

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Katedra ekologie a životního prostředí



Morfologie a množství jedu zmije obecné (*Vipera berus*)  
v oblasti Krkonoš

Morphology and quantity of venom of European Adder (*Vipera berus*) in the Krkonoše  
mountains

Martin Ertner

Bakalářská práce

předložená

na katedře Ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Bc. v oboru

Ekologie a ochrana životního prostředí

Vedoucí práce: Mgr. Lukáš Weber

Olomouc 2019



## **Bibliografická identifikace:**

Ertner M. 2019. Morfologie a množství jedu zmijs obecné (*Vipera berus*) v oblasti Krkonoš. Bakalářská práce. Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci. 57 pp.

## **Abstrakt:**

Zmijs obecná (*Vipera berus*) je náš jediný původní jedovatý had. Jed tohoto druhu je hemotoxický s hemoragickými a vasodilatačními účinky, s letální dávkou 15 mg u dospělého člověka. Tato práce se zabývá závislostí vybraných morfologických parametrů a množstvím jedu *V. berus* na geografických a klimatických podmínkách. Současně studuje aktivitu *V. berus* v závislosti na stanovištních podmínkách (teplota, vlhkost). Během dvou let výzkumu jsem pozoroval 107 jedinců. Nejdelším jedincem byla samice s délkou těla 670 mm, která byla nalezena v nadmořské výšce 700 m n. m. Nejmenším jedincem byla také samice, s délkou těla 450 mm, opět v nadmořské výšce 700 m n. m. Samci byli nacházeni ve velikostech mezi 500 a 600 mm. Závislost množství jedu na některém z faktorů nebyla statisticky signifikantní, stejně jako závislost velikosti a váhy jedinců na geografických faktorech. V této práci však bylo zjištěno, že nejvyšší pravděpodobnost nálezu *V. berus* a tedy i její aktivita je při teplotě 20 – 25°C. Maximální množství jedu odebraného během této práce činilo 13,6 mg u samice, minimální pak 0,7 mg také u samice. Průměrně množství se pohybovalo okolo 5 mg. Není ještě úplně jasné, zda má na množství jedu vliv pohlaví či klimatické podmínky nebo geografické podmínky. Je však zřejmé, že se jedná o toxikologický nezanedbatelný druh.

Klíčová slova: zmijs obecná, *Vipera berus*, morfologie, jed, aktivita

## **Bibliographical identification:**

Ertner M. 2019. Morphology and quantity of venom of European Adder (*Vipera berus*) in the Krkonoše mountains. Bachelor thesis. Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University in Olomouc. 57 pp.

## **Abstract:**

European Adder (*Vipera berus*) is our only original venomous snake. Venom of this species is with haemotoxic, haemorrhagic and vasodilating effects. The lethal dose is 15 mg for a human. This work deals with the dependence of selected morphological parameters and the amount of venom of *V. berus* based on geographical and climatic conditions. Other aim of this study is an activity of *V. berus* depending on the site conditions (temperature, humidity). During two years of research, I observed 107 individuals. The longest individual was a female with a body length of 670 mm, which was found at an altitude of 700 m a. s. l. The smallest individual was a female with a body length of 450 mm, again at an altitude of 700 m a. s. l. The dependence of the amount of venom on any of the factors was not statistically significant ( $p > 0.05$ ), as well as the dependence of the size and weight of the individuals on geographical factors. In this work was found that the highest probability of finding *V. berus* and its activity is at the temperature between 20-25 °C. The maximum amount of venom collected during this work was 13.6 mg in the female, while the minimum amount was 0.7 mg in the female too. The average amount of venom was about 5 mg. It is not entirely clear whether gender, climatic or geographical conditions affect the amount of venom. However, it is important toxic species.

Keywords: European Adder (*Vipera berus*), morphology, venom, activity.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Lukáše Webera s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci dne 25. července 2019

.....

**Martin Ertner**

# Obsah

Seznam tabulek .....	vii
Seznam obrázků .....	viii
Seznam příloh .....	ix
Seznam zkratk .....	x
Poděkování.....	xi
1. Úvod .....	12
1.1. Charakteristika zmije obecné ( <i>Vipera berus</i> ) .....	13
1.2. Jedový aparát a jed .....	16
2. Cíle práce .....	20
3. Materiál a metody.....	21
3.1. Charakteristika lokalit .....	21
3.2. Metoda odchytu a morfologické parametry.....	24
3.3. Odběr a analýza vzorku jedu .....	26
4. Výsledky .....	28
4.1. Základní morfologické parametry <i>V. berus</i> v závislosti na vybraných faktorech: .....	29
4.2. Množství jedu <i>V. berus</i> v závislosti na morfologických a stanovištních podmínkách.....	30
4.3. Aktivita <i>Vipera berus</i> v závislosti na klimatických podmínkách .....	32
5. Diskuse.....	36
5.1. Základní morfologické parametry <i>V. berus</i> v závislosti na vybraných faktorech .....	36
5.2. Aktivita <i>Vipera berus</i> vzhledem ke klimatickým podmínkám.....	39
6. Závěr .....	42
7. Literatura.....	43
8. Příloha .....	47

## Seznam tabulek

Tab. 1 - Pozorování <i>V. berus</i> na jednotlivých lokalitách za rok 2018 a 2019.....	28
Tab. 2 – Počet odchycených a změřených jedinců na jednotlivých lokalitách za rok 2018. ....	29
Tab. 3 – Množství jedu <i>V. berus</i> pro každého z odchycených jedinců. ....	30
Tab. 4 – Aktivita <i>V. berus</i> vzhledem k teplotě při povrchu země, vlhkosti vzduchu a srážkám za rok 2018.....	34
Tab. 5 – Aktivita <i>V. berus</i> vzhledem k teplotě při povrchu země, vlhkosti vzduchu a srážkám za rok 2019.....	35

