loukách až nad horní hranici lesa, kde jsou jeho porosty obvykle rozvolněné, s pokryvností do 25 %. Bolševník se zde nechová jako dominantní druh (Otte a kol., 2007; Perglová a kol., 2007).

### 2.3.2 Historie invaze ve světě a zeměpisné rozšíření

Nejstarší záznam hovořící o bolševníku velkolepém mimo jeho přirozený areál pochází z roku 1817 z botanické zahrady Kew v Londýně. Po 10 letech byl již v Anglii zaznamenán jako zplanělý. Nedlouho poté se začal rychle šířit napříč Evropou. Dave a White (1979) uvádějí, že první výskyt bolševníku velkolepého v Kanadě je datován k roku 1944 na jihozápadu Britské Kolumbie.

Převažujícím mechanismem zavlékání bolševníku velkolepého do většiny západních a severních zemí Evropy bylo jeho pěstování jako rostlinné kuriozity v botanických zámeckých zahradách. Takto se šířil po zbytek 19. století do doby, než bylo poukázáno na jeho nebezpečnost (Nielsen a kol., 2005).

V dnešní době je bolševník rozšířen v Evropě kromě České republiky také v Rakousku, Belgii, Dánsku, Estonsku, Finsku, Francii, Gruzii, Německu, Maďarsku, Islandu, Itálii, Lichtenštejnsku, Holandsku, Norsku, Polsku, Rusku, Slovensku, Švédsku, Švýcarsku a Velké Británii. Dále se vyskytuje v Kanadě, Spojených státech amerických a na Novém Zélandu (EPPO, 2009).

### 2.3.3 Invaze a rozšíření v ČR

První zmínky o bolševníku velkolepém na našem území pocházejí z roku 1862, kdy byl jako dekorativní rostlina vysazen v zahradě lázeňského města Kynžvart ve Slavkovském lese. O 15 let později byl zdokumentován výskyt tohoto druhu ve volné přírodě (Holub, 1997).

Proces invaze bolševníku velkolepého se u nás dá rozdělit do 3 období. V prvním období, které trvalo přibližně 80 let, bylo šíření bolševníku způsobeno pouze lidskou činností. Exotický vzhled bolševníku vedl ke vzrůstající oblibě mezi zahrádkáři, což zapříčinilo jeho rozšíření. Místa, na kterých se bolševník vyskytoval, v této době, sloužila jako nezávislá ohniska, z kterých se následně mohl šířit. Následovala zhruba 30letá fáze v období druhé světové války, během které se začal šířit podél větších řek a úspěšně osídloval výše položené a chladnější oblasti. Poslední fáze charakterizuje období 70. let minulého století jako počátek exponenciálního šíření, kdy bolševník rozšiřoval své zastoupení napříč krajinou již nezávisle na nadmořské výšce. Míra, kterou se druh rozšiřoval, nebyla ovlivněná tím, zda se jednalo o člověkem výrazně narušená stanoviště, nebo stanoviště s polopřirozenou vegetací (Pyšek, 1994).

Druh je v dnešní době nerovnoměrně rozšířený na většině území České republiky. Nejhojněji se vyskytuje ve Slavkovském lese. V západních Čechách se nachází nejvyšší počet lokalit s rozsáhlými porosty. V ostatních částech země vytváří převážně malá a ojedinělá stanoviště. Jeho intenzita výskytu klesá od západu na východ (Holub, 1997; Pyšek, 1991).

#### 2.3.4 Morfologie

Bolševník velkolepý je statná rostlina dosahující výšky od 2 do 5 metrů během kvetení. Jeho podzemní část tvoří hlavní kulovitý kořen dorůstající od 45 do 60 cm, zpočátku rovný. S postupujícím věkem se dělí a tloustne. Starší rostliny vytvářejí pevnou lodyhu s průměrem ve spodní části až 10 cm, je dutá a na povrchu žebernatě perforovaná. Lodyha a spodní části řapíků jsou hustě pokryty nafialovělými skvrnami a chlupy s dutým průřezem (Tiley a kol., 1996).

Listy bolševníku velkolepého jsou střídavé, a především přízemní dorůstají značných rozměrů až 2,5 m. Listová čepel je složená z trojčetných až pětičetných částí, které jsou hluboce laločnaté, nepravidelně zubaté. Ve spodu jsou listy ochlupené a z vrchu lysé. Spodní listy jsou krátce řapíkaté, u horních listů je řapík kratší až neznatelný (Nicholas a kol., 2005).

Květenstvím jsou složené okolíky, které jsou podle umístění děleny na několik řádů. Primární okolík, někdy také nazývaný jako terminální, je okolík, který se vyvine z hlavní olistěné lodyhy. Tento okolík je tím největším, který se na rostlině nachází a podle Tileyho a kol. (1996) může mít v průměru až 80 cm. Druhotné okolíky vyrůstají z bočních větví hlavní lodyhy a dokola obklopují hlavní okolík. Z tohoto důvodu jsou nazývány také jako satelitní. Terciální okolíky vyrůstají na nižších bočních větvích lodyhy. V případě silného jedince nacházejícího se v příhodných podmínkách mohou být přítomny také okolíky nesené větvemi přímo z báze lodyhy v úrovni země (Perglová a kol., 2006).

Okolíky se skládají z několika desítek okoličků (obr. č. 2). Jejich počet závisí na velikosti okolíku. Okoličky jsou tvořené z velkého množství malých, blízko u sebe rostoucích květů (Perglová a kol., 2006). Květy terminálního okolíku jsou převážně oboupohlavní, u postranních okolíků často jen samčí. Kališní cípy jsou trojúhelníkovitě kopinaté, korunní lístky bílé, poupata mohou být i bledě růžová. Vnější korunní lístky jsou znatelně zvětšené (Holub, 1997).



Obr. č. 2: Detail rozkvétajícího okolíku složeného z okolíčků (Orel, 2015).

Plodem je suchá, poltivá dvounažka, která se po dozrání rozpadá na dvě výrazně zploštělá, křídlatá merikarpia. Jsou 6 až 18 mm dlouhá, 4 až 10 mm široká a milimetr tlustá se čtyřmi tmavě hnědými olejovými kanálky, které zasahují do tří čtvrtin plodu. Dále v textu je pro zjednodušení místo výrazu merikarpium použit termín semeno (Pergl a kol., 2008; Tiley a kol., 1996).

### 2.3.5 Biologie a ekologie

Bolševník velkolepý je monokarpická rostlina, tedy rostlina, která za svůj životní cyklus jen jednou vykveté, vytvoří semena a poté ve stejném roce uhyne. V prvních letech po vyklíčení vytváří semenáček přízemní listovou růžici. V této fázi rostlina ukládá zásobní látky do kořenového systému a teprve po nahromadění dostatečných zásob začne kvést (Perglová a kol., 2006). V našich podmínkách kvete obvykle mezi 3. a 5. rokem po vyklíčení. Pergl a kol. (2006) však uvádí příklad nejstarší rostliny, která na extrémně suchém stanovišti začala kvést až ve 12 letech. Obecně platí, že rostliny rostoucí na narušovaném stanovišti, například pastvě, potřebují k vykvetení o poznání více času než ty, které narušovány nejsou (Perglová a kol., 2007).



V našich podmínkách kvete v půlce června. Květy jsou hmyzosubné (přitahují celou řadu opylovačů včetně včely medonosné) a prvosprašné; pyl se z prašníků dostane ještě před tím, než dozraje blizna. To zabraňuje samoopylení a podporuje přenos genetické informace mezi jednotlivými rostlinami. Prvosprašnost funguje zcela jen na úrovni květu, v rámci celého okolíku však dochází k jistým překryvům během dozrávání samčích a samičích částí květů, což vede k samooplození. Vzhledem k tomu, že se bolševník rozmnožuje výhradně prostřednictvím semen je možnost samoopylení zásadní při kolonizaci nové lokality jedinou rostlinou (Perglová a kol. 2006; Webb, 1981).

Průměrná rostlina bolševníku velkolepého je schopna v našich podmínkách vyprodukovat přibližně 20 tisíc semen, z nichž většina pochází z terminálního okolíku. Semena dozrávají v druhé polovině srpna a před tím, než mohou vyklíčit, musejí projít během zimního období vlhkem a chladem, aby byla odbouraná dormance (Perglová a kol., 2006; Moravcová a kol., 2007).

Semena klíčí brzy na jaře a první děložní lísky semenáčků se objevují hned poté, co roztaje sníh. Úspěšnost jejich klíčení se pohybuje kolem 90 % (obr. č. 3). Pozdější klíčení zbylých semen je znemožněno vyššími letními teplotami (Moravcová a kol., 2005). Zbývající nevyklíčená, avšak životaschopná semena tvoří půdní semennou banku, v které je po prvním roce přibližně 9 % a po druhém již jen okolo 3 % semen (Thompson, 1987; Krinke a kol., 2005).



Obr. č. 3: Semenáčky bolševníku velkolepého (Orel, 2013).

### 2.3.6 Šíření semen

Šíření semen bolševníku velkolepého je nejběžněji způsobeno větrem, tekoucí vodou či lidskou činností. V případě šíření semen za pomoci větru, se díky jejich velikosti a tvaru jedná pouze o šíření na kratší vzdálenost. Caffrey (1999) uvádí, že se více než 95 % semen sneslo na zem ve vzdálenosti do 10 m od mateřské rostliny. Semena unášena tekoucí vodou, plavoucí na hladině až 8 hodin, mohou teoreticky urazit podstatně větší vzdálenost (Moravcová a kol., 2007). Šíření semen na větší vzdálenost má kromě tekoucí vody na svědomí také lidská činnost. A to, ať už jde o manipulaci se suchými okolíky s možným zbytkem semen za účelem dekorace, šíření semen podél silničních a železničních koridorů způsobené prouděním vzduchu od projíždějící dopravy, ulpívání semen na pneumatikách nebo přemístění půdy, která semena obsahuje (Tiley a kol., 1996; Nielsen a kol., 2005).

### 2.3.7 Negativní vlivy bolševníku velkolepého

Bolševník velkolepý je v současné době považován za jeden z nejnebezpečnějších invazních druhů rostlin v Evropě (Tiley a kol., 1996). Obavy z výskytu bolševníku jsou spojené také s faktem, že tato rostlina může vážně ohrozit lidské zdraví. Důvodem jsou fototoxické látky ze skupiny furanokumarinů, které tato rostlina, podobně jako ostatní zástupci z čeledi miříkovitých, obsahuje (Lagey a kol., 1995). Herde (2005) uvádí, že bolševník velkolepý obsahuje obzvláště vysoké koncentrace těchto látek v porovnání s ostatními zástupci této čeledi. Furanokumariny obsahuje celá rostlina s měnícími se koncentracemi v průběhu roku, avšak stabilně nejvyšší koncentrace je přítomná v generativních orgánech (Pira a kol., 1989). V případě, že se tyto sekundární metabolity, například při poškození rostliny, dostanou na kůži, může dojít k takzvané fytofotodermatitidě. Jedná se o kožní reakci, která nastane po potřísnění a vystavení potřísněného místa dlouhodobému ultrafialovému záření, obvykle slunečnímu záření (Stoner a kol., 1983). Nejčastěji se projevuje vážnými popáleninami a tvorbou puchýřů. Tato zranění se velice špatně hojí. Dlouhodobě se pak může vyskytovat zvýšená pigmentace (Pathak, 1986).

Mimo zdravotní rizika tento druh představuje také vážnou hrozbu pro druhovou rozmanitost přirozené květeny v místech jeho výskytu. Zapojené porosty bolševníku velkolepého, které běžně dosahují i 100% pokryvností (obr. č.4), často zaplevelují stanovištích s nízkým vegetačním krytem. Zde tento druh vytváří nové, vyšší bylinné patro a tím zastiňuje nižší, přirozeně rostoucí druhy (Thiele a Otte, 2007). Hejda a kol. (2009) ve své studii uvádí, že podobnost ve druhové skladbě stanoviště s přirozenou vegetací a skladbou na stanovišti invadovaném právě tímto druhem je nízká, a shoduje se pouze z přibližně 33–36 %.



Obr. č.4: Zapojený porost bolševníku velkolepého (Orel, 2013).

Husté porosty bolševníku velkolepého rostoucí na říčních březích potlačují důležité druhy rostlin, které se zaslouhují o jeho zpevnění. To může vést k erozi břehů, protože rostliny bolševníku na zimu odumírají a nechávají tak půdu nechráněnou vůči srážkám a povodním (obr. č. 5) (Caffrey, 1999).

Možná zdravotní rizika při kontaktu s tímto druhem a jeho schopnost tvořit neprostupná stanoviště, vede k znepřístupnění veřejných prostranství, jako jsou břehy řek, rekreační oblasti, turistické stezky a pěšiny. Tím mohou být postižené různé zájmové skupiny jako například rybáři, turisté či sportovci (Thiele a Otte, 2007).





Obr. č. 5: Holá půda pod hustým porostem bolševníku velkolepého (Orel, 2013).

Literatury, která by se přímo zabývala ekonomickou stránkou invaze bolševníku velkolepého, bohužel mnoho neexistuje. Jednou z mála je studie Reinhardt a kol. (2003), ve které autoři vyčíslují přibližné roční náklady pro území Spolkové republiky Německo na 12,3 mil. EUR. V částce jsou zahrnuty výlohy na ošetření poranění zapříčiněné bolševníkem (1,05 mil. EUR), výdaje na kontrolu druhu v rámci přírodních rezervací (1,17 mil. EUR), výdaje v silničním hospodářství (2,34 mil. EUR) a výdaje v krajích a obcích (7,7 mil. EUR).

Česká republika obdobný materiál s vyčíslením přibližných nákladů spojených s invazí bolševníkem velkolepým a jiných invazních druhů rostlin postrádá (Pyšek a kol., 2012). Existují však informace o nákladech na omezení tohoto druhu z různých dotačních programů v jednotlivých částech republiky. Tyto údaje mohou sloužit pro vytvoření alespoň přibližné představy o negativním vlivu na ekonomiku. Takovým příkladem jsou dva menší projekty uskutečněné v Karlovarském kraji v povodí dvou potoků a jedné říčky (Kosí a Huťský potok, říčka Tichá) v letech 2010 až 2013, kdy bylo na řešeném území o celkové rozloze 160 km<sup>2</sup> nalezeno téměř 7 km<sup>2</sup> zasažených ploch. Celkové náklady na omezení výskytu v tomto projektu byly vyčísleny na 8,85 milionů Kč (Nečas a Trégler, 2017).

### 2.3.8 Způsoby omezení výskytu

Předpokladem pro úspěšnou kontrolu či omezení jakéhokoliv rostlinného druhu je znalost jeho způsobu rozmnožování a délky života. V případě bolševníku velkolepého se jedná o monokarpickou rostlinu s výhradním rozmnožováním za pomoci semen (Perglová a kol., 2006). Veškeré způsoby omezení tohoto druhu tedy musí spočívat právě v zabránění jejich tvorbě. Pro dosažení úspěchu je třeba dlouhodobé a důsledné opatření. To jednak z důvodu vysoké regenerační schopnosti druhu a také kvůli masivní tvorbě semen, která jsou životaschopná až po dobu 3 let. Jediná rostlina pak může dát vzniknout nové kolonii, a tím pádem veškeré vynaložené prostředky a úsilí na omezení byly zbytečné. Míra dosažené úspěšnosti pak mimo jiné závisí také na zvolené metodě, četnosti zásahů a správném načasování vzhledem k fenologické fázi rostliny (Nielsen a kol., 2007).

Pro omezení toho druhu dnes existuje na výběr celá řada různě účinných metod. Lze je rozdělit na opatření mechanická, chemická a pastvu. I přes to, že se jedna konkrétní metoda může zdát jako nejúčinnější, je vhodné využít jejich kombinaci, a to nejenom vzhledem k jejich nákladnosti, ale především i s ohledem na jejich vliv na životní prostředí. Zvolená metoda, nebo jejich kombinace, by měla být v souladu se způsobem hospodaření na příslušné lokalitě. Výběr příslušné metody závisí na rozloze stanoviště, pokryvnosti porostu a přístupnosti dané lokality. Hubení rostlin je důležité vhodně načasovat v souvislosti se zvoleným typem zásahu, být důslední a opatření opakovat do té doby, než rostliny odumřou a dojde k vyčerpání semenné banky (Nielsen a kol., 2005).

Jediná z mechanických metod, která při správném provedení bezprostředně zahubí rostlinu, je přesekávání kořenů, někdy také označované jako vyrývání. Aby byla metoda účinná, musí být hlavní kořen přerušen ve správné hloubce, přibližně 10 až 15 cm pod úroveň terénu. V případě přerušení kořenu blíže k povrchu může rostlina začít regenerovat z úžlabních pupenů (Tiley and Philp, 1997). Nevýhodou této metody je její vysoká náročnost na pracovní sílu. Proto se jedná o metodu vhodnou především k likvidaci jednotlivých rostlin nebo menších stanovišť do 200 jedinců. Nejčastějším nástrojem pro tento zásah je běžný rýč s ostrou čepelí. Pro co nejjednodušší provedení zásahu tímto způsobem je doporučeno načasování na období od dubna do května, kdy rostliny nedosahují vysokého vzrůstu a půda je zpravidla vlhčí a měkčí než v průběhu léta.

Přesekávání kořenů o vrostlých jedinců by pak bylo nejen mnohem náročnější, ale hrozilo by také mnohem větší riziko poranění z potřísnění rostlinou šťávou (Nielsen a kol., 2007).

Sečení porostů bolševníku velkolepého je další mechanickou metodou vedoucí k omezení jeho výskytu. Na rozdíl však oproti přesekávání kořenů u této metody nedojde k zahubení rostliny bezprostředně po zásahu, ale při jejím opakování dvakrát až třikrát za rok po dobu několika vegetačních sezón. To vede postupem času k vyčerpání zásobních látek uchovaných v kořenovém systému. Opakování je nezbytné z důvodu rychlé regenerace rostlin po zásahu a jejich urputné snahy vyprodukovat alespoň malé množství semen z okolíků vytvořených nízkou u země (obr. č. 6). Kosení je často používáno v oblastech, kde je kvůli ochraně přírody, ekologickému zemědělství nebo v blízkosti vodních zdrojů vyloučeno použití chemických prostředků. Druh nástroje nebo mechanizace se pro kosení vybírá na základě rozlohy zasažené lokality a její přístupnosti, případně konfiguraci terénu. Pro menší či špatně dostupné plochy (svahy, břehy toků) je vhodné využití ručních nástrojů, jako jsou kosy, mačety nebo lopaty. U rozsáhlejších a dobře přístupných ploch je možné využití zemědělské mechanizace, především mulčovacích sekaček, které na rozdíl od sekaček běžných nezanechají částečně nedosečené povalené lodyhy nesoucí květenství. Hrozí zde riziko dokvetení a produkce semen (Nielsen a kol., 2005).