## Seznam obrázků

Obr. 1 - Pohlavní dimorfismus <i>V. berus</i> (samec označen modře, samice červeně).....	15
Obr. 2 – Lebka a jedový aparát čeledi viperidae. ....	17
Obr. 3 – Lokalita Vízov.....	22
Obr. 4- Lokalita Hubertuska. ....	23
Obr. 5 - Lokalita Maxovka. ....	24
Obr. 6 – Vyznačené hlavové štítky ( <i>pileus</i> ) hada, určené k rozpoznání jedince. ....	25
Obr. 7 – Fixace hlavy <i>V. berus</i> ; samec, 570 mm. ....	26
Obr. 8 – Korelace množství jedu [mg] a pohlaví (f – samice, m – samec). ....	32
Obr. 9 – GLM model pravděpodobnosti nálezu <i>V. berus</i> v závislosti na teplotě. ....	33



## Seznam příloh

Příloha 1 – Lokalita Vízov (700 m n. m.).	47
Příloha 2 – Lokalita Hubertuska (850 m n. m.).	47
Příloha 3 – Lokalita Maxovka (970 m n. m.).	48
Příloha 4 – Gravidní samice zmiije obecné ( <i>Vipera berus</i> ) na lokalitě Vízov.	48
Příloha 5 – Samec zmiije obecné ( <i>Vipera berus</i> ) na lokalitě Hubertuska.	49
Příloha 6 – Zmiije obecná morpha prester ( <i>Vipera berus</i> m. prester).	49
Příloha 7 - Vber-18-6-17-Zacl-2-f-630-272 ( <i>Pileus rostrale</i> - červená, p. frontale –zelená, p. internasale – žlutá).	50
Příloha 8 - Vber-18-6-17-Zacl-3-f-510-143 (určení jedince – tvar p. frontale, počet p. internasale a tvar p. rostrale).	50
Příloha 9 - Vber-18-6-24-Hub-5-m-590-214.	51
Příloha 10 - Vber-18-6-24-Zacl-4-f-670-236.	51
Příloha 11 - Vber-18-6-30-Hub-7-f-550-187.	52
Příloha 12 - Vber-18-6-30-Max-8-m-570-231.	52
Příloha 13 - Vber-18-6-30-Zacl-6-f-450-127.	53
Příloha 14 - Vber-18-7-9-Hub-10-f-510-213.	53
Příloha 15 - Vber-18-7-9-Max-9-f-540-173.	54
Příloha 16 - Vber-18-7-15-Hub-11-f-580-216.	54
Příloha 17 - Vber-18-7-15-Max-12-m-560-149.	55
Příloha 18 - Vber-18-7-20-Hub-13-f-490-129.	55
Příloha 19 - Vber-18-7-20-Zacl-14-f-540-189.	56
Příloha 20 - Vber-18-7-20-Zacl-15-f-580-172.	56
Příloha 21 – Lyofilizace na přístroji SANVAC COOLSAFE 110 – 4 PRO a vážení sušiny jedu.	57

## Seznam zkratek

AOPK – Agentura ochrany přírody a krajiny

CMR – capture – mark – recapture

F – pileus frontale

FTL – doba smrti prvního intoxikovaného zvířete

IN – pileus internasale

LD<sub>50</sub> – dávka jedu, která usmrtí 50% intoxikovaných zvířat

LD<sub>100</sub> – nejnižší dávka jedu se 100% letalitou

LMT – doba smrti posledního intoxikovaného zvířete

Ltot – délka těla od špičky ocasu po nasální štítek

R – pileus rostrale

WHO – Světová zdravotnická organizace

## **Poděkování**

Za odborné vedení mé práce velmi děkuji Mgr. Lukáši Weberovi. Další velké poděkování patří Mgr. Martinu Bitomskému za pomoc při statistickém zpracování dat a také Dr. Lucii Borkové z Katedry organické chemie za odbornou pomoc při práci v laboratoři. Děkuji své rodině za zájem a podporu při studiu i výzkumu a v neposlední řadě patří velké poděkování mému kamarádovi Romanu Schrollovi za pomoc v terénu a rady při manipulaci s hady.

Výzkum proběhl na základě povolení Správy KRNAP č. 28/2018.

V Olomouci, 25. července 2019

## 1. Úvod

Početnost druhů plazů a jejich populací klesá na celém světě vysokou rychlostí a spolu s obojživelníky a ptáky ubývají dokonce nejrychleji ze všech druhů obratlovců na světě (Böhm et. al. 2016). Dle studie Böhm (2016), v níž proběhlo globální hodnocení rizika extinkce ve vzorku 1500 druhů plazů, se v posledních letech zjistilo, že vyhynutím je ohrožena celá pětina druhů z daného vzorku, přičemž nejvíce ohroženy jsou druhy sladkovodní jako např. krátkokrčka hnědáva (*Pseudemydura umbrina*), tropické např. zmije pobřežní (*Bitis nasicornis*) nebo stromové druhy zmijí rodu *Atheris* a druhy ostrovní, např. želva angonoka (*Geochelone yniphora*) nebo varan komodský (*Varanus komodoensis*). Ochrana plazů byla dlouhou dobu neefektivní a o jejich snižujícím se počtu byl nedostatek údajů (Tingley et. al. 2013). Plazi jsou ve srovnání s homioi termními obratlovci, kteří jsou vybaveni vyšší schopností se přemísťovat a šířit, vázaní na malou část svého přirozeného prostředí, a z tohoto důvodu jsou ohroženi náhlými změnami v habitatu (Moravec et. Berc 2015). Mezi nejvážnější problémy patří fragmentace krajiny a obchod za účelem chovu (Kopij 2015). V České republice patří k největším hrozbám pro tuto skupinu živočichů zvětšení zemědělských půdních bloků spolu se ztrátou migračních tras v krajině, dále zástavba, zarůstání krajiny v důsledku změn v obhospodařování a také ničení úkrytů a zimovišť. Pro plazy a zejména hady je dále nebezpečné rozšiřování intenzivní pastvy, zvýšená chemizace v zemědělství včetně používání pesticidů, i rostoucí automobilismus (Voženílek 2000, Moravec et Berc 2015). Dle Zavadil et al. (2008) a Moravec et Berc (2015) jsou plazi na území ČR ohroženi také nepůvodními predátory, zejména norkem americkým (*Neovison vison*), mývalem severním (*Procyon lotor*), prasetem divokým (*Sus scrofa*), případně psíkem mývalovitým (*Nyctereutes procyonoides*). V neposlední řadě je velkým problémem také nedostatečná osvěta veřejnosti a s ní související tlak ze strany lidí, což platí zejména pro jediného jedovatého hada ČR – *V. berus* (Moravec et. Berc 2015). Úbytek početnosti populací tohoto druhu je zřejmý téměř v celé západní a střední Evropě (Fritz et al. 2004, Klinge et. Winkler 2004).

Podle Moravec et. Berc (2015) se v ČR z hadů vyskytují čtyři druhy užovek, užovka obojková (*Natrix natrix*), užovka hladká (*Coronella austriaca*), užovka

stromová (*Zamenis longissima*), užovka podplamatá (*Natrix tessellata*), a dále zmije obecná (*Vipera berus*). *V. berus* má v přírodě nezastupitelný význam, zejména jako predátor drobných hlodavců (Voženílek 2000), nepochybně je významná také v naší kultuře a to např. strachem z uštknutí (Moravec et. Berc 2015). Tento druh je ohrožen zejména změnami v krajině (Fritz et al. 2004, Klinge et Winkler 2004). Stálé populace jsou v dnešní době omezeny především na výše položené oblasti v nadmořské výšce nad 500 m n. m. (Hrnčiarová et. al 2009, Moravec et. Berc 2015). V takových místech došlo k výrazným poklesům jejich početnosti z důvodu rozsáhlých meliorací, které vedly k zániku mozaiky vlhkých a podmáčených biotopů, kde tento druh nachází potravu a úkryt ve vegetaci (Zwach 2013, Moravec et. Berc 2015). Ve studii Pecina (1991) může být hlavní příčinou úbytku početnosti jedinců, kontaminace celého potravního řetězce pesticidy. Také současná plošná zástavba krajiny a plošné zalesňování, mají na populace zmiji negativní dopad, jelikož tento druh vyhledává zejména mozaikovitou krajinu (Moravec et. Berc 2015). V ČR má negativní vliv také stále se zvyšující turistický ruch, *V. berus* tak přichází častěji do kontaktu s lidmi. Podobně je na tom také zmiji velice podobná užovka hladká (*Coronella austriaca*), kterou laická veřejnost s tímto druhem často zaměňuje. Pro nezastupitelný význam tohoto druhu je nezbytné zajistit jejich ochranu a také ochranu jejich přirozeného prostředí, k čemuž částečně přispívá i tato práce.

### **1.1. Charakteristika zmije obecné (*Vipera berus*)**

*Vipera berus* (Linnaeus, 1758) je náš jediný původní jedovatý had. Patří dle vyhlášky č. 395/1992 Sb. ve znění vyhlášky č. 175/2006 Sb. mezi zvláště chráněné druhy a do kategorie druhů kriticky ohrožených. Podle Červeného seznamu obojživelníků a plazů ČR (Chobot & Němec 2017) je vedena jako druh zranitelný (VU). Dle Červeného seznamu IUCN (IUCN 2017), je klasifikována jako málo dotčená (LC).

*V. berus* se v ČR vyskytuje v poddruhu zmije obecná severní (*V. berus berus*) a jedná se o mírně zavalitý druh hada s výrazným pohlavním dimorfismem (Moravec et. Berc 2015). Samice jsou obvykle robustnější a větší než samci, obvykle dorůstají do 800 mm, výjimečně okolo 900 mm, samci dorůstají nejčastěji do 700 mm (Voženílek 2000). S vysokou přesností lze pak pohlaví určit dle počtu subkaudálních šupin (Tomovic 2002). Tento počet se jen minimálně překrývá a lze dle něj určit i pohlaví čerstvě narozených mláďat (Rehák 1992). Dle Kminiak et Kalúz (1983)

a Rehák (1992) zmije v ČR nepřesahují 700 mm, což dokazuje i největší exemplář, ze sbírky Národního muzea, kterým je samice s celkovou délkou těla 715 mm (Moravec et. Berec 2015), avšak Voženílek (2000) publikoval nález samce s délkou těla 900 mm. Ocas je u tohoto druhu relativně krátký, dokonce nejkratší ve srovnání s našimi ostatními druhy hadů (Moravec et. Berec 2015). Zaujímá cca 9 – 20 % délky těla, v závislosti na pohlaví (Rehák 1989). Váha *V. berus* se pohybuje okolo 200 g, samice mohou mít až 300 g (Speybroeck et al. 2016). Dle Voženíka (2000) existuje spojitost mezi délkou těla a věkem *V. berus*, mláďata se rodí s délkou těla 120 – 250 mm a v prvním roce života může dorůst 175 – 310 mm. Ve druhém roce života je jejich velikost mezi 260 a 400 mm, ve třetím roce 350 – 550 mm, čtvrtém roce 440 – 600 mm a v pátém roce 511 – 665 mm, při čemž horní hranice se týká spíše samic (Rehák 1992, Voženílek 2000). Podle práce Reháka (1992) je růst mláďat nejprve velmi rychlý, mezi 4 a 11 rokem je už však velmi pozvolný. *V. berus* se může dožít až 15 let (Voženílek 2000). Dle Phelps (2004) je horní věková hranice dokonce 30 let.