Obr. č. 6: Rychlá regenerace bolševníku velkolepého po sečení (Orel, 2013).

Dalším mechanickým způsobem potlačení tohoto druhu je odstraňování okolíků (obr. č. 7). Metoda funguje díky tomu, že tato monokarpická rostlina po zahájení kvetení odumírá ke konci vegetačního období. Správné načasování zásahu je pro zajištění účinnosti zásadní. V případě, že se zásah provede příliš brzy, rostliny se ve velké míře zotaví a nasadí znovu na květ. Nejúčinnější je odstranění okolíku v plném květu nebo v počátku tvorby semen s následnou kontrolou, že žádná z rostlin znovu nekvete (Pyšek a kol., 2007). Při odstraňování okolíků ve fázi, kdy se začínají tvořit semena je nezbytné useknuté okolíky z lokality odvést a patřičně zlikvidovat. Hrozí totiž riziko, že okolíky odstraněné v této fázi a ponechané na místě mohou dozrát a stát se tak zdrojem životaschopných semen (Pyšek a kol., 2007b). Vhodné je při tomto zásahu nepoškozovat jedince, kteří v daném roce ještě nekvetou. Odložilo by se tak jejich kvetení a tím se prodloužila doba celkové kontroly na dané lokalitě (Lvončík a kol., 2010). Nielsen a kol. (2005) podotýká, že by se tato metoda měla používat spíše jen v případě, kdy se na lokalitě dříve během roku neprováděla žádná jiná opatření.



Obr. č. 7: Mechanická metoda likvidace – odstraňování okolíků (Orel, 2013).

Velice účinným opatřením na omezení výskytu bolševníku velkolepého se ukázalo použití systémových herbicidů (Nielsen a kol., 2005). Systémové herbicidy putují z místa absorpce prostřednictvím cévního systému rostliny společně s vodou a zásobními látkami do celé rostliny (Vats, 2015). Bolševník uspokojivě reaguje na celou řadu systémových herbicidů, nejvíce studií se ale zabývá glyfosáty a triklopyry, které jsou k hubení tohoto druhu také nejpoužívanější (obr. č. 8) (Nielsen a kol., 2007).





Obr. č. 8: Reakce bolševníku velkolepého na herbicid (Orel, 2013).

Triklopyr, jako účinná látka nacházející se například v prostředku Garlon New (Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 2015), je selektivním herbicidem, který působí pouze na dvouděložné rostliny. Jeho aplikací tedy nepřijdou k újmě traviny a jiné jednoděložné rostliny, které mohou úspěšně konkurovat rašícím semenáčkům bolševníku. Využití herbicidů na bázi triklopyru je tedy preferováno. Naproti tomu Glyfosát, nacházející se například v přípravku Roundup Biaktiv (Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 2015), je totálním herbicidem, který zlikviduje veškerý vegetační pokryv (obr. č. 9). Zanechává tak odkrytou půdu a zvyšuje tak riziko opětovného zaplevelení konkurenčně silným bolševníkem nebo jiným nežádaným druhem. Jako jediné jsou ale některé herbicidy s glyfosáty registrované i pro použití v blízkosti vodních toků a je tak jeho použití s výhradami akceptováno (Nielsen a kol., 2005). Zásah chemickými prostředky je vhodné zahájit v době, kdy rostliny bolševníku dosahují výšky alespoň 10 cm. Pozdější aplikace herbicidů ve fázi těsně před zahájením kvetení nebo později významně snižuje úspěšnost zásahu. Jistý vliv na nižší účinnost mají i plně vyvinuté listy, které tvoří pomyslnou ochranu klenbu nad méně vzrostlými rostlinami (Nielsen a kol., 2007). Zásah je vhodné do konce května opakovat, aby se ošetřily i semenáčky, které vyklíčily až po prvním zásahu (Nielsen a kol., 2005).





Obr. č. 9: Chemická likvidace pomocí totálního herbicidu (Orel, 2015).

Pastva představuje účinný, přírodě blízký způsob kontroly bolševníku velkolepého na rozsáhlých, ale také hůře přístupných plochách. Principiálně je tato metoda shodná s kosením, kdy obdobně dochází k opakovanému odstraňování fotosyntetizujících částí, a tedy postupnému vyčerpání rostlin. Pro úspěšné spásání této rostliny je možné využít ovce, kozy či skot (Andersen a Calov, 1996). K zamezení případné dermatitidy vyvolané fotoxickými látkami bolševníku velkolepého u pasoucích se zvířat, je možné vybírat tmavá a hustěji ochlupená plemena (Buttenschøn a kol., 2007). Andersen a Calov (1996) zmiňují, že ovce a kozy na pastvě vyhledávají mladé listy bolševníku a preferují je před travinami a ostřicemi. Bolševník by však neměl představovat hlavní složku spásané biomasy, aby nedocházelo u zvířat k zaživačím potížím. Ty jsou způsobené vysokým podílem proteinů. Proto by měla stáda sloužící ke spásání bolševníku zahrnovat jedince, kteří jsou s touto rostlinou již seznámeni a netíhnou tak k jejímu přejídání. Pastvu je vhodné zahájit v době, kdy má bolševník mladé a čerstvé olistění, tedy přibližně v průběhu dubna. U pastvy zahájené později, ve fázi, kdy jdou rostliny již do květu, je na místě provést nejprve sečení porostu. Pastvu, stejně jako sečení je nutné opakovat několik let po sobě, aby došlo k zahubení všech rostlin a kompletní vyčerpání semenné banky. Vhodné je také pastviny monitorovat a případné nespasené, do květu jdoucí rostliny ručně odstraňovat (Buttenschøn a kol., 2007).

## 2.4 Mapování invazních rostlin

Podrobná znalost invazního druhu není jedinou podmínkou pro zdárné omezení jeho výskytu. Zásadním faktorem, který rozhoduje o úspěšnosti zvolené strategie likvidace, není totiž pouze biologie a ekologie invazního druhu, ale také znalost jeho rozlohy a prostorového uspořádání v rámci řešeného území (Nielsen a kol., 2007). Vymapování veškerých stanovišť i ojedinělých výskytů sledovaného druhu je nezbytným krokem před zahájením samotné likvidace (Nielsen a kol., 2005).

Nashromážděné výsledky mapování invazního druhu slouží jako podklad pro vytvoření map, které znázorňují jeho rozšíření. Získaná data je pak možné využít nejen k vytvoření, nasazení a případnému zhodnocení metody vedoucí k omezení invazního druhu, ale také například k predikci invazí ohrožených ploch, pochopení invazního procesu a způsobu, jakým se druh šíří, zhodnocení jeho ekonomického dopadu nebo k seznámení široké veřejnosti s daným druhem. Vytvoření metodiky pro mapování zajistí získání trvale spolehlivých dat, která jsou možná při opakovaném mapování porovnat v čase a zjistit tak například účinnost managementu. Dále jednotný přístup k mapování umožní data zahrnout do národního či nadnárodního informačního systému (Cooksey a Sheley, 2002; Barnett a kol., 2007).

Metody, kterými je v dnešní době možné mapovat invazní druhy rostlin lze nejjednodušeji rozdělit na metody pozemní, kdy se výskyt zjišťuje terénním šetřením, a na metody dálkového průzkumu Země.

### 2.4.1 Metody pozemní

Metody mapování založené na terénním šetření se řadí mezi starší a tradičnější způsoby monitorování vegetace. Ruční zakreslování hranic výskytu na vytištěných listech topografických nebo ortofotografických map s přiloženými údaji na záznamovém archu postupně nahrazuje mobilní elektronika vybavená geografickým informačním systémem (GIS) a integrovanou GPS (Global Positioning System (Lawrence a kol., 2006).

GIS, tedy počítačový systém umožňující vstup, správu, analytické zpracování a prezentaci prostorově orientovaných dat (Voženílek, 1998) usnadňuje a zrychluje sběr dat v terénu. Zakreslování výskytu probíhá prostřednictvím dotykového displeje nebo automaticky pomocí integrované GPS do mapového podkladu.

Díky předdefinovaným výběrovým listům je pak rychlejší vyplnění všech potřebných údajů o zaznamenávaném výskytu invazního druhu. Díky zaznamenání dat přímo do digitální podoby odpadá nutnost následné digitalizace jako u ručního mapování, čímž se podstatně eliminuje tvorba chyb a celý proces se zrychluje. Standardem těchto zařízení je také integrovaný fotoaparát, kterým je možné pořídit fotodokumentaci. Mapovatel v terénu s sebou tedy místo desek s mapovacími listy, záznamovým archem, fotoaparátem a psacími potřebami nese pouze jedno kompaktní zařízení, které je navíc obvykle odolné proti poškození nárazem a vodou. Nevýhodou pak může být omezená výdrž baterie tohoto přenosného počítače (Chocholoušková, 2007). Je třeba však podotknout, že výše zmíněné metody jsou značně limitované rozsahem mapovaného území, s tím spojenou časovou náročností následně i výslednými náklady (Lawrence a kol., 2006; Kokaly a kol., 2003).

#### 2.4.2 Metody dálkového průzkumu Země

Dálkovým průzkumem Země, dále už jen jako DPZ, se rozumí získávání informací o objektech bezkontaktními způsoby za využití různého technologického vybavení. Principem této metody jsou vlastnosti elektromagnetického záření emitovaného nebo odraženého od snímaných objektů. Tyto metody lze dělit podle několika hledisek. Například zda jsou data získána z leteckého nebo družicového snímání. Dalším hlediskem je zdroj elektromagnetického záření. To může být vysíláno z měřicí aparatury, nebo je jeho zdrojem Slunce či samotná Země. Důležitým hlediskem je také druh vlnových délek, ve kterém je měření prováděno. Může se jednat například o viditelné, infračervené nebo mikrovlnné spektrum. Ve své podstatě se jedná o druh geografické informační technologie, při které se sbírají, zpracovávají a analyzují polohově závislá data (Halounová a Pavelka, 2008).

Využití DPZ pro účely mapování vegetace v posledních letech významně vzrostlo důsledkem zpřesňování GPS, rychlému vývoji počítačového hardwaru a softwaru, vývoji snímacích aparatur a vyššímu rozlišení satelitního snímání (Madden, 2004). Mezi hlavní přednosti DPZ patří rychlost, s jakou je možné snímkovat a vyhodnotit i rozsáhlé územní celky, dále schopnost opakovaného snímání na základě potřeb výzkumu a nákladově efektivního využití (Lawrence a kol., 2006; Kokaly a kol., 2003). Masocha a Skidmore (2011) však podotýkají, že mapování tímto způsobem může být u druhů rostoucích v podrostu například stromového patra obtížné.

Nejstarší metodou DPZ pro mapování invazních druhů rostlin je využití leteckých snímků s vysokým prostorovým rozlišením (0,1 – 2 m na 1 zobrazovací bod) ve viditelném a blízkém infračerveném spektru a jejich vizuálnímu průzkumu. Předpokladem je dostatečná rozdílnost sledovaného druhu oproti okolní vegetaci založená na barevnosti nebo specifickém vzoru (Joshi a kol., 2004; Underwood a kol., 2003). Toho bylo využito například při mapování pryšce obecného (*Euphorbia esula*) na části území severoamerických států Dakota a Montana. Tento druh byl na leteckých snímcích snadno rozpoznatelný díky výrazně žlutému květenství (Everitt a kol., 1995). Bolševník velkolepý je touto metodou velice dobře rozpoznatelný, a to nejen v době svého květenství, které je výrazně jasnější než okolní vegetace, ale také v počáteční fázi zrání semen (Müllerová a kol., 2005).

## 2.5 Charakteristika modelového území

### 2.5.1 Geografické vymezení území

Modelové území o rozloze 168 km<sup>2</sup> (výpočet autor), které je předmětem zkoumání, se rozprostírá v severozápadní části České republiky v Karlovarském kraji v okrese Cheb. Území je v severní části vymezeno česko-německou státní hranicí a zbylá část orografickou rozvodnicí dvou toků protínajícím celé území. Západní hranice území prochází v blízkosti obce Házlov, jihozápadní u Františkových Lázní, jihovýchodní u Kynšperku nad Ohří a východní u obce Habartov (obr. č. 10).



Obr. č. 10: Vymezení modelového území (vlastní zpracování na podkladech: ArcČR@500, 2017; DIBAVOD, 2017).

## 2.5.2 Geomorfologie území

Zájmové území patří do Krušnohorské subprovincie, kdy jeho menší část táhnoucí se podél státních hranic spadá do Krušnohorské hornatiny. Střední a jižní část pak náleží Podkrušnohorské oblasti, konkrétně Chebské pánvi. Vzhledem k relativně složitému geomorfologickému členění je přiložena přehledová tabulka (tab. č. 1). Mapa znázorňující geomorfologické členění kvůli přehlednosti neobsahuje provincie, subprovincie ani oblasti (obr. č. 11).

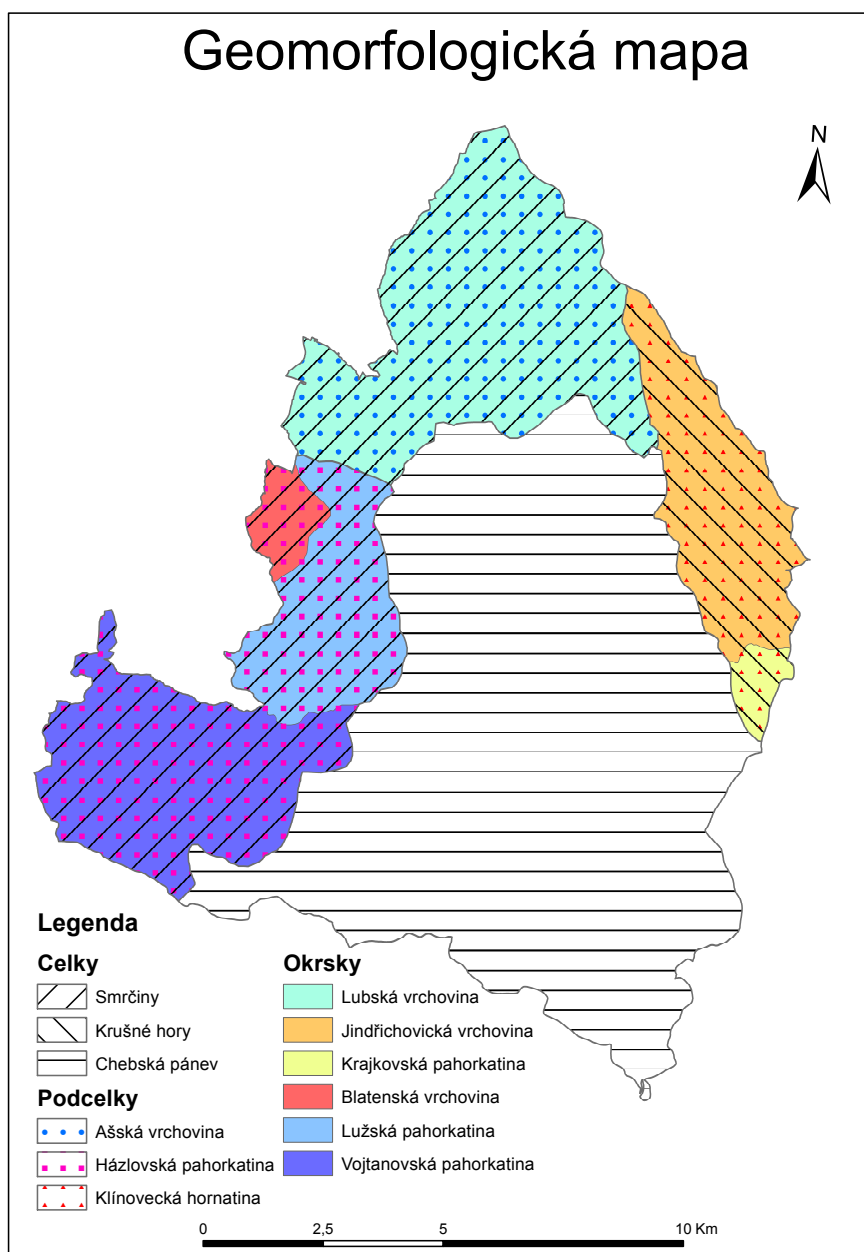
Tab. č. 1: Geomorfologické členění podle Demek a kol. (2006).

Provincie	Subprovincie	Oblast	Celek	Podcelek	Okrsek
Česká vysočina	Krušnohorská subprovincie	Krušnohorská hornatina	Smrčiny	Ašská vrchovina	Lubská vrchovina
				Házlovská pahorkatina	Blatenská vrchovina
					Lužská pahorkatina
					Vojtanovská pahorkatina
			Krušné hory	Klínovecká hornatina	Jindřichovická vrchovina
			Krajkovská pahorkatina		
	Podkrušnohorská oblast	Chebská pánev	Dále nečleněno		

Západní a severní část náleží do Smrčin, jenž je zbytkem horské klenby dosahující v zájmovém území výšek 600 až 700 m. Směrem k Chebské pánvi reliéf Smrčiny klesá relativně příkrými svahy k úpatním plošinám s výškami mírně nad 500 m. Na severovýchodě sousedí Smrčiny s jihozápadní částí Krušných hor. Povrch je mírně zvlněný a vodní toky tvoří příliš hluboká údolí.

Severovýchodní úsek modelového území okrajově spadá do nejzápadnější části Krušných hor, konkrétně do Klínovecké hornatiny. Krušné hory na hranici se Smrčinami a Chebskou pánví tvoří výrazný zlomový svah. Klínovecká hornatina je nejvýše položeným územím Krušných hor. V rámci modelového území dosahuje však výšek kolem 650 m.

Chebská pánev, jenž se rozkládá na většině zájmového území, převážně v jeho středu a na jihu, je nesouměrná příkopová propadlina znatelně ohraničená mladými zlomovými svahy. Od Lubů směrem k jihovýchodu probíhá nápadný zlomový svah, který je až 150 m vysoký. Stejně tak hranice se Smrčinami, která je tvořena příkrým zlomovým svahem. Plocha pánve ve výšce od 450 do 480 m je jen mírně zvlňená. Vodní toky jsou často vedeny tektonickými liniemi (Demek a kol., 1965).



Obr. č. 11: Znárodnění geomorfologického členění modelového území (vlastní zpracování na podkladu: ČÚZK, 2017).