Jedním z nejdůležitějších morfologických znaků pro rozpoznávání jedince *V. berus* je soubor hlavových štítků tzv. pileus (Obr. 6), ten je tvořen větším množstvím nestejně velkých štítků (Bauwens et al. 2018). Počet těchto štítků kolísá od 9 – 39, nejčastěji je to 24 – 27 štítků (Štraub 1968). U druhu *V. berus* mají jedinci ve většině případů pět větších hlavových štítků (jeden *pileus frontale*, dva *pileus supraoculare* a dva *pileus parietale*), jen zcela ojediněle se u nás můžeme setkat s jedinci, u kterých je pileus tvořen devíti štítky, jako u našich užovek (Štraub 1968, Moravec et. Berec 2015). Poměrně běžná je však fragmentace *pileus parietale* (Štraub 1968). Nejstabilnějšími jsou štítky na rostrální straně hlavy, zvané *pileus rostralis*. Oko zmije obklopují štítky zvané *pileus subocularia*, nejčastěji v počtu 6 – 11 (Rehák 1989, Voženílek 2000). Dorzální šupiny jsou na těle uspořádány zpravidla v 21, vzácněji v 19 a 23 řadách (Rehák 1989). Dorzální šupiny jsou výrazně kýlnaté, výjimku tvoří pouze šupiny krajních řad (Voženílek 2000). Průměrný počet ventrálních šupin je u samců zpravidla mírně nižší než u samic, naopak počet párů subkaudálních šupin je u samců výrazně vyšší a anální štítek je celistvý (Moravec et. Berec 2015).

Zbarvení *V. berus* je ve srovnání s ostatními našimi hady velice variabilní a i zde se ukazuje výrazný pohlavní dimorfismus (Voženílek 2000; Moravec et. Berec 2015; Speybroeck 2016). Samci jsou většinou šedí, šedohnědí nebo šedobílí, v době rozmnožování mají často stříbřitý nebo světle modravý nádech (Obr. 1). Samice jsou

spíše hnědé a kresba na jejich těle není tak výrazná. (Speybroeck et al. 2016). Na hlavě zmije se nachází kresba ve tvaru obráceného V nebo také X, od ní poté vede tmavě hnědý nebo černý klikatý pruh, který je v ČR většinou souvislý (Voženílek 2000; Moravec et. Berec 2015). Mláďata jsou většinou hnědá nebo hnědočervená s tmavší hnědou kresbou (Moravec et. Berec 2015; Speybroeck et. al 2016).



Obr. 1 - Pohlavní dimorfismus *V. berus* (samec označen modře, samice červeně).

*V. berus* se vyskytuje v několika barevných formách, které mohou být velmi výrazně odlišné od klasicky zbarvených jedinců (Voženílek 2000). Nejčastější aberací jsou melanističtí jedinci (*m. prester* LINNAEUS 1761). Jedná se o uniformně černě zbarvené jedince s výjimkou bílých štítků (*pileus supralabialia*) a bílého hrdla, dále mají tyto jedinci výrazně červené oko a nažloutlou až výrazně oranžovou spodní stranu špičky ocasu (Moravec et. Berec 2015). Dle Voženílka (2000) se jedinci morpha *prester* rodí klasicky zbarvení a postupně tmavnou ve druhém a třetím roce života. Strugariu et Zamfirescu (2009) uvádí, že se však v některých případech mohou rodit již černě zbarvená mláďata. Roesler (1927) zjistil ze vzorku 1398 zmijí, že je v populaci zastoupeno 6,6 % melanistických jedinců. Melanistické formy zmijí tvoří i samci (Vogel 1950). Lokálně se však může výskyt černých jedinců u samic převládat (Luiselli 1992). Další nápadnou odchylkou ve zbarvení je morpha *chelsea* (LINNAEUS 1758). *V. berus m. chelsea* je výrazně rezavě červená nebo hnědočervená forma zmije obecné bez zřetelného klikatého pruhu na dorzální straně těla (Voženílek 2000).

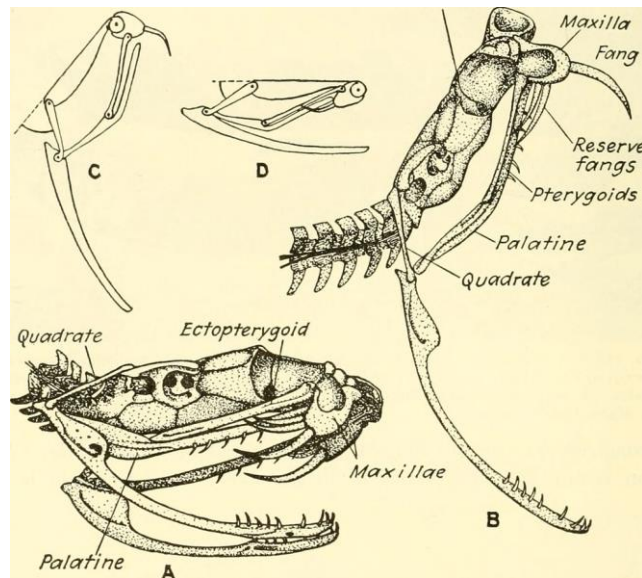
*V. berus* žije skrytým způsobem života, žije tedy na místech s vysokým počtem potencionálních úkrytů (Vogel 1950, Moravec et. Berec 2015). Po ukončení zimování se samci a v menší míře i samice, v blízkosti zimoviště, intenzivně vyhřívají a to po dobu 1 – 1,5 měsíce, poté dochází, na přelomu dubna a května, k páření, které může trvat až do začátku června. (Voženílek 2000). Po páření se samci přesunují na jiná místa, kde tráví zbytek sezóny, samice se zdržují zpravidla na místech, kde došlo k páření (Phelps 2004). Při vyrušení zmije obvykle zalézají do blízkého úkrytu a často, ihned poté co nebezpečí pomine, opět vylézají na původní místo (Moravec et. Berec 2015). Pokud se však *V. berus* nemůže obrátit na útěk nebo je přímo napadena, uchyluje se k obraně, která spočívá v esovitém složení přední části těla a hlasitém syčení (Arbuckle 2012). Pokud vyrušení pokračuje, snaží se útočníka zastrašit výpadem (Arbuckle 2012). Potravou *V. berus* tvoří drobní hlodavci a hmyzožravci, popřípadě i ještěrka živorodá (*Zootoca vivipara*) a hnědí skokani rodu *Rana* (Moravec et. Berec 2015). Dle studie Šebely (1980) zabírající se potravní skladbou, byly ve 127 vzorcích nalezeny druhy: zejména z norník ruděhý (*Clethrionomys glareolus*) – 27,6%, hraboš polní (*Microtus arvalis*) – 5,5%, ještěrka živorodá (*Zootoca vivipara*) – 5,5%, rejsek obecný (*Sorex araneus*) – 4,8%, rejsek malý (*Sorex minutus*) – 0,8%. Ve vzorku, který čítal 12 juvenilních jedinců poté výrazně převažovaly ještěrky a to až z 80% (Šebela 1980).