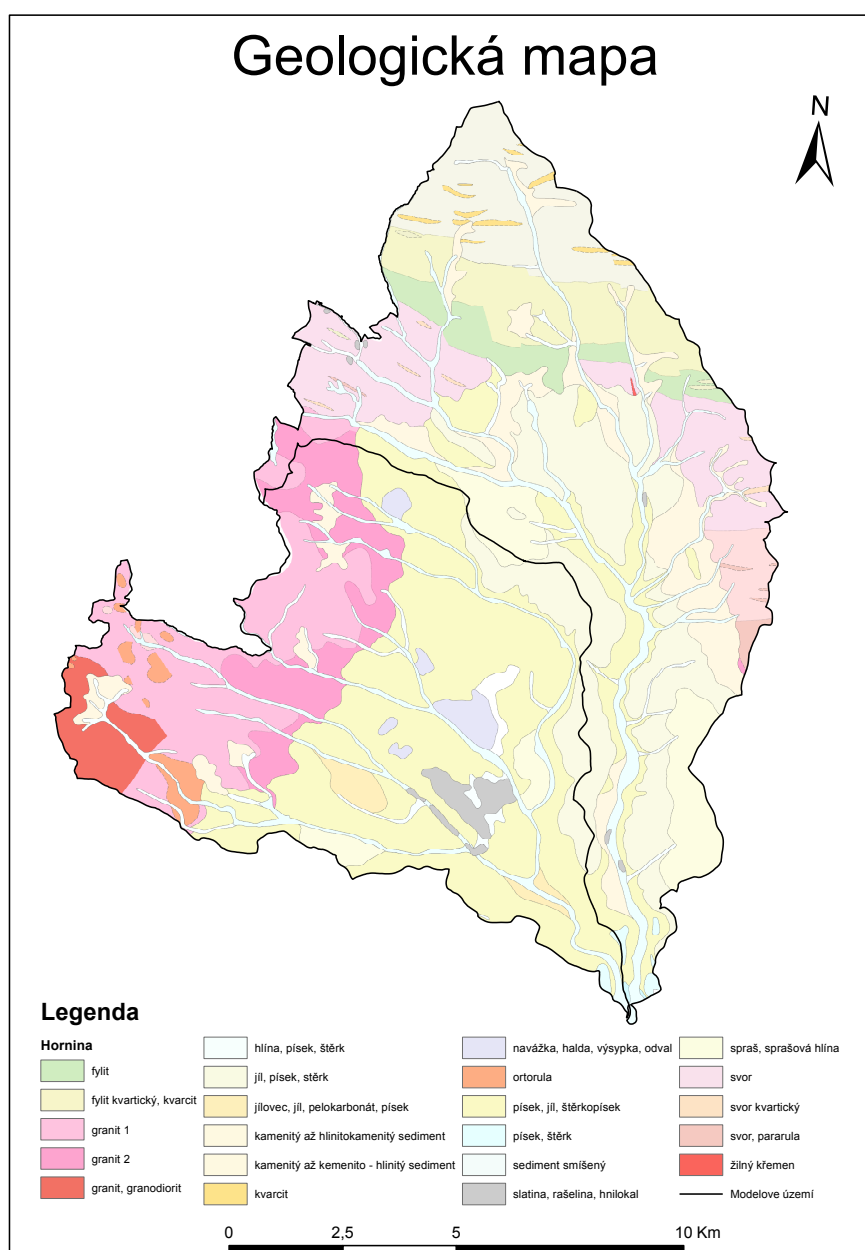
### 2.5.3 Geologie a hydrogeologie území

Popisované území svojí polohou spadá do Saskodurynské zóny Českého masivu mající komplikovanou geologickou stavbu. Tato zóna se zde dělí na dvě základní geologické jednotky obdobně jako v případě geomorfologického rozčlenění.

První jednotkou je Krušnohorská oblast starohorního až prvohorního stáří spadající do sasko-durynské oblasti. V rámci zájmového území se tato oblast dále dělí na krušnohorský pluton, krušnohorko-smrčinské krystalinikum a saskovogtlanské paleozoikum. Převládající jsou zde metamorfované horniny fylitů, rul a granitů (Mísař a kol. 1983).

Druhou jednotkou je Chebská pánev, jejíž tvar byl dán pronikem příkopových propadlin krušnohorského směru a na něj přibližně kolmého směru Českého lesa. Menší část pánevního podloží na severozápadu je budována smrčinským žulovým masívem, větší část krystalickými břidlicemi (fylit a svory). Skalní podklad v Chebské pánvi byl vystaven během druhohor, a zvláště v paleogénu regionálním kaolinickým zvětráváním. Hluboko zvětralé žuly a krystalické břidlice (do hloubky 50-70 m) podlehly před počátkem terciérní sedimentace částečné místní denudaci v důsledku oživení tektonických pohybů. Třetihorní sedimentaci Chebské pánve je možné rozdělit do tří etap. Sedimenty první etapy jsou v Chebské pánvi sporné, nevytvořily se, nebo jsou v ní zachovány jen v reliktech. Během druhé sedimentační etapy se usadila většina spodního jílovitopísčitého souvrství, na něm ležící hlavní hnědouhelné slojové souvrství o mocnosti až 50 m. Neproduktivní části slojového souvrství tvoří většinou vrstevnaté uhelné jíly, kaolinické jíly a cyprisové souvrství. Ke třetí etapě náleží vildštejnské souvrství, které se začalo ukládat pod vlivem dalšího poklesání pánevní oblasti. Uloženiny jsou převážně písčité, méně jílovité (kaolinické). Hlavními nerostnými surovinami je hnědé uhlí a keramické jíly. Tyto jíly se těží v širším okolí Skalné, a Nové Vsi. V minulosti se některé kaolíny těžily také na povrchu smrčinské žuly. Těžba uhlí probíhala pouze v oldřichovicko-pochlovické pánvi mimo zájmové území (Svoboda, 1964).

Složité tektonické stavby Chebské pánve a dozvuky vulkanismu se projevují desítkami vývěřů minerálních pramenů a výronů oxidu uhličitého. Pánev je seizmicky nejaktivnějším územím v Čechách (Zahradnický a Mackovčín, 2004). Místní minerální zřídla jsou poměrně vzácným typem studených uhličitých vysoce mineralizovaných vod. Vznikají smísením oxidu uhličitého s podzemními vodami, které prosakují a mineralizují se v třetihorních sedimentech a ve svrchní části tektonicky značně porušeného a zvětralého žulového podloží pánve (Svoboda, 1964). Téměř celá oblast je chráněnou oblastí přírodní akumulace vod (obr. č. 12) (Zahradnický a Mackovčín, 2004).



Obr. č. 12: Grafické znázornění výskytu hornin v rámci modelového území (vlastní zpracování na podkladu: CGS, 2017a).



#### 2.5.4 Pedologická charakteristika

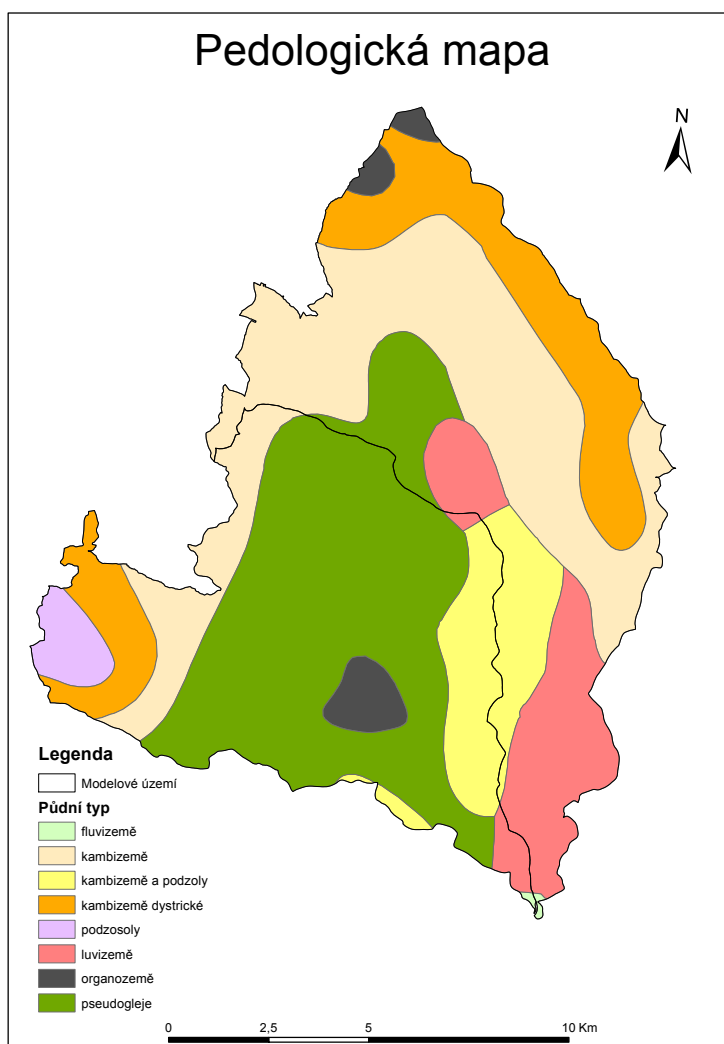
Více než polovinu modelového území zaujímají kambizemě. Jedná se o půdní typ, který se vytváří obvykle ve svažitých podmínkách pahorkatin a vrchovin v nadmořských výškách od 450 do 800 m. Toto tvrzení koresponduje se zdejším výskytem kambizemí v příhraničních vrchovinách Smrčín a Krušných hor (obr. č. 13). Kambizemě se vyvíjí zejména v souvrství svahovin magmatických, metamorfických a zpevněných sedimentárních hornin za pomoci vnitropůdního zvětrávání. Jde o vývojově mladé půdy s mělkým humusovým horizontem. Kambizemě se zde vyskytuje ve dvou subtypech: dystrické a kyselé.

Dalším půdním typem, který se v území relativně hojně vyskytuje, je pseudoglej. Tyto půdy se nacházejí v místech s rovným reliéfem, což souhlasí s hlavním těžištěm výskytu v rámci zájmového území, které se nachází v Chebské pánvi. Mohou vznikat z luvizemí nebo nepropustných pelických či písčitojílovitých substrátů procesem oglejení, tedy střídavým zamokřením srážkovou vodou, při kterém dochází k redukci a oxidaci sloučenin železa a manganu. Vyskytují se zde dva subtypy pseudoglejů, a to pelický a modální.

Kromě pseudoglejů se ve střední části modelového území nacházejí v menší míře luvizemě. Tyto půdy je možné nalézt v rovinách až mírně zvlněném reliéfu, kde se tvoří z prachovic, polygenetických hlín a lehčích substrátů pomocí procesu ilimerizace, tedy mechanického přesunu jílových částic nesených vodou do spodních částí profilu.

V nejsevernější části a pak především na území národní přírodní rezervace Soos se nacházejí organozemě, známé jako rašelinné půdy, vznikající nedokonalým rozkladem odumřelé organické hmoty pod vodou. Jsou charakteristické silně kyselou reakcí.

V nejjižnější části území v nivě řeky Ohře se nacházejí fluvizemě, které vznikají z povodňových sedimentů (Němeček a kol., 2011; Tomášek, 2007).

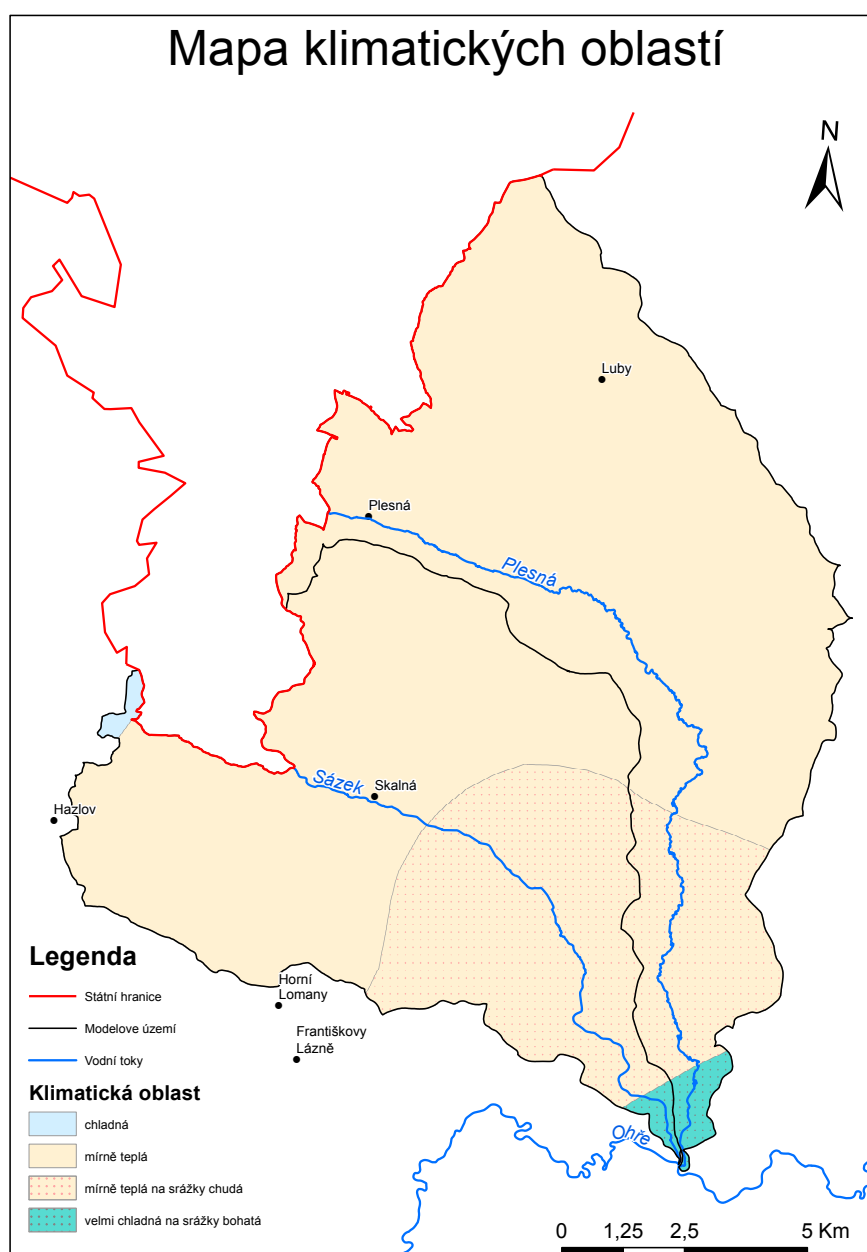


Obr. č. 13: Grafický mapa hlavních půdních typů v rámci modelového území (vlastní zpracování na podkladu: CGS, 2017b).

### 2.5.5 Klimatické poměry

Podle mapy klimatických oblastí se modelové území z převážné části nachází v mírně teplé klimatické oblasti, která je charakteristická přiměřeně dlouhým létem s průměrnou teplotou 13–15 °C a se srážkami 200–400 mm, přiměřeně dlouhými přechodnými obdobími se 140–160 mrazovými dny, mírně teplým podzimem s průměrnou teplotou 6–8 °C, normálně dlouhou zimou s 50–60 ledovými dny s průměrnou teplotou -2 až -3 °C, srážkami 200–400 mm a trváním sněhové pokrývky 50–80 dnů.

Pouze jižní část v blízkosti Ohře spadá do velmi chladné na srážky bohaté oblasti, která je specifická velmi krátkým létem o průměrných teplotách 12 °C a srážkovým úhrnem vyšším než 400 mm, velmi dlouhými přechodovými obdobími s průměrnou teplotou nižší než 4 °C a velmi dlouhou zimou s více než 70 ledovými dny s průměrnou teplotou -4 °C (obr. č. 14).

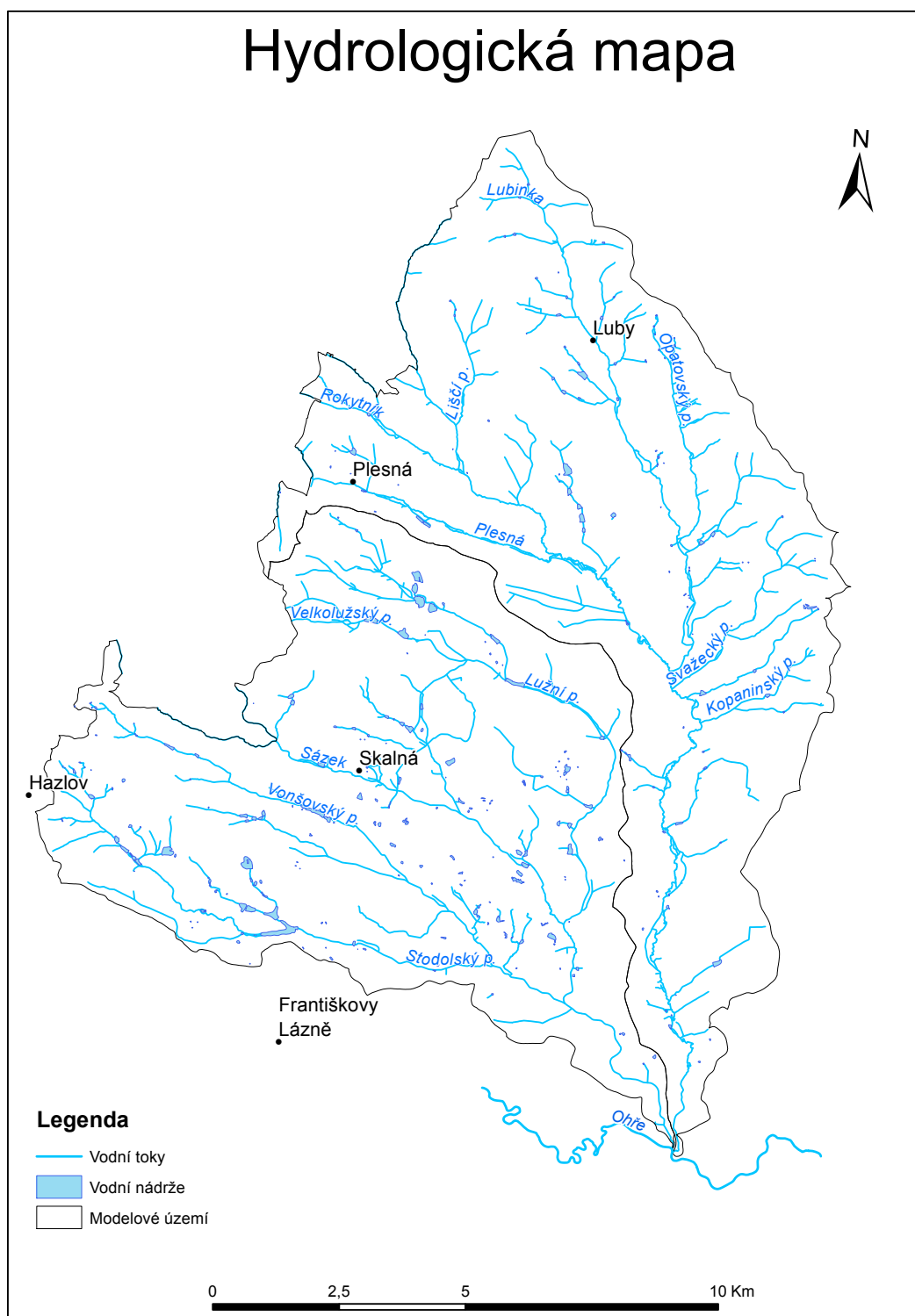


Obr. č. 14: Mapa klimatických oblastí (vlastní zpracování na podkladech: CENIA, 2017; DIBAVOD, 2017; ArcČR@500, 2017).

## 2.5.6 Hydrologické poměry

Hlavními toky zájmového území jsou Sázek a Plesná. Sázek pramení jihovýchodním směrem od vesnice Výhledy na státní hranici, kterou kopíruje, než se dostane do vymezeného území. Potok území protéká v délce 17 km. Jeho významnějšími přítoky jsou Stodolský a Vonšovský potok. Plesná pramení severovýchodním směrem od vesnice Vyhlídky poblíž státní hranice, podél které teče nejprve severním směrem, později se stáčí na východ a dostává se na území Spolkové republiky Německa. Zde protéká městem Bad Brambach, dále pokračuje na východ a opět vtéká do České republiky u města Plesná. Zájmovým údolím řeka Plesná protéká v délce 24 km. Její významnější přítok je Lubinka. Oba výše zmíněné toky jsou levostranné přítoky řeky Ohře, do které se vlévají přibližně na jejím 226. říčním kilometru jihozápadně od obce Nebanice (obr. č. 15).

Modelovým územím protéká celkově 299 km vodních toků, které zde kromě Sázkou, Plesné a pár výjimek všechny pramení. Na území se rozkládá na 107 ha vodních ploch, které netvoří ani 1 % z celkové rozlohy. Mezi významnější vodní patří například Mlýnský rybník (7,5 ha) nebo Velký Hofman (3,6 ha).



Obr. č. 15: Hydrologická mapa (vlastní zpracování na podkladech: DIBAVOD, 2017; ArcČR®500).

## 3 Metodika

Použitá data jsou výstupem mapování pro projekt „CZ.1.02./6.2.00/12.17406 Omezení výskytu invazních rostlin v Karlovarském kraji“ z Operačního programu Životního prostředí, jehož cílem byla podpora a ochrana biodiverzity krajiny omezením výskytu bolševníku velkolepého, křídlatky japonské, sachalinské a české a netýkavky žláznaté, a který probíhal v letech 2013 až 2015.

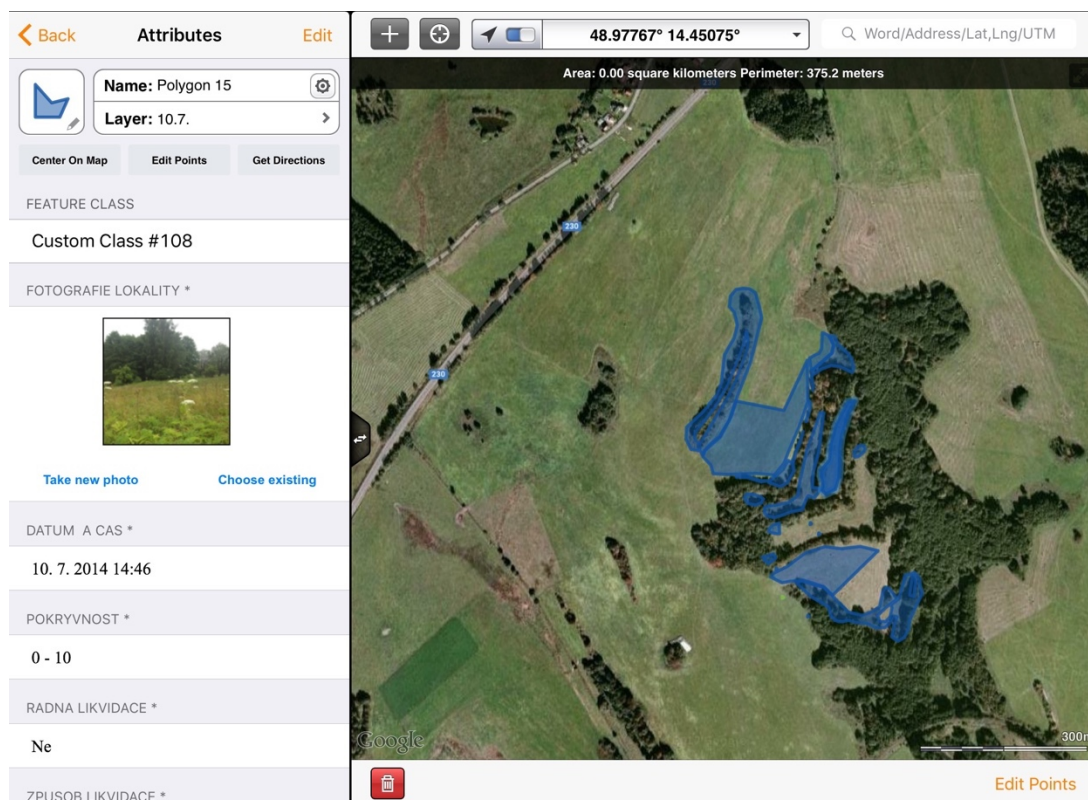
Území karlovarského kraje bylo pro účely mapování rozděleno na 9 dílčích úseků a jejich zmapování bylo vyhotoveno v roce 2012 několika soukromými subjekty, které tuto zakázku vyhráli v rámci veřejného výběrového řízení. Jedním z těchto subjektů byla i společnost ŠAMATA s.r.o. v které jsem byl v té době zaměstnán a realizaci mapování jsem měl na starosti.

### 3.1 Metodika sběru dat

Mapování muselo být uskutečněno v souladu s metodickými požadavky zadavatele. Ten požadoval vyhovit mapování pochůzkou přímo v terénu s přesností umožňující identifikaci jednotlivých postižených pozemkových parcel.

Před zahájením samotného mapování jsem musel zvážit za pomoci jaké technologie mapování zrealizovat. V předchozích letech jsem měl možnost vyzkoušet mapování invazních rostlin na menším pilotním projektu, který předcházel tomuto celokrajskému, za použití vytištěných listů ortofotomap. Do těchto map se ručně zakresloval výskyt jednotlivých druhů rostlin a ke každému výskytu se dále vedl záznamový arch obsahující číslo výskytu, druh rostliny, pokryvnost a další potřebné údaje. Zásadní nevýhodou byla nutná digitalizace map do digitální rastrové podoby a převod jednotlivých výskytů do podoby vektorů, ke kterým bylo potřeba doplnit veškeré informace ze záznamového archu. Tento postup byl časově velice náročný, a kromě toho hrozil vznik chyb. Navíc plocha, která byla určena k vymapování, měla rozlohu větší než 600 km<sup>2</sup> a počet mapových listů, který by tuto plochu obsáhl, by velice ztěžoval orientaci. Zvažoval jsem tedy vhodnou variantu přenosného zařízení a softwaru, který by mapování a zpracování dat ulehčil a zároveň byl finančně dostupný.

Potřebná kritéria splňoval iPad; multimediální počítač typu tablet od společnosti Apple fungující na operačním systému iOS a mobilní aplikace GIS Pro od americké společnosti Garafa (obr. č. 16). Tato kombinace umožňovala mapování v digitální podobě za použití jediného, snadno přenosného zařízení s integrovaným systémem GPS, který svojí přesností dostačoval k lepší orientaci v terénu.



Obr. č. 16: Uživatelské rozhraní aplikace GIS Pro (snímek obrazovky).

Samotné mapování probíhalo v období od druhé poloviny května do konce července. Při mapování se zaznamenávaly jednotlivé lokality výskytu, které mohly být tvořeny od jedince až po rozsáhlý porost. Každá lokalita byla vymezená plochou dané sledované rostliny se stejnou kvalitou. Jedna lokalita tedy měla obsahovat spojitý výskyt jediného invazního druhu o stejné hustotě, vitalitě a nemohla tedy být přerušena jakýmkoliv jiným porostem, terénní bariérou nebo např. stavbou.

Každé vymapované lokalitě příslušela řádně vyplněná atributová tabulka obsahující tyto náležitosti: číslo úseku, jedinečné číslo lokality, druh rostliny, název katastrálního území, číslo katastrálního území, typ lokality, výměra lokality v m<sup>2</sup>, pokryvnost viz níže, klasifikace porostu, management, poznámka, identifikace mapovatele, datum a čas. V terénu se vyplňovala pouze část této tabulky, protože řada údajů se mohla doplnit hromadně na základě podkladové vrstvy v softwaru GIS. Zde se zmíním pouze o typu a pokryvnosti, další údaje z atributové tabulky nebyly v této práci využity, a proto nejsou relevantní.

Mapované lokality byly rozděleny do tří typů podle tvaru a plochy. Výskyt samostatné rostliny nebo menší množství jedinců daného druhu na ploše do 10 m<sup>2</sup> byl mapován jako **bod**. Lokalita s maximální šířkou 2 m a délkou pak minimálně 10 m byla znázorněna jako **linie**. Lokalita, která svým uspořádáním nesplňovala bodový ani liniový výskyt pak byla zakreslována jako **polygon**.

U každého typu lokality se rozlišovala pokryvnost porostu, tedy procento plochy, které zaujímá kolmý průmět všech nadzemních částí daného druhu. Pokryvnost byla zaznamenávána ve 4 kategoriích viz tab. č. 2.

Tab. č. 2: Rozlišení kategorií pokryvnosti.

Kategorie	Pokryvnost v %
1	0–10
2	11–50
3	51–75
4	76–100

Data byla po každém mapovacím dni z tabletů exportována ve formátu \*.shp (datový formát Shapefile, který slouží k ukládání vektorových prostorově orientovaných dat pro geografické informační systémy) a zálohována. Po dokončení mapování celého stanoveného úseku byla data předána ke zpracování externímu GIS specialistovi. Má úloha v rámci zaměstnání byla najít vhodné technologické řešení pro mapování a jeho implementace, zaškolení pracovníků pro mapování a následná koordinace mapování v terénu.



Vstupní data výskytu bolševníku velkolepého, která v této práci zkoumám a hodnotím, byla vymapována mnou a dalšími mapovetely ze společnosti ŠAMATA s.r.o.

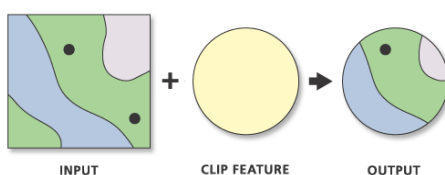
### 3.1.1 Metodika zpracování dat

Veškeré mapové výstupy, výpočty ploch a délek jsem vytvářel pomocí programu ArcMap 10.2 od společnosti ESRI. Analýzu dat a tvorbu grafů jsem prováděl v programu MS Excel.

Vstupní vrstvu ve formátu Shapefile s výskytem bolševníku velkolepého, kterou budu dále v textu pro zjednodušení označovat pouze jako „výskyt“, jsem obdržel od výše zmíněného GIS speciality v upravené, topologicky vyčištěné formě, v jaké byla odevzdána zadavateli mapování. Zadavatel s použitím vrstvy souhlasil.

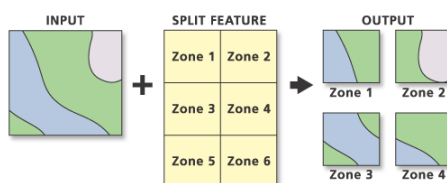
Prvním krokem bylo vymezení modelového území, v rámci kterého budu zkoumat prostorové vztahy bolševníku velkolepého. Rozhodl jsem se pro dvě sousedící povodí toku Plesná a Sázek s uzávěrovým profilem na místě jejich soutoku s řekou Ohří. Tyto povodí budu dále vůči sobě porovnávat. Vymezení jsem provedl v programu ArcGIS nad vektorovými daty hydrologického členění povodí IV. řádu databáze DIBAVOD (2017), která jsou volně dostupná v elektronickém formátu Shapefile. Protože některá povodí v severní části vymezovaného území zasahovala za hranice České republiky, rozhodl jsem se je státní hranicí omezit. Pro tento účel jsem využil digitální vektorovou geografickou databázi ArcČR500<sup>®</sup> (2017), z které jsem si liniíovou hranici ve formátu Shapefile vyexportoval.

Po vymezení modelového území dvěma sousedícími polygony v jedné vrstvě s názvem „modelové\_území“, jsem za pomoci nástroje *Clip* (Ořezání) (obr. č. 17), nacházejícího se v *Analysis toolbox* v záložce *Extract toolset*, oříznul vstupní vrstvu „výskyt“.



Obr. č. 17: Znárodnění funkce *Clip* (Esri, 2017a).

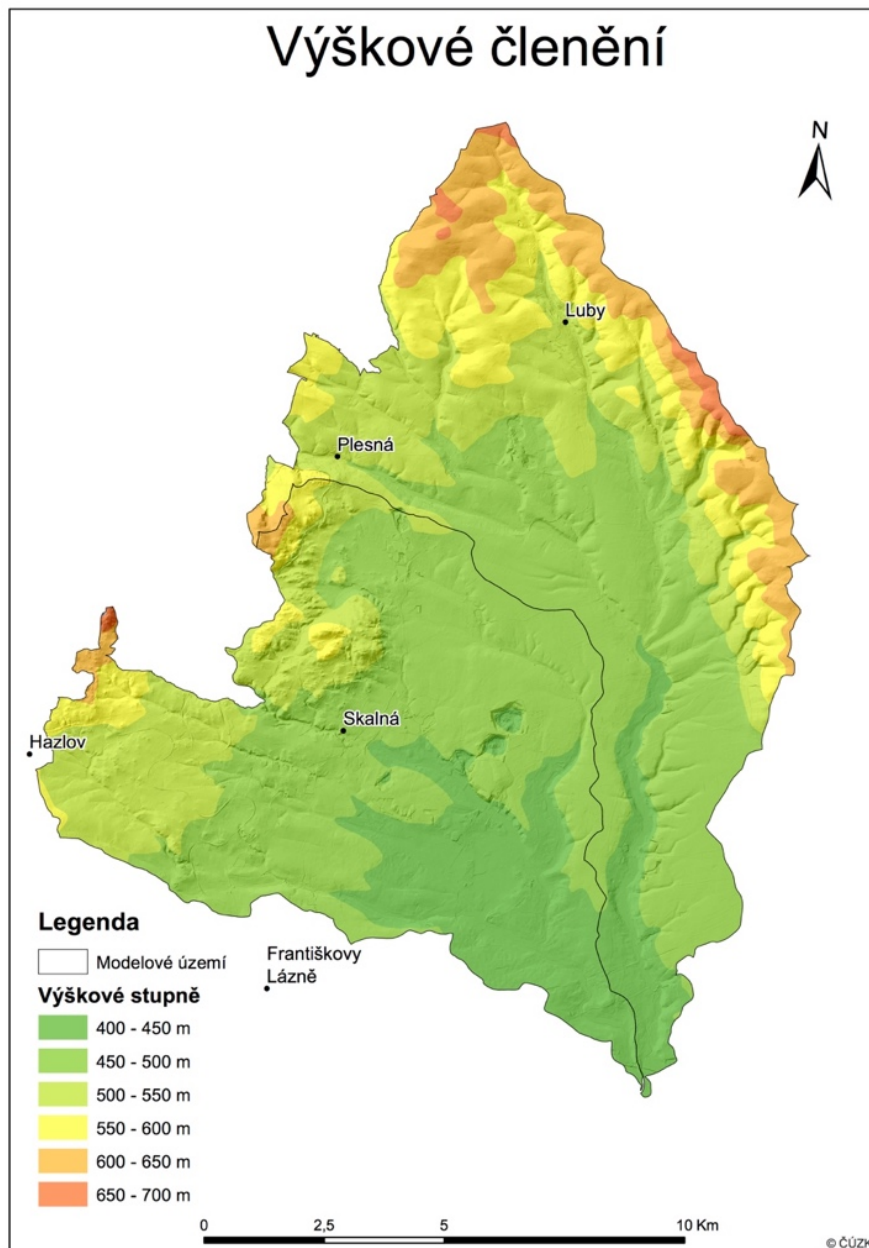
Dále bylo třeba vrstvu „výskyt“ rozdělit do dvou samostatných vrstev, podle toho, nad kterou dílčí částí území se nachází. K tomu jsem v atributové tabulce vrstvy „modelové území“ vytvořil nové textové pole a polygony zde pojmenoval „A“ a „B“. S použitím funkce *Split* (Rozdělit) (obr. č.18) nacházející se ve stejné záložce jako předchozí funkce *Clip* jsem vrstvu výskytu rozdělil na dvě dílčí, nesoucí název „výskyt\_A“ a „výskyt\_B“.



Obr. č. 18: Znárodnění funkce *Split* (Esri, 2017b).

Díky přechozím krokům jsem měl vydefinované a rozčleněné modelové území na dvě části a výskyt bolševníků rozdělený pro každou z nich.

Poté jsem se mohl zaměřit na samotné zpracování dat, která budou využita pro zjištění, zda má nadmořská výška vliv na míru rozšíření bolševníku velkolepého. Prvním krokem bylo rozčlenění vrstvy „modelového území“ podle nadmořské výšky. Z databáze ArcČR<sup>®</sup>500 (2017) jsem vyexportoval vektorovou vrstvu vrstevnic ve formátu \*.shp kterou jsem připojil do svého projektu. Tato vrstva obsahovala vrstevnice celé republiky s výškovým rozdílem 50 m. Obdobně jako v přechozím kroku jsem vrstvu s vrstevnicemi ořízнул pomocí funkce *Clip* o vrstvu „Modelové území“. Následovalo rozdělení vrstevnic pro jednotlivé dílčí části území s využitím funkce *Split*. Funkci *Split* jsem použil dále při, rozdělení modelové území podle vrstevnic na x polygonů odpovídajících jednotlivým výškovým stupňům. Nově vzniklým vrstvám polygonů „výškové stupně“, které jsem měl pro obě dílčí části území samostatně, jsem přidal do atributové tabulky textové pole s údajem a jejich nadmořské výšce (obr. č. 19).



Obr. č. 19: Rozčlenění modelového území na základě nadmořské výšky (vlastní zpracování na podkladech: ArcČR500<sup>®</sup>, 2017; ČÚZK, 2017b).