## 1.2. Jedový aparát a jed

*V. berus* patří mezi takzvané aktivně fanerotoxické živočichy má jedovou žlázu, napojenou na jedové zuby, sloužící pro aplikaci jedu (Valenta 2008). *V. berus* patří, jako ostatní zmijovití hadi (viperidae), mezi hady se solenoglyfním typem jedových zubů (Rehák 1992, Valenta 2008, Moravec et Berec 2015). Ty jsou vyvinuty z původně nerýhovaných zubů horní čelisti (Rehák 1992). Skupina solenoglyfních hadů je vývojově nejpokročilejší, je vybavena velkými, sklopnými jedovými zuby, vpředu horní čelisti, s dokonale uzavřeným kanálkem (Rehák 1992, Voženílek 2000). Jedové zuby *V. berus* jsou umístěny v přední části horní čelisti (Voženílek 2000). V uzavřené tlamě jsou sklopené dozadu a uzavřené v tzv. slizniční řase (Rehák 1992). Vztyčení zubů zajišťuje kost příčná (*ectopterygoideum*), která se posunuje dopředu, tlačí na kost hornočelistní (*maxilla*) a tím způsobuje její pootočení do svislého postavení a vysunutí jedových zubů (Moravec et. Berec 2015). Jedové žlázy jsou umístěny po obou stranách zadní části hlavy a dle Reháka (1992) a Valenty (2008) je jed do rány vytlačen stažením



svalů, které tuto žlázu obklopují. Množství jedu tak může být regulováno. Jedové zuby nejsou trvalé, ale postupně jsou nahrazovány novými (Moravec et. Berc 2015).



Obr. 2 – Lebka a jedový aparát čeledi viperidae.

Jed je u *V. berus* vytvářen v jedové žláze (*glandula venosa*), která se vyvinula z části slinné žlázy na horní čelisti (*glandula maxillaris*). Jedová žláza je uložena za ní a hlouběji pod povrchem a je součástí trávicího ústrojí (Valenta 2008). Tato tekutina slouží k omámení či usmrcení kořisti, ale také pomáhá v trávení, pomocí enzymů v něm obsažených (Valenta 2008). Jed *V. berus* je, stejně jako u ostatních druhů hadů, složitou směsí jednotlivých složek, převážně povahy enzymatické, peptidové, polypeptidové a proteinových komponent, z 90% je tvořen vodou (Rehák 1992, Valenta 2008). Finální složení je vnitrodruhově, ale i v rámci ontogenetického vývoje jedince velmi variabilní (Valenta 2008). Jed obsahuje klinicky nebezpečné skupiny látek cirkulačních toxinů s vazodilatačním účinkem a hemoraginy, které zvyšují permeabilitu kapilár (Bocian 2016). Způsobují ztrátu tekutiny, iontů, proteinů a posléze, v nejtěžších případech, i krevních elementů (Valenta 2008). U *V. berus* však neobsahuje paralyzující postsynaptické neurotoxiny, kardiotoxiny, myotoxiny a látky nekrotizující (Zanetti 2018). Nicméně neurotoxické látky, jako např. presynapticky účinkující PLA<sub>2</sub>, se v jedu některých jedinců nacházejí v množství schopném vyvolat například inervaci svalstva obličeje (Valenta 2008, Malina 2013). Dle Voženílka (2000) a Valenty (2008) je jedním z hlavních parametrů účinnosti jedu jeho vlastní toxicita, pro možnost srovnání se udává množství jedu v poměru k hmotnosti oběti, nejčastěji myši. Minimální dávka, která usmrtí 50% intoxikovaných zvířat, se značí jako LD<sub>50</sub> a dále

LD<sub>100</sub> (CLD – certain lethal dose), tedy minimální dávka jedu, která usmrtí 100% intoxikovaných zvířat (Valenta 2008). Rychlost účinku a tedy i toxicita jedu se znázorňuje hodnotami FTL (fatal time limit), tedy dobou do smrti prvního zvířete nebo LMT (last mortality time), dobou do smrti posledního intoxikovaného zvířete (Valenta 2008). Hemoragické a nekrotizující účinky některých jedů se obecně dle doporučení WHO už od roku 1981 testují velikostí zóny afekce v první a třetí den po intoxikaci (Valenta 2008). Dle Voženílka (2000) je letální dávka je 15 mg sušiny jedu.