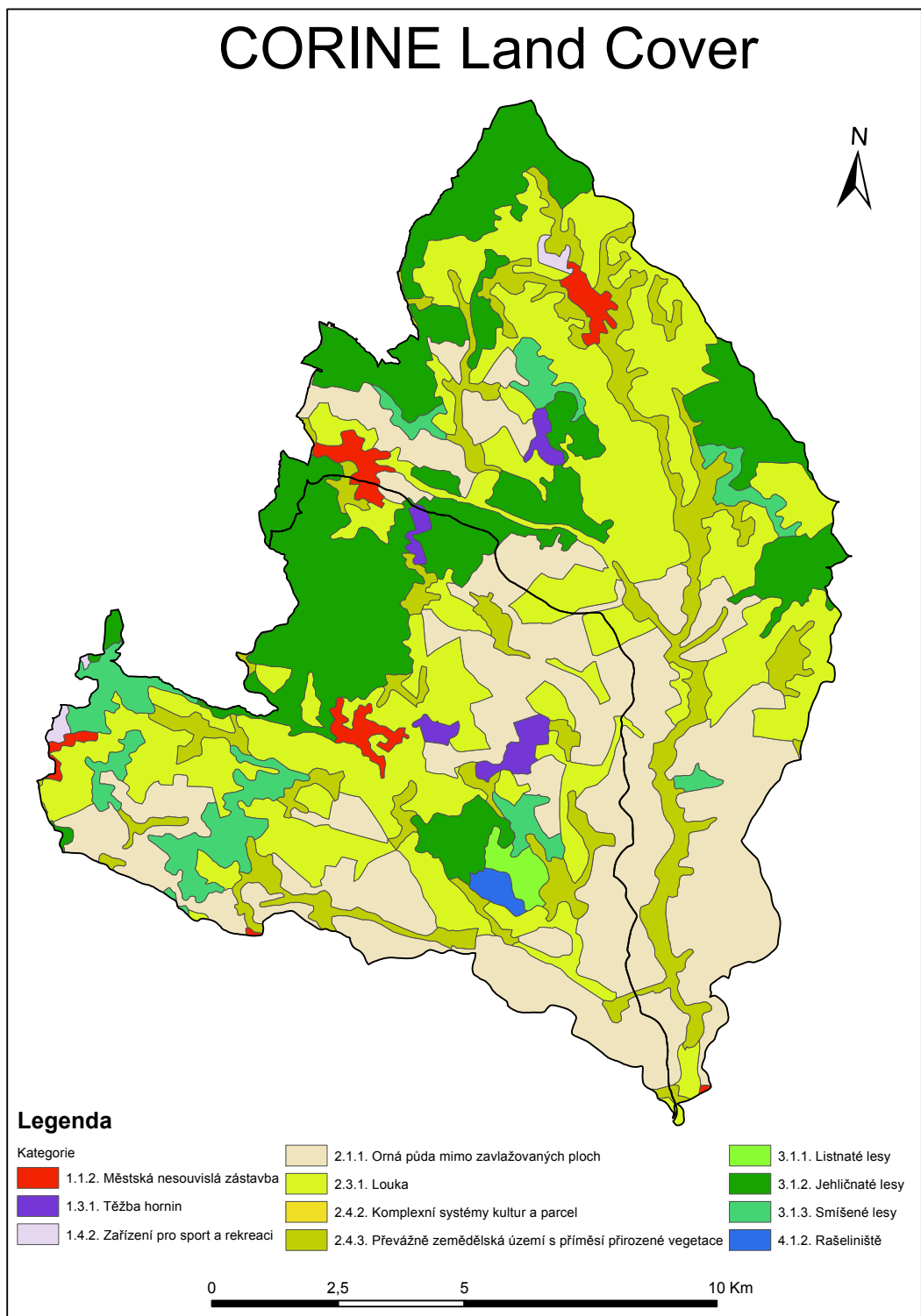
Pomocí vrstvy „výškové stupně“ a funkce *Split* jsem byl dále schopný rozčlenit vrstvy „výskyt\_A“ a „výskyt\_B“ do jednotlivých vrstev podle nadmořské výšky. Tyto vrstvy obsahovaly v atributové tabulce nové textové pole s informací, do jaké nadmořské výšky patří. V dalším kroku jsem nově vzniklé vrstvy sloučil zpět pro každé z dílčích území zvlášť. Vznikly mi tak dvě vrstvy nesoucí označení „výskyt\_výška\_A“ a „výskyt\_výška\_B“. Do každé z těchto vrstev jsem umístil nové numerické pole s dostatečným počtem míst.

V těchto polích jsem pomocí funkce *Calculate geometry* vypočítal plochu jednotlivých výskytů. Atributovou tabulku jsem následně vyexportoval ve formátu pro MS Excel, v kterém jsem sumarizoval plochu výskytu bolševníku pro jednotlivé výškové stupně a vyjádřil jí v procentech. Data jsem graficky znázornil pomocí sloupcového grafu, v kterém porovnávám procentuální výskyt bolševníku v jednotlivých stupních nadmořské výšky a dílčích částech území. Kromě procentuálního vyjádření plochy výskytu bolševníku v konkrétní nadmořské výšce jsem u dat vypočetl podíl plochy s výskytem bolševníku v konkrétní nadmořské výšce ku ploše území, které se v dané nadmořské výšce nachází. Zjištěné hodnoty v promile jsem vyjádřil sloupcovým grafem.

Mimo vlivu nadmořské výšky na rozšíření bolševníku velkolepého jsem také zkoumal, jak se na jeho rozšíření podepíše různě využívaná krajina. Pro tento účel jsem využil volně stažitelná data CORINE Land Cover od European Environment Agency (2017). CORINE (Coordination of information on the environment) je jednotná databáze mapování krajinného pokryvu metodou DPZ se satelitními snímky ve vysokém rozlišení na území členských států Evropské unie a dalších přistupujících zemí. Minimální plocha mapovaných plošných prvků je 25 ha, liniový prvek musí mít minimální šířku 100 m. Je rozlišováno 44 různých prvků v 5 základních skupinách (Büttner a kol., 2004).

Z více možných datových sad, obsahující tuto vrstvu, jsem zvolil verzi s bežešvým vektorovým souborem geodatabáze „CORINE Land Cover 2012“. Po importu do mého projektu jsem vrstvu opět ořízl funkcí *Clip* o vrstvu „modelové území“ a funkcí *Split* rozdělil pro dílčí části. Vznikla mi tak dvojice vrstev „CORINE\_A“ a „CORINE\_B“ (obr. č. 20).

Nově vzniklými vrstvami jsem s použitím funkce *Split* rozdělil vrstvy „výsyť\_A“ a „výskyt\_B“ podlé kódu jednotlivých kategorií CORINE. Vznikla mi tak série vrstev pro obě dílčí části území, nesoucí v atributové tabulce informaci pro každý jednotlivý výskyt, k jaké kategorii CORINE náleží. Po sloučení příslušných vrstev jsem získal vrstvu „výskyt\_CORINE\_A“ a „výskyt\_CORINE\_B“. Následovalo přidání numerického pole do atributových tabulek a výpočet plochy pro jednotlivé výskytů bolševníku. Vyplněnou atributovou tabulku jsem exportoval ve formátu pro MS Excel.



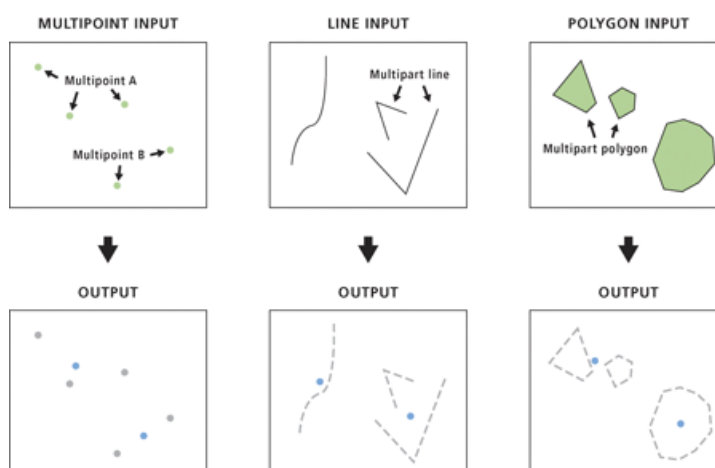
Obr. č. 20: Využití území dle CORINE (vlastní zpracování na podkladu: EEA, 2017).

Zde jsem plochy výskytu bolševníku náležící do jednotlivých kategorií CORINE sumarizoval, vyjádřil v procentech vůči celkové ploše výskytu bolševníku a znázornil pomocí sloupcového grafu. Mimo to jsem vypočítal podíl plochy výskytu bolševníku v jednotlivých kategoriích CORINE vůči celkové ploše jednotlivých kategorií, které se vyskytují v dílčí části území. Výsledky v promile jsem a znázornil pomocí sloupcového grafu.

Po zpracování dat pro vyhodnocení vlivu nadmořské výšky a krajinného pokryvu na rozšíření bolševníku velkolepého, jsem zpracoval data sloužící k zjištění, zda a případně jakým způsobem ovlivňují liniové prvky (vodní toky a silnice) rozšíření bolševníku velkolepého v krajině. Základní veličinou, kterou budu dále testovat, je vzdálenost výskytu bolševníku k výše zmíněným prvkům v krajině.

Pro zjištění vzdáleností k liniovým prvkům jsem nejdříve potřeboval liniové prvky samotné, ve vektorovém formátu. Vrstvu obsahující vodní toky jsem získal ve formátu \*shp z databáze DIBAVOD (2017), silnice jsem si vyexportoval z databáze ArcČR®(2017). Tato data byla pro celou Českou republiku, bylo je tedy třeba oříznout pomocí funkce *Clip* o vrstvu „modelové\_území“ a tuto nově vzniklou vrstvu s liniovými prvky rozdělit s použitím funkce *Split* pro obě dílčí části modelového území.

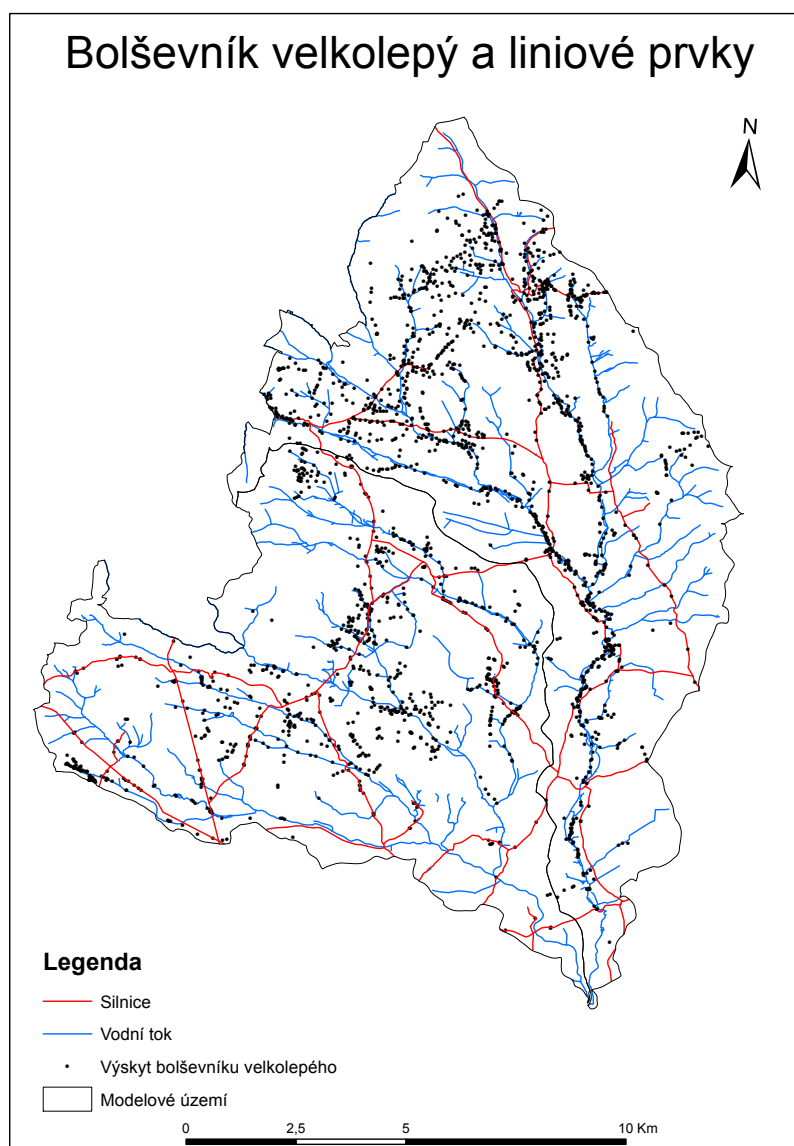
K určení vzdálenosti polygonu od linie, bylo třeba polygony nejprve převést na body. Toho jsem docílil funkcí *Feature To Point* (obr. č. 21) nacházející se v části *Data Management toolbox* ve složce *Feature toolset*. Při použití této funkce je třeba stanovit, jaký vztah bude mít nově vzniknuvší bod vůči stávajícímu polygonu. Vybral jsem možnost, kdy nový bod bude na místě těžiště polygonu, půjde tedy o *centroid* (obr. č. 22).



Obr. č. 21: Ilustrace funkce Feature To Point (Esri, 2017c).

Po vytvoření vrstev bodů „Výskyt\_bod\_A“ a „Výskyt\_bod\_B“ jsem přešel k zjišťování vzdálenosti k jednotlivým liniovým prvkům. K tomu mi posloužila funkce *Near* nacházející se v části *Analysis toolbox* ve složce *Proximity toolset*. Tuto funkci jsem použil zvlášť pro vrstvu „Vodní\_toky“ a „Silnice“.

Po dokončení běhu funkce *Near* se ve vrstvách s body vygenerovalo automaticky pole s označením „NEAR\_DIST“, které obsahuje informaci o nejkratší vzdálenosti daného bodu k liniovému prvku. Toto bylo třeba opakovat pro všechny typy liniových prvků zvlášť. Po získání hodnot vzdálenosti každého bodu ke všem druhům liniových prvků jsem atributové tabulky vyexportoval ve formátu pro MS Excel. Vzdálenosti výskytu bolševníku k jednotlivým prvkům jsem zprůměroval.

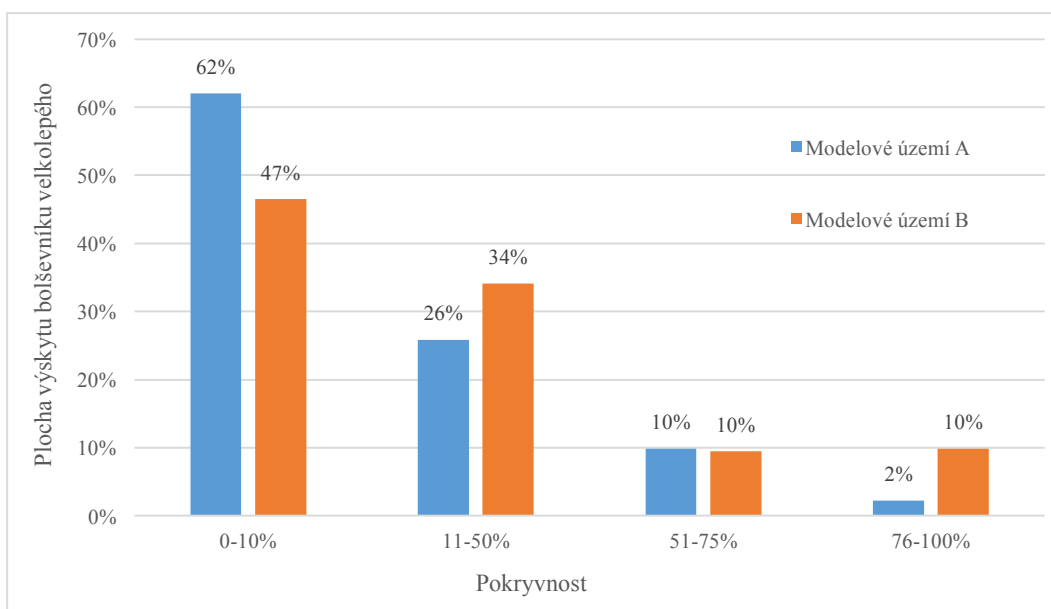


Obr. č. 22: Vyobrazení výskytu bolševníku velkolepého jako bodů (vlastní zpracování na podkladech: ArcČR®500, 2017; DIBAVOD, 2017).

## 4 Výsledky

V modelovém území, které se se svými dvěma částmi rozprostírá na ploše 167,7 km<sup>2</sup>, se nachází 2176 lokalit bolševníku velkolepého. Tyto lokality zaujímají plochu 6,9 km<sup>2</sup>, to jsou přibližně 4 % z celkové plochy modelového území. Na dílčí části A, která má plochu 79,6 km<sup>2</sup> se bolševník vyskytuje na 822 lokalitách o celkové ploše 2,5 km<sup>2</sup>. Bolševník se zde tedy vyskytuje na přibližně 3 % z celkové plochy dílčí části A. Dílčí část území B o výměře 88,1 km<sup>2</sup> zahrnuje 1354 výskytů bolševníku velkolepého. Celková plocha, na které se bolševník v dílčí části B vyskytuje, činí 4,4 km<sup>2</sup>, to je 5 % plochy dílčí části B.

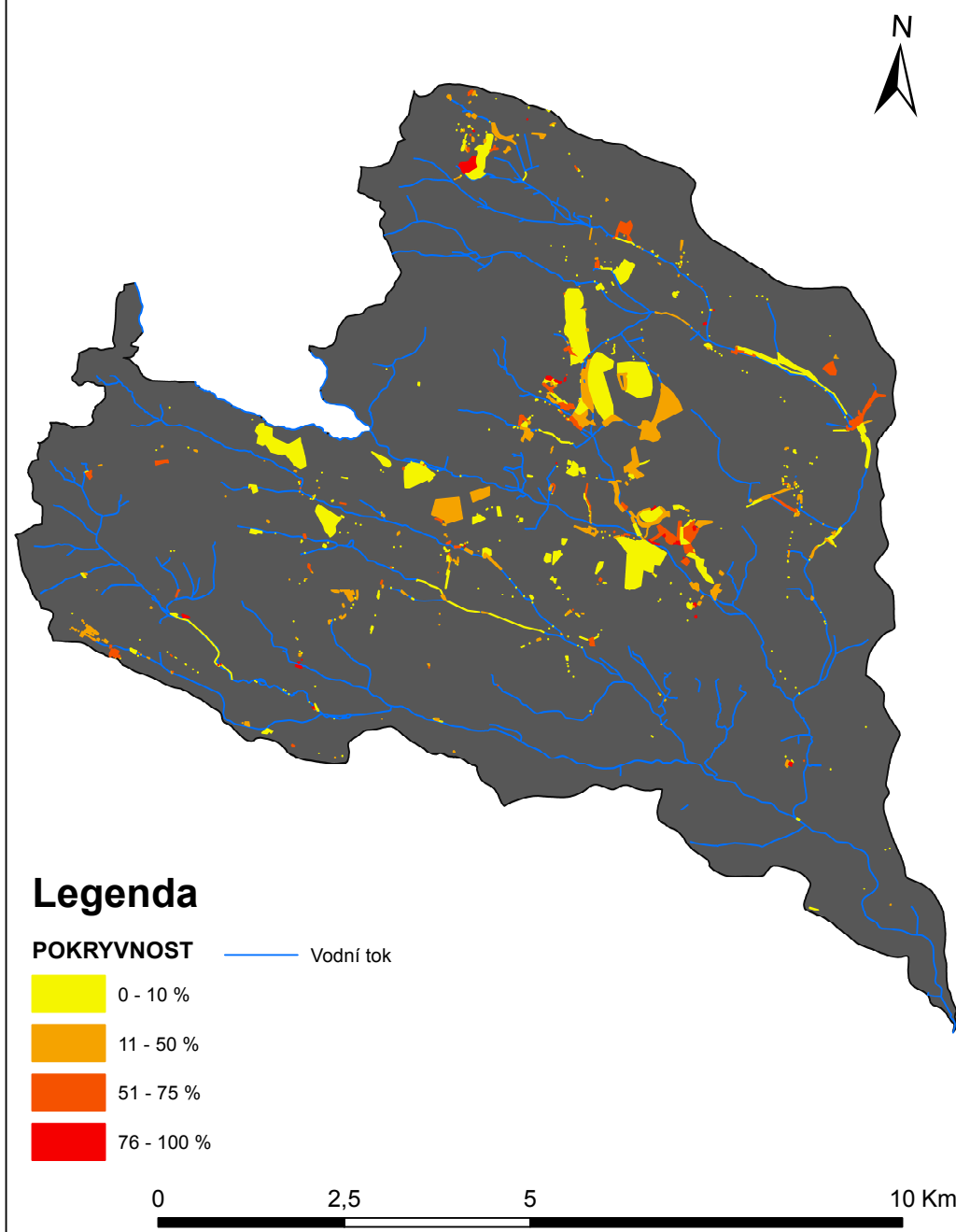
Nejčastější pokrývnost vymapovaných výskytů bolševníku byla v kategorii 0 až 10 %. Do této kategorie v modelovém území A spadá 62 % plochy z celkového výskytu na dílčí části A. Na dílčí části B modelového území je to pak 47 % plochy z celkového výskytu na této dílčí části. Nejméně vymapovaných výskytů patří u dílčí části A modelového území do kategorie 76 až 100 %. V této kategorii jsou zde pouze 2 % z plochy výskytu na dílčím území A. Nejméně zastoupené kategorie pokrývností u modelového území B jsou kategorie 51 až 75 % a 76 až 100 % se shodnou 10% plochou výskytu bolševníku (obr. č. 23; 24; 25).



Obr. č.23: Procentuální znázornění výskytu bolševníku velkolepého podle pokrývnosti.

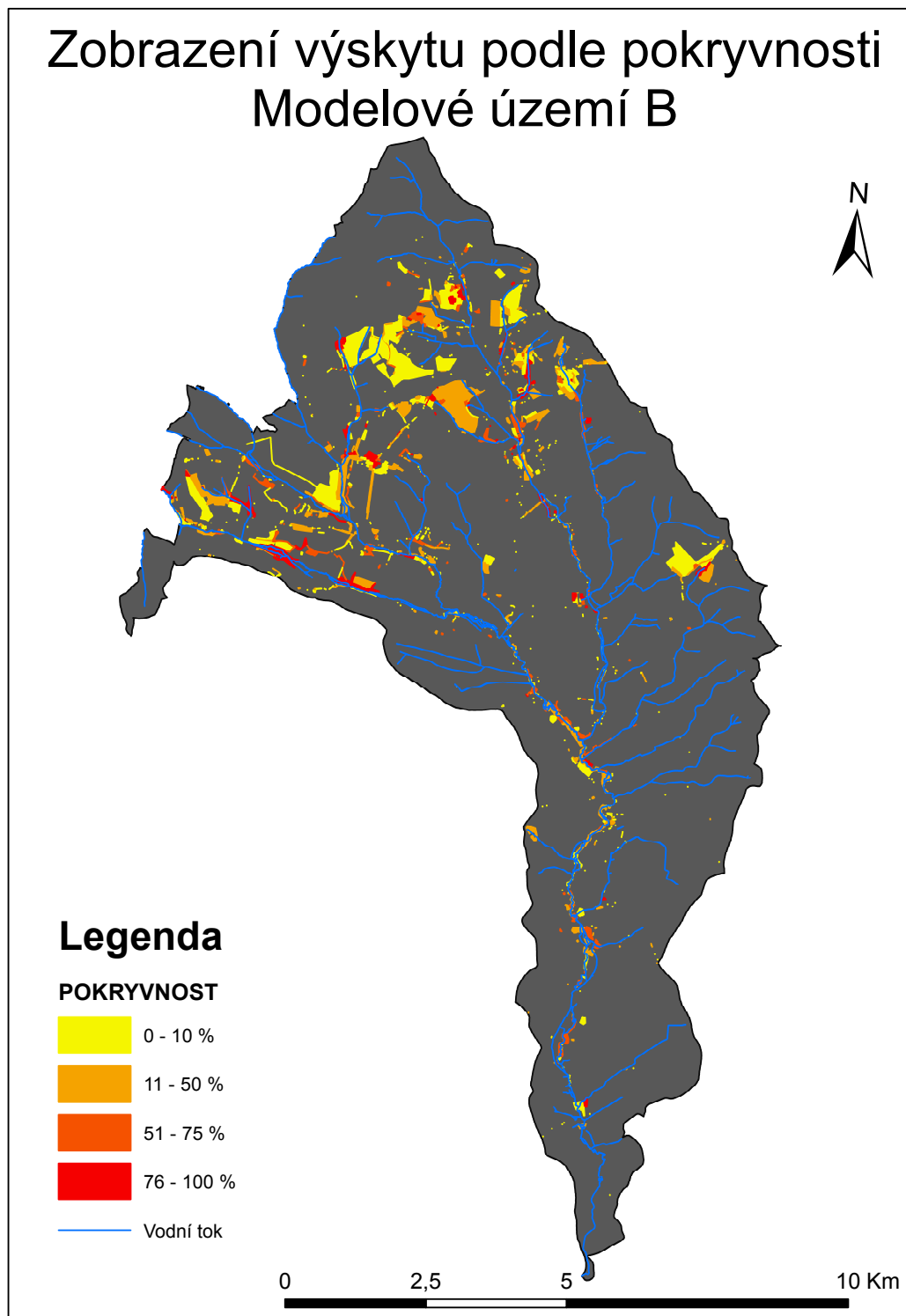


## Zobrazení výskytu podle pokryvnosti Modelové území A



Obr. č. 24: Zobrazení výskytu bolševníku velkolepého na základě pokryvnosti v modelové území A (vlastní zpracování na podkladu: DIBAVOD,2017).

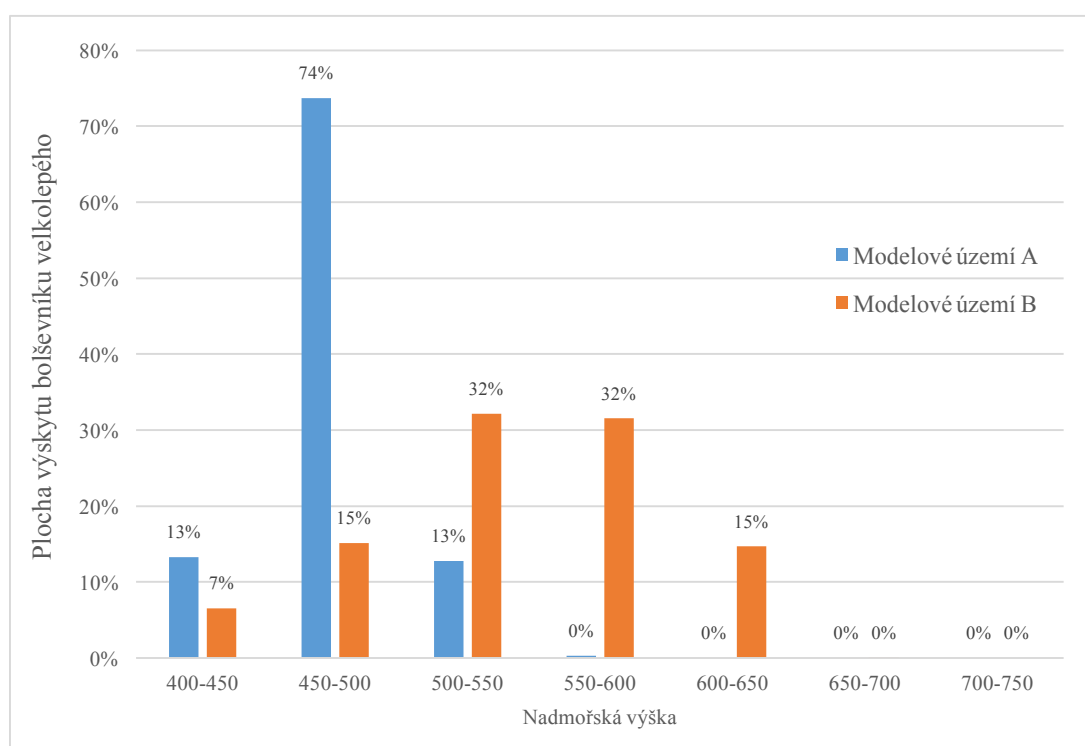
## Zobrazení výskytu podle pokryvnosti Modelové území B



Obr. č. 25: Zobrazení výskytu bolševníku velkolepého na základě pokryvnosti v modelové území B (vlastní zpracování na podkladu: DIBAVOD, 2017).

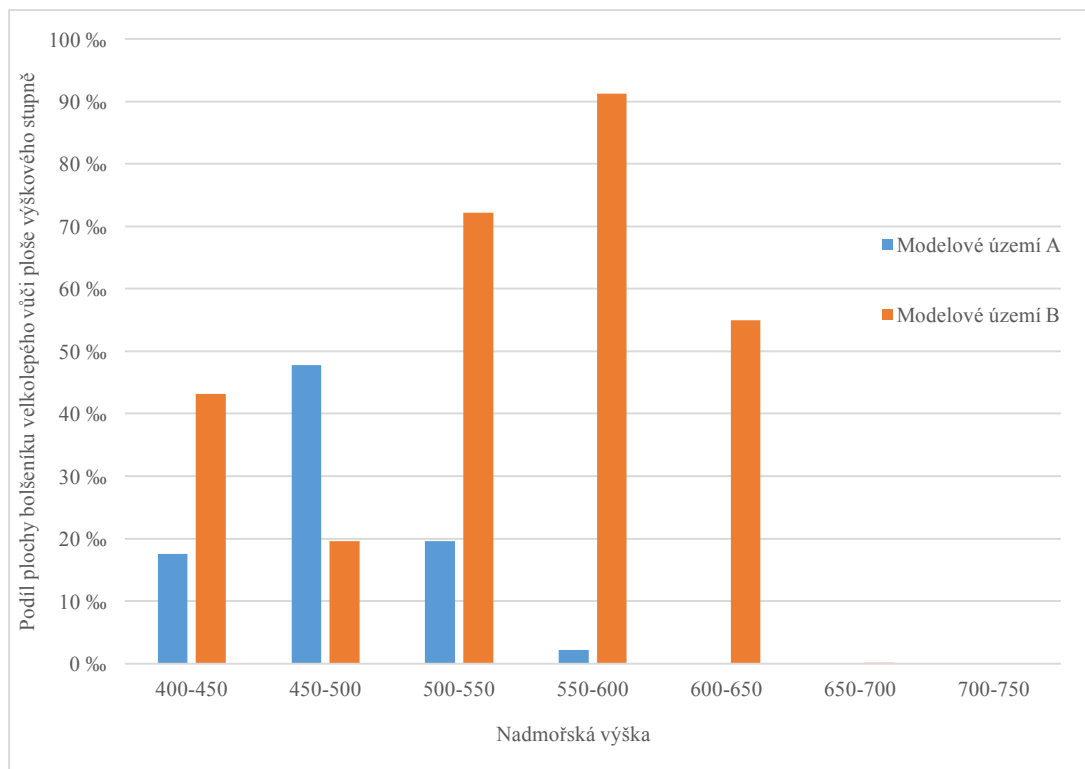
## 4.1 Vliv nadmořské výšky na rozšíření druhu

Data získaná z procentuálního vyjádření plochy, na které se vyskytuje bolševník velkolepý v konkrétních výškových stupních, neprokazují žádnou souvislost v míře rozšíření tohoto druhu v závislosti na nadmořské výšce. Na ploše modelového území A má bolševník nejvyšší zastoupení ve výšce mezi 450 a 500 m n. m., kde se ho vyskytuje 74 % z celkové plochy jeho výskytu. Oproti tomu výskyt bolševníku v rámci modelového území B je shodně, s 32 % rozšířený v nadmořských výškách 500-550 m a 550-600 m. Totožná je pro obě části modelového území absence bolševníku ve výšce nad 650 m (obr. č. 26).



Obr. č. 26: Znárodnění procentuální plochy výskytu bolševníku velkolepého v různých nadmořských výškách.

Pokud vezmu v potaz kromě plochy, na které se bolševník vyskytuje v daném výškovém stupni také plochu samotného výškového stupně a vypočtu podíl těchto dvou hodnot, rozšíření bolševníku se oproti předchozímu vyhodnocení takřka nezmění. U části území A je výskyt bolševníku opět nejvyšší v nadmořské výšce 450-500 m. U části B pak výskyt převládá od 550 do 650 m (obr. č. 27).

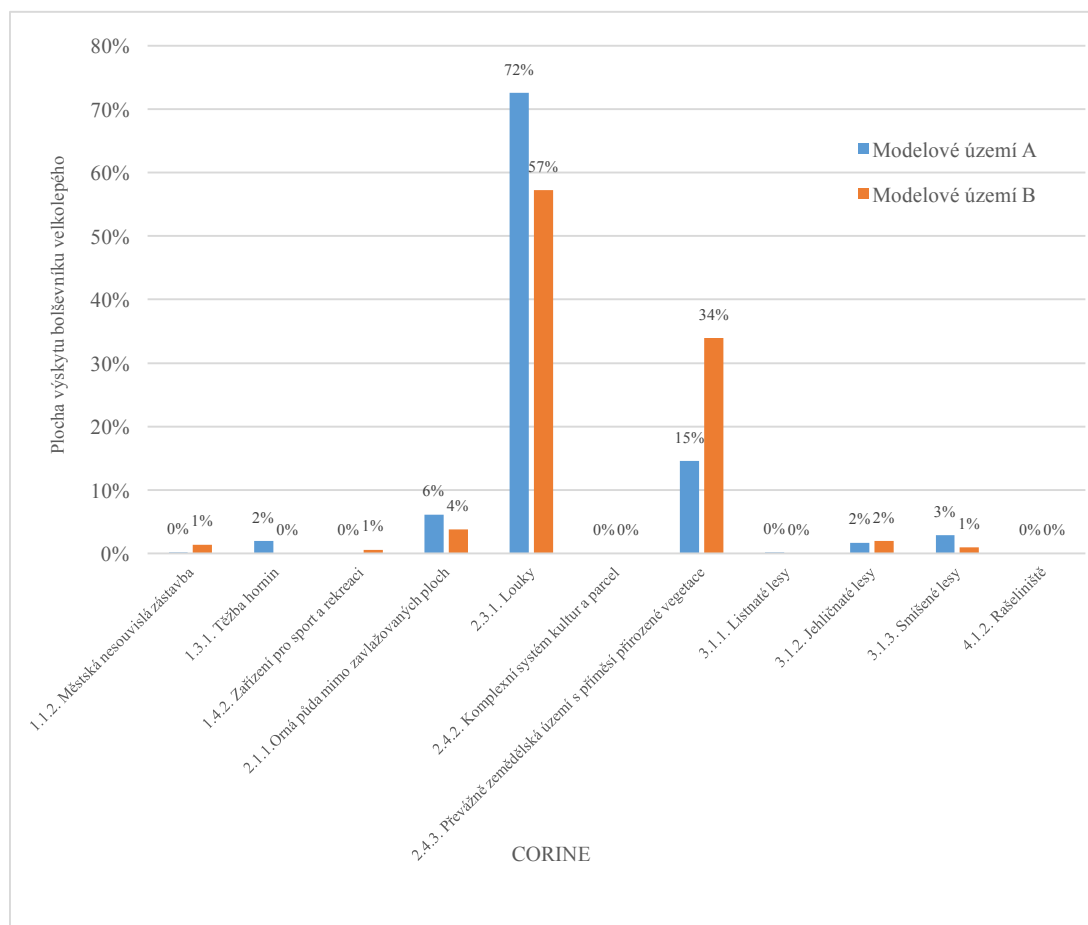


Obr. č. 27: Vyjádření výskytu bolševníku velkolepého ve výškových stupních v poměru ploch těchto stupňů.

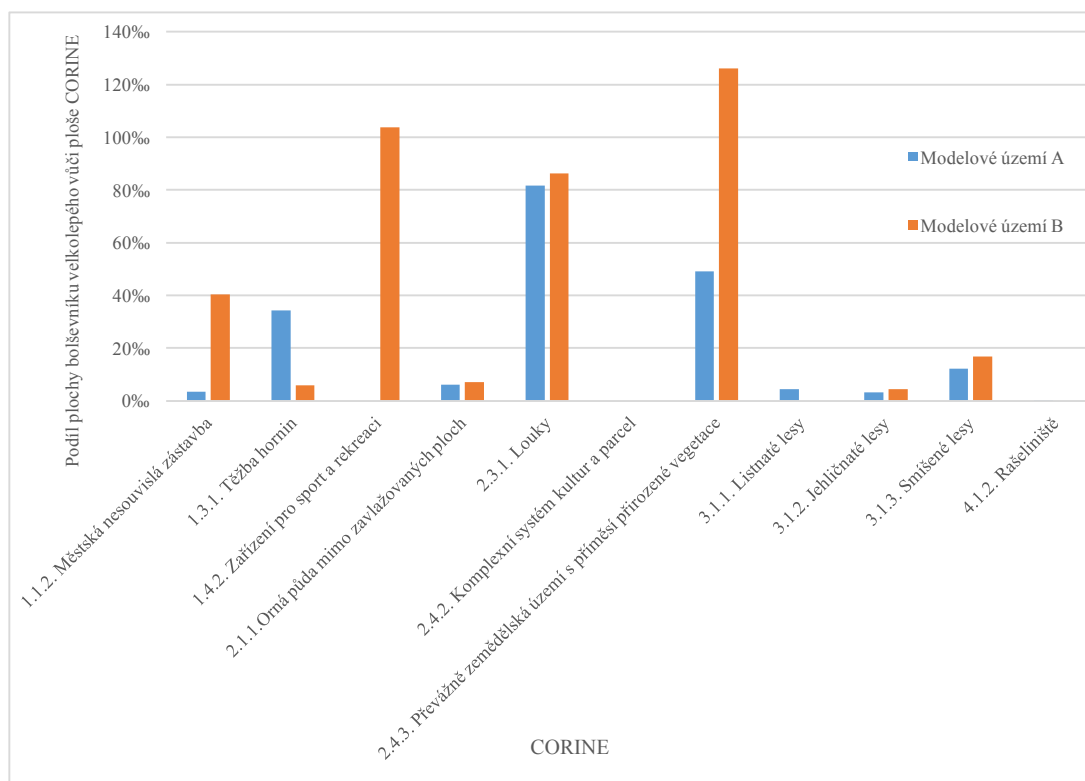
## 4.2 Vliv krajinného pokryvu území na rozšíření druhu

Při vyhodnocení procentuální plochy výskytu bolševníku velkolepého na určitých typech krajinného pokryvu podle CORINE Land Cover, výskyt u obou dílčích částí modelového území výrazně převažuje na kategorii s označením 2.3.1. tedy luční stanoviště, které jsou podle nomenklatury CORINE (1995) definovány jako plochy s hustým travinným porostem s převahou rostlin z čeledi *Poaceae*, a které jsou sloužící převážně pro pastvu. Nejsou zde zahrnuty plochy, na kterých se střídají plodiny. Dalším typem krajinného pokryvu, na kterém je výskyt bolševníku znatelný pro obě dvě části modelového území jsou plochy s kódovým označením 2.4.3, tedy plochy převážného zemědělského území s příměsí přirozené vegetace, které jsou podle nomenklatury CORINE definované jako plochy s maximálním výskytem orné půdy v rozmezí od 25 do 75 % a žádná z přírodních složek (přírodní vegetace, pastviny, lesy, vřesoviště, vodní plochy nebo skalní výchozy) nezaujímá sama o sobě plochu větší než 25 ha. Na místech jiných ploch krajinného pokryvu je výskyt bolševníku velice nízký (obr. č. 28).