Dle studie Reid (1976) se příznaky intoxikace dělí dle schématu na příznaky minimální nebo úplně bez reakce, tedy maximálně lokální otok. Na lehkou reakci poté poukazuje větší otok s gastrointestiálními obtížemi, avšak bez dalších systémových postižení, střední reakci již může provázet lehké systémové postižení, rozsáhlý otok a také šok. Těžká reakce se projevuje rozsáhlým otokem, šokem trvajícím déle než 2 hodiny nebo také opakujícími se šokovými stavy a také těžkým systémovým postižením. Posledním stupněm reakce je reakce fatální. Mezi první příznaky intoxikace patří pocení, zvýšená teplota a žízeň, již několik minut po uštknutí může nastat zvracení, které bývá doprovázeno bolestmi charakteru koliky (Valenta 2008). K dalším příznakům patří pokles systémového tlaku až šok. Oběhové změny jsou uváděny v rozmezí 20 – 40% (Persson et Irestedt 1981, Stahel et al. 1985, Audebert et al. 1992). Fatální průběhy intoxikace jedem evropských zmijí jsou velmi vzácné, jsou však popsány z let 1958 – 1962 z tehdejšího Československa, kdy jsou uváděna průměrně 4,4% úmrtí na následky zranění jedovatými živočichy ročně, z toho asi polovina připadá na uštknutí *V. berus* (Kornalík 1967). Dle Valenty (2008) nebylo v ČR za posledních 20 let zaznamenáno úmrtí po uštknutí *V. berus*. Při první pomoci po uštknutí *V. berus* musí postupovat se stejnou péčí jako při uštknutí jakýmkoli jiným jedovatým hadem (Valenta 2008). Vhodná je zejména imobilizace postižené končetiny za pomoci dlahy a volné bandáže (Valenta 2008). Dle Záchrané zdravotnické služby patří mezi nejdůležitější složky první pomoci uklidnění postiženého a tím zpomalení šíření toxinu v těle. Pokud se postiženému netočí hlava nebo nepřichází do mdlob, může sedět, v žádném případě se nedoporučuje nadměrný pohyb (Valenta 2008). Pokud nedochází k rozvoji celkových příznaků intoxikace, je mimořádně vhodné podávání tekutin (Zwach 2013). Dle Valenty (2008) se však v žádném případě nedoporučuje podávání kofeinových nápojů a alkoholu. Po uklidnění intoxikované osoby je vhodné ihned zavolat Zdravotnickou záchranou službu (ZZS), u dětí je přivolání ZZS vždy nezbytné (Valenta 2008).

Naprosto nevhodné je rozřezávání, vypalování, vyplachování, vysávání či zaškrcování místa uštknutí z důvodu zvýšení poškození tkáně v místě uštknutí (Valenta 2008). Tato práce vznikla z důvodu nedostatku dat o ekologii *V. berus*, které mohou být použity v ochraně a navazující osvětové činnosti.

## 2. Cíle práce

1. Základní morfologické parametry *V. berus* v závislosti na vybraných faktorech:
  - a. srovnání délky jedince v závislosti na pohlaví a nadmořské výšce
  - b. srovnání váhy jedince v závislosti na pohlaví a nadmořské výšce
  - c. vytvoření databáze hlavových štítků *V. berus* pro CMR metodu
2. Množství jedu u *V. berus* stanovené metodou lyofilizace v závislosti na:
  - a. geografických podmínkách
  - b. morfologických parametrech
  - c. klimatických podmínkách
3. Aktivita zmije obecné (*V. berus*) v závislosti stanovištních podmínkách:
  - a. pravděpodobnost nálezu v závislosti na teplotě [°C] a vlhkosti [%]

### 3. Materiál a metody

#### 3.1. Charakteristika lokalit

Výzkum probíhal na třech lokalitách ve východních Krkonoších (Příloha 1–6). Tyto lokality jsou odlišné zejména nadmořskou výškou a vegetačním pokryvem. Dle (Quitt 1971) leží lokality v chladné klimatické oblasti CH4 a CH6. Roční srážkový úhrn v této oblasti je 850 – 900mm. Na každé ze třech lokalit byly rozmístěny data-loggery EasyLog, které po celou sezónu měřili teplotu (°C) a vlhkost vzduchu (%) s přesností 0,1.

První lokalita Vízov leží v nadmořské výšce 740 m n. m. Rozloha této lokality je přibližně 0,047 km<sup>2</sup>. Terén je zde mírně svažité s orientací na severovýchod. V údolí protéká Vízovský potok. Celé údolí je semknuto dvěma hřbety – z jihozápadu Dvorským vrchem a ze severovýchodu Žacléřským hřbetem. V jihovýchodní části lokality se nachází prameniště a tato část je tedy podmáčená, v jarním období zde roste prstnatec májový (*Dactylorhiza majalis*). V pozdně jarním a letním období tato lokalita zarůstá vyššími rostlinami graminoidního vzhledu jako je ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*), srha říznačka (*Dactylis glomerata*) nebo psárka luční (*Alopecurus pratensis*). Ruiny domů, které zanikly po odsunu německého obyvatelstva, jsou nyní zarostlé převážně brusnicí borůvkou (*Vaccinium myrtillus*), růží šípkovou (*Rosa canina*), břízou bělokorou (*Betula pendula*) a javorem klenem (*Acer pseudoplatanus*), skýtají tak ideální podmínky pro výskyt zmije obecné. Kromě *V. berus* se na této lokalitě ze syntopických druhů plazů vyskytuje ještěrka živorodá (*Zootoca vivipara*), užovka obojková (*Natrix natrix*), slepýš křehký (*Anguis fragilis*) a z obojživelníků skokan hnědý (*Rana temporaria*) a ropucha obecná (*Bufo bufo*). Na nedalekém svahu také hnízdí čáp černý (*Ciconia nigra*), dle Moravec et. Berek (2015), jeden z možných predátorů zmije obecné. Z dalších možných predátorů můžeme jmenovat prase divoké (*Sus scrofa*) nebo čápa bílého (*Ciconia ciconia*), který sem zalétá z podhůří, kde hnízdí.