Při vyhodnocení dat podílem celkové plochy výskytu bolševníku nacházejícího se na určité jednotce CORINE s plochou této jednotky, bolševník zaujímá největší podíl pro dílčí část A na Loukách, podíl části B je zde však velice podobný. U části B je podíl nejvyšší na převážně zemědělském území s příměsí přirozené vegetace. Značně výrazný je podíl na části B u plochy s označením 1.4.2. Zařízení pro sport a rekreaci (obr. č. 29).



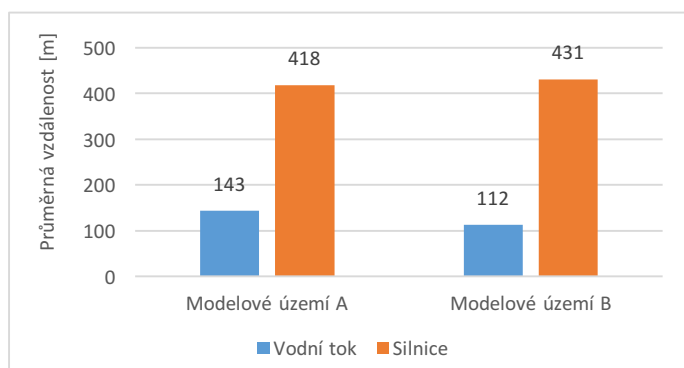
Obr. č. 28: Grafické znázornění procentuální plochy výskytu bolševníku velkolepého a různých druhích krajinného pokryvu CORINE.



Obr. č. 29: Vyjádření podílu výskytu bolševníku velkolepého v jednotlivých kategoriích CORINE Land Cover vůči ploše těchto kategorií.

### 4.3 Vztah rozšíření druhu vůči liniovým prvkům

Údaje získané z měření vzdálenosti výskytu bolševníku velkolepého od liniových prvků typu vodní tok a silnice vykazují jistou podobnost. Průměrná hodnota vzdálenosti bolševníku od vodního toku je v modelovém území A 143 m, u modelového území B pak 112 m. Stejně tak podobné jsou i průměrné vzdálenosti výskytu bolševníku od silnic. U modelového území A je průměrná hodnota vzdálenosti rovna 418 m. U modelového území B je tato hodnota rovna 431 m (obr. č. 30).



Obr. č. 30: Průměrná vzdálenost výskytu bolševníku velkolepého k liniovým prvkům.

## 5 Diskuze

Zjištěné hodnoty rozšíření bolševníku velkolepého na základě nadmořské výšky kromě absence výskytu nad hranicí 650 m n. m. neposkytly při porovnání dvou dílčích částí území prokazatelné výsledky. Nulový výskyt bolševníku velkolepého nad 650 m n. m. není v souladu s dosavadní znalostí druhu. A to jak v oblasti jeho původního výskytu, tak i v našich podmínkách. V domovině bolševníku velkolepého na Západním Kavkazu je jeho přítomnost zjištěna v rozmezí 50 až 2000 m nad mořem (Otte a kol., 2007). Na našem území byl výskyt prokázán v rozmezí od 100 m po více než 1000 m n. m. (Pyšek, 1991). V oblasti Slavkovského lesa, jenž je první oblastí, do které byl bolševník v rámci České republiky zavlečen, a která se nachází v těsné blízkosti modelového území (do 10 km) se tento druh běžně vyskytuje nad hranicí 650 m n. m (Perglová a kol., 2007). Spatřuji dva základní důvody, proč se bolševník velkolepý nenachází nad touto hranicí. Prvním z nich je výškové rozložení modelového území. V nadmořské výšce nad 650 m n. m. se zde totiž rozkládá pouze 0,8 % z jeho celkové výměry. Druhým důvodem je vegetační pokryv těchto nejvyšších partií modelového území. Při porovnání mapy výškového členění s mapou krajinného pokryvu CORINE je zřejmé, že jsou tyto části bez přítomnosti bolševníku velkolepého pokryty jehličnatým lesem. Což je podle Pyška a Pyška (1995) jedním z mála habitatů, v kterém se bolševník nevyskytuje.

Naproti tomu výsledky procentuálního zastoupení bolševníku velkolepého na jednotlivých jednotkách krajinného pokryvu CORINE vykazují jednoznačnou převahu bolševníku v lučních společenstvech v obou dílčích částech modelového území. Bolševník je považován za rostlinu se schopností invaze v širokém spektru habitatů, proto by tento výsledek nemusel být úplně očekávaný. Nicméně polopřirozená společenstva, jako jsou právě louky, která začal bolševník zplevelovat v poslední fázi svého invazního procesu, kdy se začal exponenciálně šířit (Pyšek, 1994) patří ve střední Evropě k nejčastěji invadovaným společenstvům. Především opuštěné, nebo nepravidelně obhospodařované a ruderální porosty (Thiele a kol, 2007). V tomto případě by nemuselo jít ani o zkreslení výsledku v důsledku celkové plochy lučních společenstev, které v modelovém území představují 31 % z celkové výměry. Plocha orné půdy bez závlah je se svými 29 % z celkové plochy modelového území druhou nejzastoupenější jednotkou CORINE a výskyt bolševníku velkolepého zde nedosahuje ani 5 %.

Vodní toky a silnice patří mezi liniové prvky v krajině, které jsou považovány za hlavní vektory šíření tohoto druhu. Proudící voda může semena bolševníku unášet na značné vzdálenosti. Větší toky sloužili zejména v rané fázi invaze k jeho rozšíření (Pyšek., 1994). Vyhodnocená data ukazují relativně malou průměrnou vzdálenost výskytu bolševníku velkolepého k vodním tokům na obou částech modelového území (A: 143 m, B: 112 m). Trasa větších toků se nápadně shoduje s CORINE jednotkou 2.4.3. nesoucí označení „Převážné zemědělské území s příměsí přirozené vegetace“, která v obou částech modelového území obsahuje druhé nejvyšší procentuální zastoupení bolševníku (A: 15 %, B: 34 %). V případě silnic, mohou být semena unášena prouděním vzduchu od projíždějící dopravy nebo ulpíváním semen na pneumatikách dopravních prostředků (Tiley a kol., 1996). Průměrná vzdálenost výskytů bolševníku od silnic je však více než trojnásobná oproti vodním tokům.



## 6 Závěr

Předkládaná bakalářská práce měla za cíl posouzení prostorových souvislostí rozšíření bolševníku velkolepého v rámci vybraného území na Karlovarsku. V rámci literární rešerše byly vysvětleny základní pojmy týkající se rostlinných invazí, používané dále v textu. Následovalo přiblížení problematiky s ohledem na negativní dopad invazí na ekonomiku, biodiverzitu a lidské zdraví, doplněné o konkrétní příklady jednotlivých rostlin. Pro zhodnocení české květeny v souvislosti s nepůvodními a invazními druhy byla použita statistická data.

Hlavní část rešerše bylo podrobné zpracování charakteristiky bolševníku velkolepého shrnující dosavadní poznatky o historii a dynamice jeho šíření, biologických a ekologických vlastnostech a jeho negativních vlivech, kvůli kterým je tento druh potřeba omezovat. V souladu s těmito poznatky byly rozebrány a zhodnoceny nejběžnější způsoby, kterými je možné s tímto druhem bojovat. Kromě popsání způsobu, jak omezovat přímo tento druh byla nastíněna i fáze, která by tomuto měla přecházet, a to u kteréhokoliv invazního druhu – fáze mapování. Zde byly popsány základní rozdíly mezi pozemními způsoby mapování a dále nastíněny možnosti dálkového průzkumu Země společně s využitím geografických informačních systémů. V poslední části rešerše byla uvedena charakteristika vybraného území podložená tematickými mapovými výstupy.

V praktické části bylo využito dat pocházejících z mapování invazních rostlin pro projekt „Omezení výskytu invazních rostlin v Karlovarském kraji“ z roku 2012, která byla sbírána terénním šetřením v digitálním formátu. Na jejich sběru se autor práce podílel. Tato sesbíraná data posloužila v rámci vymezeného modelového území k hledání prostorových souvislostí rozšíření bolševníku velkolepého. Zkoumán byl jeho vztah k nadmořské výšce, krajinnému pokryvu a liniovým prvkům. K provedení těchto analýz byl použit (GIS) geografický informační systém ArcMap od společnosti ESRI, obsahující potřebné funkce pro tento účel. Data s výskytem bolševníku byla v tomto programu prostorově členěna a opatřována potřebnými informacemi z volně dostupných mapových podkladů. Výstupem byly údaje o výměře bolševníku, rozdělené podle nadmořské výšky a druhu krajinného pokryvu CORINE. Dále byla zjištěna vzdálenost jednotlivých výskytů k vodním tokům a silnicím.

V případě údajů o vertikálním rozložení výskytu bolševníků na prostoru modelového území se nepodařilo prokázat korelace rozšíření tohoto druhu v souvislosti s nadmořskou výškou. Zajímavější poznání umožnila data o výměrách bolševníku v jednotlivých kategoriích CORINE. Zde se těžištěm výskytu bolševníku ukázala být luční společenstva, s čímž se ztotožňují i dosavadní poznatky z odborné literatury. Relativně nízká průměrná vzdálenost výskytů bolševníku od vodních toků naznačuje jejich potenciální významnost pro šíření tohoto druhu.

## 7 Citovaná literatura

ANDERSEN, U. V., CALOV, B. 1996. Long-term effects of sheep grazing on giant hogweed (*Heracleum mantegazzianum*). *Hydrobiologia*. 340:277-284.

BARNETT, D. T., STOHLGREN, T. J., JARNEVICH, C. S., CHONG, G. W., ERICSON, J. A., DAVERN, T. R., SIMONSON, S. E. 2007. The art and science of weed mapping. *Environmental Monitoring and Assessment*. 132:235-252.

BUTTENSCHØN, R. M., NIELSEN, C. 2007. Control of *Heracleum mantegazzianum* by grazing. In: Pyšek, P. a kol. (eds). *Ecology and management of giant hogweed*. Wallingford: CABI, s. 240-254. ISBN 9781845932060.

BÜTTNER, G., FERANEC, J., JAFFRAIN, G., MARI, L., MAUCHA, G., SOUKUP, T. 2004. The Corine land cover 2000 project. *EARSeL eProceedings*. 3(3):331-346.

CAFFREY, J. M. 1999. Phenology and long-term control of *Heracleum mantegazzianum*. *Hydrobiologia*. 415:223-228.

COOKSEY, D., SHELEY, R. L. 2002. Montana noxious weed survey and mapping system. MSU Extensice Service. Bozeman, Montana.

DAWE, N. K., WHITE, E. R. 1979. Giant Cow Parsnip (*Heracleum mantegazzianum*) on Vancouver Island, British Columbia. *Canadian Field Naturalist*. 93:81-83.

DEMEK, J. 1965. *Geomorfologie Českých zemí*. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd, s. 336.

DEMEK, J., MACKOVČIN, P., BALATKA, B., BUČEK, A., CIBULKOVÁ, P., CULEK, M., ČERMÁK, P., DOBIÁŠ, D., HAVLÍČEK, M., HRÁDEK, M., KIRCHNER, K., LACINA, J., PÁNEK, T., SLAVÍK, S., VAŠÁTKO, J. 2006. *Hory a nížiny. Zeměpisný lexikon ČR. 2. upravené vydání*. Brno: MŽP ČR, 582 s.

EPPO. 2009. EPPO data sheet on invasive alien plants: *Heracleum mantegazzianum*, *Heracleum sosnowskyi* and *Heracleum persicum*. *Eppo Bulletin*. 39(3):489-499.

EVERITT, J. H., ANDERSON, G. L., ESCOBAR, D. E., DAVIS, M. R., SPENCER, N. R., ANDRASCIK, R. J. 1995. Use of remote sensing for detecting and mapping leafy spurge (*Euphorbia esula*). *Weed Technol.* 9(3):599-609.

FADING, P., WATSON, M. F. 2005. *Heracleum*. In: *Flora of China Editorial Committee (eds). Flora of China vol. 14 (Apiaceae through Ericaceae)*. St Louis: Science Press, Beijing and Missouri Botanical Garden Press, s. 194.

GLOWKA, L., BURHENNE-GUILMIN, F., SYNGE, H. 1994. A guide to the Convention on Biological Diversity. Switzerland, Gland: IUCN the World Conservation Union. 161 s. ISBN 2-8317-0222-4.

HALOUNOVÁ, L., PAVELKA, K. 2005. Dálkový průzkum Země. Praha: Vydavatelství ČVUT, 192 s. ISBN 978-80-01-03124-7

HEJDA M., PYŠEK P., JAROŠÍK V. 2009. Impact of invasive plants on the species richness, diversity and composition of invaded communities. *Journal of Ecology*. 97:393-403.

HERDE, A. 2005. Untersuchung der Cumarinmuster in Früchten ausgewählter Apiaceae. PhD thesis, University of Hamburg, Germany.

HOLUB, J. 1997. *Heracleum L.* – bolševník. In: Slavík, B. a kol. Květena ČR 5. Praha: Academia, s. 386-395. ISBN 80-200-0590-0.

CHOCHOLOUŠKOVÁ, Z. 2007. Propojení geografických a geobotanických metod při mapování flóry a vegetace velkých městských aglomerací na příkladu Plzně. *Miscellanea Geographica: Universitatis Bohemiae Occidentalis*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta pedagogická, Katedra geografie, č. 13, s. 113-118.

JOSHI, C., DE LEEUW, J., VAN DUREN, I. C. 2004. Remote sensing and GIS applications for mapping and spatial modelling of invasive species. *Proceedings of ISPRS*. 35:B7.

KETTUNEN, M., GENOVESI, P., GOLLASCH, S., PAGAD, S., STARFINGER, U., TEN BRINK, P., SHINE, C. 2008. Technical support to EU strategy on invasive species (IAS) - Assessment of the impacts of IAS in Europe and the EU (final module report for the European Commission). Belgium, Brussels: Institute for European Environmental Policy (IEEP), s. 124.

KOKALY, R. F., DESPAIN, D. G., CLARK, R. N., LIVO, K. E. 2003. Mapping vegetation in Yellowstone National Park using spectral feature analysis of AVIRIS data. *Remote Sensing of Environment*. 84(3):437-456.

KRINKE, L., MORAVCOVÁ, L., PYŠEK, P., JAROŠÍK, V., PERGL, J., PERGLOVÁ, I. 2005. Seed bank of an invasive alien, *Heracleum mantegazzianum*, and its seasonal dynamics. *Seed Science Research*. 15(3):239-248.

KŘIVÁNEK, M. 2006. Biologické invaze a možnosti jejich předpovědi: (predikční modely pro stanovení invazního potenciálu vyšších rostlin). Průhonice: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, 73 s. ISBN 8085116464.

KŘIVÁNEK, M. Rostlinné invaze - pět otázek a pět odpovědí. *Ochrana přírody: časopis státní ochrany přírody*. Praha: Environs, 2004, 59(1), pp.10-12.

LAAIDI, M., LAAIDI, K., BESANCENOT, J., THIBAUDON, M. 2003. Ragweed in France: an invasive plant and its allergenic pollen. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*. 91(2):195-201.

LAGEY, K., DUINSLAEGER, L., VANDERKELEN, A. 1995. Burns induced by plants. *Burns*. 21(7):542-543.

LAWRENCE, R. L., WOOD, S. D., SHELEY, R. L. 2006. Mapping invasive plants using hyperspectral imagery and Breiman Cutler classifications (RandomForest). *Remote Sensing of Environment*. 100(3): 356-362.

LONSDALE, M., BRAITHWAITE, R. 1988. The shrub that con-quered the bush. *New Scientist*. 120:52-55.

LVONČÍK, S., NOVÁKOVÁ, J., KAPITOLA, P. 2010. Bolševník velkolepý *Heracleum mantegazzianum* Sommier and Levier. Těšnov: Ministerstvo zemědělství ČR ve spolupráci se Státní rostlinolékařskou správou.

MADDEN, M. 2004. Remote sensing and geographic information system operations for vegetation mapping of invasive Exotics. *Weed Technology*. 18(sp1):1457-1463.

PATHAK, M. A. 1986. Phytophotodermatitis. *Clinics in Dermatology*. 4(2):102-121.

MACHAR, I., DROBILOVÁ, L. 2012. Ochrana přírody a krajiny v České republice: vybrané aktuální problémy a možnosti jejich řešení. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, s. 421-853. ISBN 978-80-244-3041-6.

MARKOVÁ, Z., HEJDA, M. 2011. Invaze nepůvodních druhů jako environmentální problém. *Živa*, č. 1, s. 10-14.

MASOCHA, M., SKIDMORE, A. K. 2011. Integrating conventional classifiers with a GIS expert system to increase the accuracy of invasive species mapping. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 13(3):487-494.

MÍSAŘ, Z. a kol. 1983. Geologie ČSSR I. Český masív. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 333 s.

MORAVCOVÁ, L., PERGLOVÁ, I., PYŠEK, P., JAROŠÍK, V., PERGL, J. 2005. Effects of fruit position on fruit mass and seed germination in the alien species *Heracleum mantegazzianum* (*Apiaceae*) and the implications for its invasion. *Acta Oecologica*. 28:1-10.

MORAVCOVÁ, L., PYŠEK, P., KRINKE, L., PERGL, J., PERGLOVÁ, I., Thompson, K. 2007. Seed germination, dispersal and seed Bank in *Heracleum mantegazzianum*. In: Pyšek, P. a kol. (eds.). *Ecology & Management of Giant*

Hogweed (*Heracleum mantegazzianum*). Wallingford: CABI, s. 74-91. ISBN 978-1-84593-206-0.

MÜLLEROVÁ, J., PYŠEK, P., JAROŠÍK, V., PERGL, J. 2005. Aerial photographs as a tool for assessing the regional dynamics of the invasive plant species *Heracleum mantegazzianum*. J. Appl. Ecol. 42:1042-1053.

NENTWIG, W. 2014. Nevítání vetřelci: invazní rostliny a živočichové v Evropě. Přeložil Pergl, J. Praha: Academia, 248 s. ISBN 978-80-200-2316-2.

NĚMEČEK, J., MUHLHANSELOVÁ, M., MACKŮ, J., VOKOUN, J., VAVŘÍČEK, D., NOVÁK, P. 2011. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. 2. uprav. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, 94 s. ISBN 978-80-213-2155-7.

NIELSEN, C., RAVN, H. P., NENTWIG, W., WADE, M. (eds.). 2005. The giant hogweed best practice manual. Guidelines for the management and control of an invasive weed in Europe. Denmark, Hoersholm: Forest & Landscape, 44 s.

NIELSEN, C., VANAGA, I., TREIKALE, O., PRIEKULE, I. 2007. Mechanical and chemical control of *Heracleum mantegazzianum* and *H. sosnowskyi*. In: Pyšek, P. a kol. (eds.). Ecology and management of giant hogweed (*Heracleum mantegazzianum*). Wallingford: CABI, s. 226-239.

OTTE, A., ECKSTEIN, R. L., THIELE, J. 2007. *Heracleum mantegazzianum* in its primary distribution range of the Western Greater Caucasus. In: Pyšek, P. a kol. (eds.). Ecology and management of giant hogweed (*Heracleum mantegazzianum*). Wallingford: CABI, s 20-41.

PAGE, N. A., WALL, R. E., DARBYSHIRE, S. J., MULLIGAN, G. A. 2006. The biology of invasive alien plants in Canada. 4. *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier. Canadian Journal of Plant Science. 86(2):569-589.

PARKER, I. M., SIMBERLOFF, D., LONSDALE, W. M., GOODELL, K., WONHAM, M., KAREIVA, P. M., WILLIAMSON, M. H., VON HOLLE, B., MOYLE, P. B., BYERS, J. E., GOLDWASSER, L. 1999. Impact: toward a framework for understanding the ecological effects of invaders. Biological invasions. 1(1):3-19.

PERGL J., PYŠEK P., PERGLOVÁ I. ET MORAVCOVÁ L. 2008. Bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum*): velkolepý modelový druh v invazní ekologii. – Zprávy České botanické společnosti 43, Materiály 23:81-90.

PERGL J., PERGLOVÁ I., PYŠEK P., DIETZ H. 2006. Population age structure and reproductive behavior of the monocarpic perennial *Heracleum mantegazzianum* (*Apiaceae*) in its native and invaded distribution range. Amer. J. Bot. 93:1018-1028.

PERGLOVÁ I., PERGL J., PYŠEK P. 2006. Flowering phenology and reproductive effort of the invasive alien plant *Heracleum mantegazzianum*. Preslia. 78:265-285.

PERGLOVÁ I., PERGL, J., PYŠEK, P., MORAVCOVÁ, L. 2007. Bolševník velkolepý - mýty a fakta o ekologii invazního druhu. Živa, č. 4, 2007, s. 153-157.

PERGLOVÁ, I., PERGL, J., PYŠEK, P. 2007. Reproductive ecology of *Heracleum mantegazzianum*. In: Pyšek, P. a kol. (eds.). Ecology & Management of Giant Hogweed (*Heracleum mantegazzianum*). Wallingford: CABI, s. 55-73. ISBN 978-1-84593-206-0.

PIMENTEL, D., LACH, L., ZUNIGA, R., MORRISON, D. 2000. Environmental and economic costs associated with non-indigenous species in the United States. BioScience. 50(1):53–65.

PIMENTEL, D., MCNAIR, S., JANECKA, J., WIGHTMAN, J., SIMMONDS, C., O'CONNELL, C., WONG, E., RUSSEL, L., ZERN, J., AQUINO, T., TSOMONDO, T. 2001. Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. Agriculture, Ecosystems & Environment. 84(1):1-20.

PIRA, E., ROMANO, C., SULOTTO, F., PAVAN, I., MONACO, E. 1989. *Heracleum mantegazzianum* growth phases and furocoumarin content. Contact Dermatitis. 21(5):300-303.

PYŠEK, P., RICHARDSON, D. M., REJMÁNEK, M., WEBSTER, G. L., WILLIAMSON, M., KIRSCHNER, J. 2004. Alien Plants in Checklists and Floras: Towards Better Communication between Taxonomists and Ecologists Taxon. 53(1):131-143.

PYŠEK, P. 1994. Ecological aspects of invasion by *Heracleum mantegazzianum* in the Czech Republic. In: Waal, L. C. a kol. Ecology and management of invasive riverside plants. England, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, s. 45-54.

PYŠEK, P. 1991. *Heracleum mantegazzianum* in the Czech Republic: dynamics of spreading from the historical perspective. Folia Geobotanica et Phytotaxonomica. 26:439-454.

PYŠEK P., DANIHELKA, J., SÁDLO, J., CHRTEK, J. (JR), CHYTRÝ, M., JAROŠÍK, V., KAPLAN, Z., KRAHULEC, F., MORAVCOVÁ, L., PERGL, J., ŠTAJEROVÁ, K., TICHÝ, L. 2012.: Catalogue of alien plants of the Czech Republic (2nd edition): checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns. Preslia. 84:155–255.

PYŠEK, P. 1995. On the terminology used in plant invasion studies. In: Plant invasion – General aspects and special problems. The Netherlands, Amsterdam: SPB Academic Publishing, s. 71-81.

PYŠEK, P., KRAHULEC, F. 2001. Důsledky rostlinných invazí. In: Rostlinné invaze. Brno: Rezekvítek, s. 10-14.

PYŠEK, P., CHYTRÝ, M., PERGL, J., SÁDLO, J., WILD, J. 2012. Plant invasions in the Czech Republic: current state, introduction dynamics, invasive species and invaded habitats. *Preslia*, 84:576-630.

PYŠEK, P., PRACH K. 2003. Research into plant invasion in a crossroads region: history and focuc. *Biological Invasion*. 5:337-348.

PYŠEK, P., PYŠEK, A. 1995. Invasion by *Heracleum mantegazzianum* in different habitats in the Czech Republic. *Journal of Vegetation Science*, 6:711-718.

PYŠEK, P., PERGLOVÁ, I., KRINKE, L., JAROS, V., LENKA, J. P. 2007. Regeneration ability of *Heracleum mantegazzianum* and implications for control. In: Pyšek, P. a kol. (eds.). *Ecology and Management of Giant Hogweed (Heracleum mantegazzianum)*, s. 112-125.

PYŠEK, P., KRINKE, L., JAROŠÍK, V., PERGLOVÁ, I., PERGL, J., & MORAVCOVÁ, L. 2007b. Timing and extent of tissue removal affect reproduction characteristics of an invasive species *Heracleum mantegazzianum*. *Biological Invasions*. 9(3):335-351.

REINHARDT, F., HERLE, M., BASTIANSEN, F., STREIT, B. 2003. *Ökologische Folgen der Ausbreitung von Neobiota*. Germany, Berlin: Umweltbundesamt.

RHYMER, J. M., SIMBERLOFF, D. 1996. Extinction by hybridization and introgression. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 27:83–109.

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(2):93-107.

STONER, J. G., RASMUSSEN, J. E. 1983. Plant dermatitis. *Journal of the American Academy of Dermatology*. 9(1):1-15.

SVOBODA, J. 1964. *Regionální geologie ČSSR, Díl 1. Český masív. Svazek 2 Algonikum – kvartér*. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd, Ústřední ústav geologický, 543 s.

THIELE, J., OTTE, A. 2007. Impact of *Heracleum mantegazzianum* on invaded vegetation and human activities. In: Pyšek, P. a kol. (eds.). *Ecology & Management of Giant Hogweed (Heracleum mantegazzianum)*. Wallingford: CABI, s. 144-156. ISBN 978-1-84593-206-0.

THIELE, J., OTTE, A., ECKSTEIN, R. L. 2007. Ecological needs, habitat preferences and plant communities invaded by *Heracleum mantegazzianum*. In: Pyšek, P. a kol. (eds.). *Ecology & Management of Giant Hogweed (Heracleum mantegazzianum)*. Wallingford: CABI, s. 126-143. ISBN 978-1-84593-206-0.



- THOMPSON, J. 1991. The biology of an invasive Plant. *BioScience*. 41(6):393-401.
- THOMPSON, K. 1987. Seeds and seed banks. *New Phytologist*. 106:23–34.
- TILEY, G. E. D., DODD, F. S., WADE, P. M. 1996. *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier. *Journal of Ecology*. 84(2):297-319.
- TILEY, G. E. D., PHILP, B. 1997. Observations on flowering and seed production in *Heracleum mantegazzianum* in relation to control. In: Brock, J. H. a kol. *Plant invasions: Studies from North America and Europe*. The Netherlands, Leiden: Backhuys Publishers, s. 123-137.
- TOMÁŠEK, M. 2007. *Půdy České republiky*. Praha: Česká geologická služba, 67 s.
- UNDERWOOD, E., USTIN, S., DIPIETRO, D. 2003. Mapping nonnative plants using hyperspectral imagery. *Remote sensing of environment*. 86(2):150-161.
- VATS, S. 2015. Herbicides: History, classification and genetic manipulation of plants for herbicide resistance. In: Lichtfouse, E. (ed.) *Sustainable Agriculture Reviews*. Springer International Publishing. 15:153-192.
- VOŽENÍLEK, V. 1998. *Geografické informační systémy*. 1. vyd. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 173 s. ISBN 807067802X.
- WEBB, C. J. 1981. Andromonoecism, protandry, and sexual selection in *Umbelliferae*. *New Zealand Journal of Botany*. 19(4):335-338.
- WESTBROOKS, R. G. 1998. *Invasive plants, changing the landscape of America*. Washington D.C.: Federal Interagency Committee for the Management of Noxious and Exotic Weeds, 109 s.
- WILCOVE, D. S., ROTHSTEIN, D., DUBOW, J., PHILLIPS, A., LOSOS, E. 1998. Quantifying threats to imperiled species in the United States. *BioScience*. 48:607–615.
- ZAHRADNICKÝ, J., MACKOVČIN, P., (EDS) A KOL. 2004. *Plzeňsko a Karlovarsko*. In: *Chráněná území ČR, svazek XI*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, 588 s.

## Internetové zdroje:

NEČAS, P., TRÉGLER, M. 2017. Likvidace bolševníku velkolepého na Mariolázeňsku. [on-line]. [Cit. 15. 4. 2017]. Dostupné z: <http://bolsevník.eu/index.php?id=o-projektech>

UNESCO World Heritage Centre 1992-2017. Western Caucasus [on-line]. [Cit. 15. 4. 2017]. Dostupné z: <http://whc.unesco.org/en/list/900/>.

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. Struktura DIBAVOD [on-line]. [Cit. 15. 4. 2017]. Dostupné z: <http://www.dibavod.cz/27/struktura-dibavod.html>.

Digitální vektorová geografická databáze České republiky ArcČR® 500. Arcdata Praha [on-line]. [Cit. 15. 4. 2017]. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500>.

Esri. 2017a. ArcGIS Pro – Tool Reference. [on-line]. [Cit. 15. 4. 2017]. Dostupné z: <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/analysis/clip.htm>.

Esri. 2017b. ArcGIS Pro – Tool Reference. [on-line]. [Cit. 15. 4. 2017]. Dostupné z: <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/analysis/split.htm>.

Esri. 2017c. ArcGIS Pro – Tool Reference. [on-line]. [Cit. 15. 4. 2017]. Dostupné z: <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/data-management/feature-to-point.htm>

ČÚZK. 2017a. Geoportál ČÚZK. Prohlížečící služba Esri ArcGIS Server - Geomorfologické jednotky ČR – 1998. [on-line]. [Cit. 15. 4. 2017]. Dostupné z: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(vbnjttqrbezckhkljivv25pq\)\)/Default.aspx?menu=3144&mode=TextMeta&side=wms.AGS&metadataID=CZ-CUZK-AGS-GEOMORF&metadataXSL=metadata.sluzba](http://geoportal.cuzk.cz/(S(vbnjttqrbezckhkljivv25pq))/Default.aspx?menu=3144&mode=TextMeta&side=wms.AGS&metadataID=CZ-CUZK-AGS-GEOMORF&metadataXSL=metadata.sluzba).

ČÚZK. 2017b. Geoportál ČÚZK. Prohlížečící služba WMS - DMR 5G (Stínovaný model reliéfu) [on-line]. [Cit. 15. 4. 2017]. Dostupné z: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(snljwaxpdrezoafhmwfp2u\)\)/Default.aspx?menu=3130&mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-DMR5G&metadataXSL=metadata.sluzba](http://geoportal.cuzk.cz/(S(snljwaxpdrezoafhmwfp2u))/Default.aspx?menu=3130&mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-DMR5G&metadataXSL=metadata.sluzba).

Czech geological survey (CGS). 2017a. Geological map of the Czech Republic 1:50000(GEOCR50). [on-line]. [Cit. 15. 4. 2017]. Dostupné z: <http://mapy.geology.cz/arcgis/services/Geologie/geocr50/MapServer/WmsServer> (Czech only)

Czech geological survey (CGS). 2017b. Soil map 1:1000000. [on-line]. [Cit. 15. 4. 2017]. Dostupné z: [http://mapy.geology.cz/arcgis/services/Inspire/Pudni\\_typy/MapServer/WMSServer](http://mapy.geology.cz/arcgis/services/Inspire/Pudni_typy/MapServer/WMSServer).

CENIA. 2017. Klimatické oblasti ČR (1901-2000). Prohlížečská služba. [on-line]. [Cit. 15. 4. 2017]. Dostupné z:  
[http://geoportal.gov.cz/arcgis/services/CENIA/cenia\\_klima/MapServer/WmsServer?SERVICE=WMS&REQUEST=GetCapabilities](http://geoportal.gov.cz/arcgis/services/CENIA/cenia_klima/MapServer/WmsServer?SERVICE=WMS&REQUEST=GetCapabilities).

European Environment Agency (EEA). 2017. Corine Land Cover 2012 seamless vector data [on-line]. [Cit. 15. 4. 2017]. Dostupné z:  
<http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>. Data dostupná z:  
<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/clc-2012-vector>.

European Environment Agency (EEA). 1995. Corine Land Cover – Part 2: Nomenclature [on-line]. [Cit. 15. 4. 2017]. Dostupné z:  
<http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-part2>.

## Seznam obrázků:

Obr. č. 1: Habitus bolševníku velkolepého ( <i>Heracleum mantegazzianum</i> ) (Orel, 2014).....	17
Obr. č. 2: Detail rozkvétajícího okolíku složeného z okolíčků (Orel, 2015).....	20
Obr. č. 3: Semenáčky bolševníku velkolepého (Orel, 2013).....	21
Obr. č.4: Zapojený porost bolševníku velkolepého (Orel, 2013).....	23
Obr. č. 5: Holá půda pod hustým porostem bolševníku velkolepého (Orel, 2013).....	24
Obr. č. 6: Rychlá regenerace bolševníku velkolepého po sečení (Orel, 2013).....	26
Obr. č. 7: Mechanická metoda likvidace – odstraňování okolíků (Orel, 2013).....	27
Obr. č. 8: Reakce bolševníku velkolepého na herbicid (Orel, 2013).....	28
Obr. č. 9: Chemická likvidace pomocí totálního herbicidu (Orel, 2015).....	29
Obr. č. 10: Vymezení modelového území (vlastní zpracování na podkladech: ArcČR®500, 2017; DIBAVOD, 2017).....	32
Obr. č. 11: Znázornění geomorfologického členění modelového území (vlastní zpracování na podkladu: ČÚZK, 2017).....	34
Obr. č. 12: Grafické znázornění výskytu hornin v rámci modelového území (vlastní zpracování na podkladu: CGS, 2017a).....	36
Obr. č. 13: Grafický mapa hlavních půdních typů v rámci modelového území (vlastní zpracování na podkladu: CGS, 2017b).....	38
Obr. č. 14: Mapa klimatických oblastí (vlastní zpracování na podkladech: CENIA, 2017; DIBAVOD, 2017; ArcČR®500, 2017).....	39
Obr. č. 15: Hydrologická mapa (vlastní zpracování na podkladech: DIBAVOD, 2017; ArcČR®500).....	41
Obr. č. 16: Uživatelské rozhraní aplikace GIS Pro (snímek obrazovky).....	43
Obr. č. 17: Znázornění funkce <i>Clip</i> (Esri, 2017a).....	45
Obr. č. 18: Znázornění funkce <i>Split</i> (Esri, 2017b).....	46
Obr. č. 19: Rozčlenění modelového území na základě nadmořské výšky (vlastní zpracování na podkladech: ArcČR500®, 2017; ČÚZK, 2017b).....	47
Obr. č. 20: Využití území dle CORINE (vlastní zpracování na podkladu: EEA, 2017).....	49
Obr. č. 21: Ilustrace funkce Feature To Point (Esri, 2017c).....	50

Obr. č. 22: Vyobrazení výskytu bolševníku velkolepého jako bodů (vlastní zpracování na podkladech: ArcČR®500, 2017; DIBAVOD, 2017).	51
Obr. č.23: Procentuální znázornění výskytu bolševníku velkolepého podle pokryvnosti.	52
Obr. č. 24: Zobrazení výskytu bolševníku velkolepého na základě pokryvnosti v modelové území A (vlastní zpracování na podkladu: DIBAVOD,2017).	53
Obr. č. 25: Zobrazení výskytu bolševníku velkolepého na základě pokryvnosti v modelové území B (vlastní zpracování na podkladu: DIBAVOD, 2017).	54
Obr. č. 26: Znázornění procentuální plochy výskytu bolševníku velkolepého v různých nadmořských výškách.	55
Obr. č. 27: Vyjádření výskytu bolševníku velkolepého ve výškových stupních v poměru ploch těchto stupňů.	56
Obr. č. 28: Grafické znázornění procentuální plochy výskytu bolševníku velkolepého a různých druhů krajinného pokryvu CORINE.	57
Obr. č. 29: Vyjádření podílu výskytu bolševníku velkolepého v jednotlivých kategoriích CORINE Land Cover vůči ploše těchto kategorií.	58
Obr. č. 30: Průměrná vzdálenost výskytu bolševníku velkolepého k liniovým prvkům.	58

### Seznam tabulek:

Tab. č. 1: Geomorfologické členění podle Demek a kol. (2006).	33
Tab. č. 2: Rozlišení kategorií pokryvnosti	44