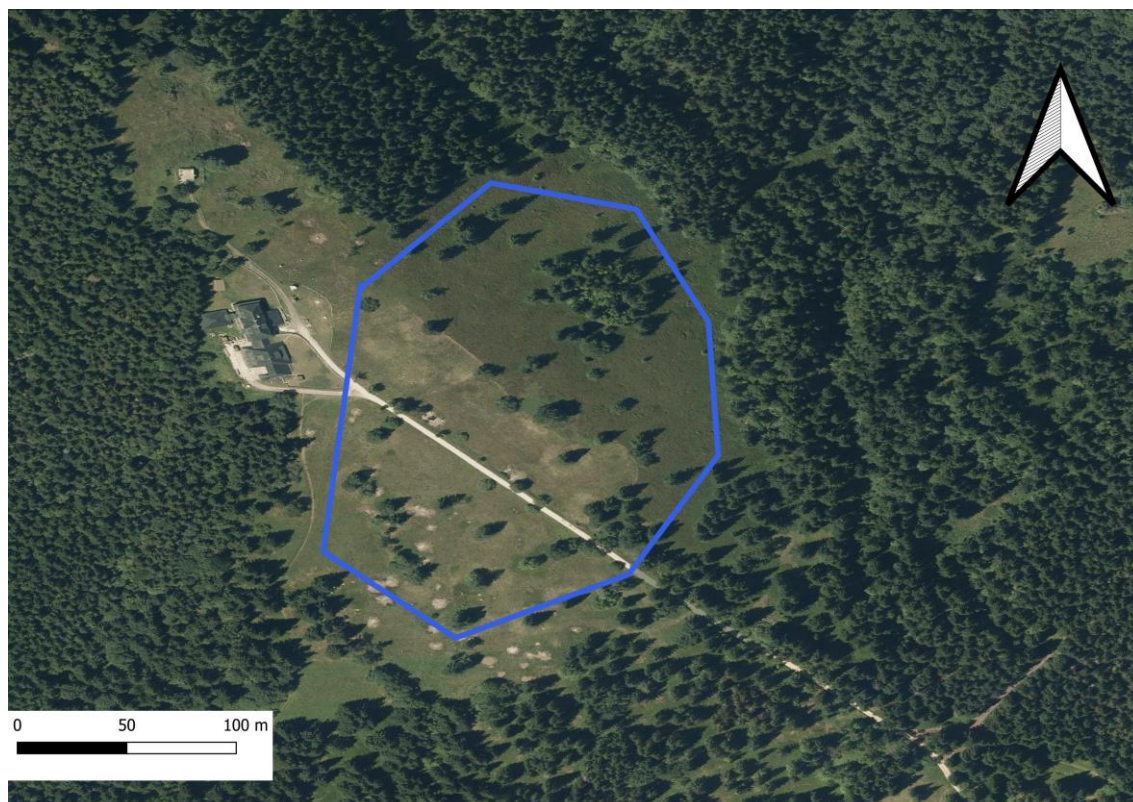
Obr. 3 – Lokalita Vízov.

Druhá lokalita Hubertuska leží v nadmořské výšce 850 m n. m. Rozloha této lokality je přibližně 0,14 km<sup>2</sup>. Terén na této lokalitě je svažité, na 300 metrů je zde převýšení 50m a orientace svahu je na východ. Jedná se o horské louky s kamenitými mezemi, na kterých roste zejména brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*), smilka tuhá (*Nardus stricta*) a vřes obecný (*Calluna vulgaris*). Meze jsou dále porostlé dřevinami s dominancí jeřábu ptačího (*Sorbus aucuparia*), růže šípkové (*Rosa canina*), dále se zde vyskytuje javor klen (*Acer pseudoplatanus*), smrk ztepilý (*Picea abies*) a jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*). V kořenových systémech těchto dřevin se nachází množství úkrytů, které slouží k zimování zmijí. Ve dvou případech jsou tyto úkryty prokazatelně využity. Na jižní straně této lokality se nachází několik betonových panelů, sloužících jako odkládiště balíků sena. V letním období, kdy je tato lokalita zarostlá vysokými rostlinami řádu *Poales*, je toto jediné místo vhodné k vyhřívání, většina jedinců se sem tedy přesouvá až do pozdního léta. Z ostatních druhů plazů zde žije ještěrka živorodá (*Zootoca vivipara*) a užovka obojková (*Natrix natrix*), mezi možné predátory na této lokalitě patří zejména prase divoké (*Sus scrofa*) a také nepůvodní šelma, psík mývalovitý (*Nyctereutes procynoides*).



Obr. 4- Lokalita Hubertuska.

Třetí lokalita Maxovka se nachází v nadmořské výšce 1000 m n. m. Rozloha této lokality je přibližně 0,037 km<sup>2</sup>. Terén na této lokalitě přechází z mírného svahu náhorní plošiny do prudkého klesání, směrem do Suchého dolu. V nejnižší položené části této lokality 950 m n. m. se nachází vřesoviště se solitérními smrky ztepilými (*Picea abies*), břízou bělokorou (*Betula pendula*), jeřábem ptačím (*Sorbus aucuparia*) a borovicí klečí (*Pinus mugo*). Horní partie v nadmořské výšce 1000 m n. m. jsou porostlé převážně smilkou tuhou (*Nardus stricta*), roste zde buk lesní (*Fagus silvatica*), smrk ztepilý (*Picea abies*), borovice kleč (*Pinus mugo*) a bříza bělokorá (*Betula pendula*). Dalším druhem plaza, obývajícím stejnou lokalitu je ještěrka živorodá (*Zootoca vivipara*). I v této nadmořské výšce se vyskytuje prase divoké (*Sus scrofa*) a také další možný predátor zmije obecné – jezevec lesní (*Meles meles*). Nyní je celá tato lokalita oplocená za účelem pastvy koní.



Obr. 5 - Lokalita Maxovka.

### 3.2. Metoda odchyty a morfologické parametry

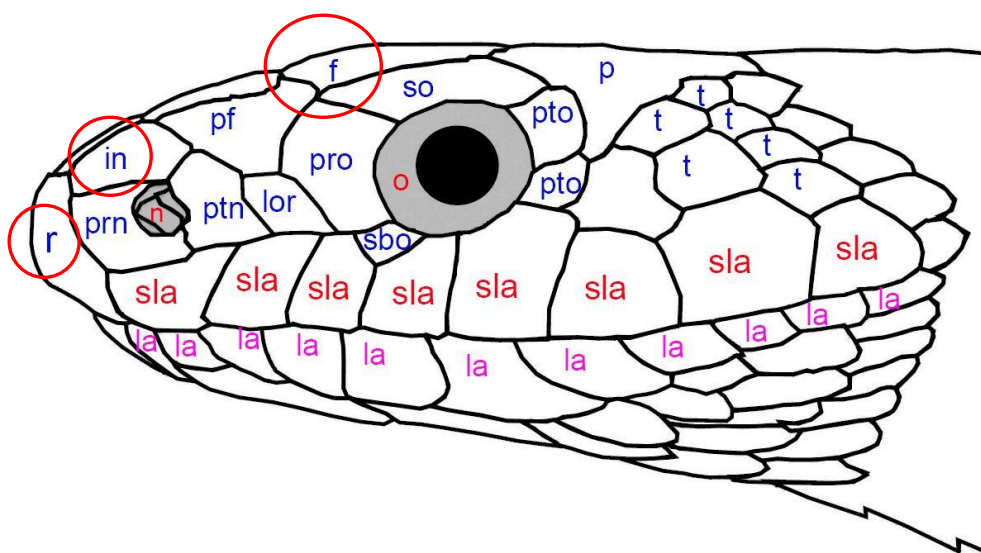
Odběry jedu probíhaly od dubna do července 2018. V roce 2019 probíhal již pouze sběr klimatických dat a zapisování pozorovaných jedinců druhu *V. berus*. Pro nalezení co možná největšího počtu jedinců bylo nutné při každé návštěvě a na každé lokalitě prohledat veškeré potencionální úkryty (kameny, kmeny či jiný materiál antropogenního původu (Božanskij et. Piščelev 1978; Jeřábková 2011)). Po příchodu na lokalitu jsem vhodná místa systematicky procházel dle metodiky AOPK ČR (Jeřábková 2011), při nálezů *V. berus* jsem zhodnotil její stav (gravidita, zdravotní stav) a poté jsem provedl odchyt. Pro výzkum jsem neodchytoval juvenilní jedince, gravidní samice a zvířata ve špatné fyzické kondici, tedy viditelně poraněné jedince (sečné rány) nebo v jednom případě silně podvyživené (Malina 2017).

K samotnému odchyty sloužilo několik různých pomůcek, speciálně vyrobených k odchyty hadů (Irwin 2013). Nejčastěji používaným nástrojem byla lékařská pinzeta dlouhá 46 cm, dalšími nástroji byli různě velké herpetologické háčky, které jsem používal při odchyty jedinců na lokalitě, ale také k imobilizaci hlavy před odběrem jedu (Irwin 2013). V nepřístupných částech, které byly zarostlé zejména růží šípkovou



(*Rosa canina*) jsem měl k dispozici herpetologickou vidlici. Ke zvýšení bezpečnosti práce jsem při odchytu používal také speciální rukavice VENOM DEFENDER SNAKE GLOVES vyrobené z několika vrstvého materiálu SuperFabric® od firmy Hex Armour. Tyto rukavice mají nejvyšší stupeň osvědčení proti propíchnutí injekční jehlou (EC Directive 89/686/EEC). Pro uklidnění zvířat jsem používal tmavé bavlněné pytle s tkaničkovým uzavíráním, kde byli hadi přechováváni pouze po dobu nezbytně nutnou (Malina 2017).

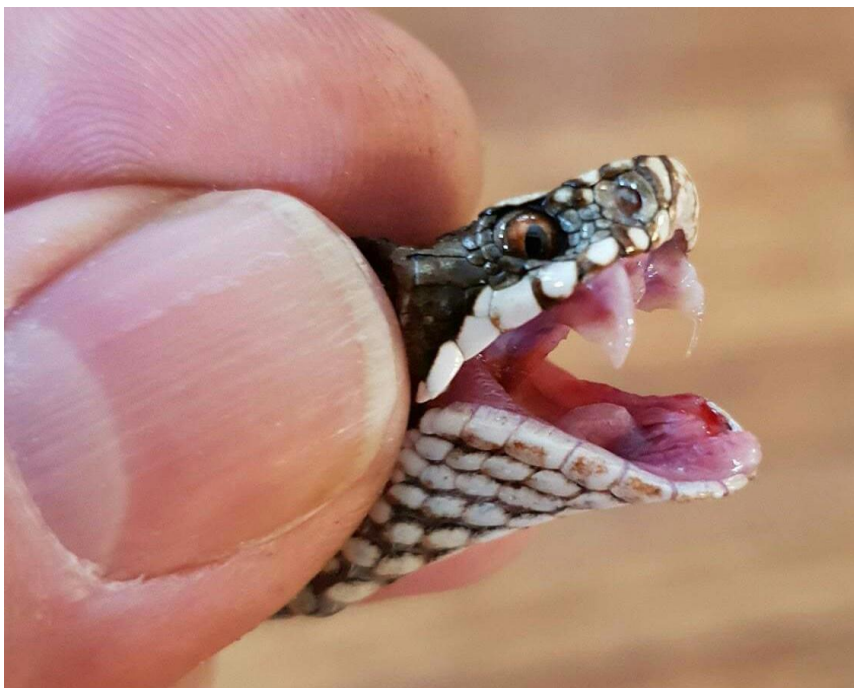
Samotný odchyt spočíval v co možná nejšetrnějším uchopení jedince za ocasní část a podebrání jedním z nástrojů v první třetině těla, což slouží opět ke zvýšení bezpečnosti při manipulaci a také k uklidnění zvířete (Irwin 2013). Odchycenému jedinci *V. berus* jsem jednak určil pohlaví dle zbarvení, délky ocasu a v případě nejistoty, prohmatáním kloakální části a nahmatáním hemipenisu (Moravec et Berek 2015). Změřil délku těla (Ltot), tedy od konce ocasu po nosní štítek [mm] pomocí krejčovského metru (Voženílek 1993) a dále jsem dle Voženílek (2000) jedince vždy zvážil v předem zváženém pytli na hady s pomocí závěsné váhy s přesností (1 g). Poté proběhl odběr jedu. Voženílek (2000) ve své práci používal mimo jiné určování jedinců dle hlavových štítků. Štítky jsem tedy u každého jedince vyfotografoval k následnému určování (Příloha 7 - 20). Ihned po odebrání vzorků, změření a zvážení jedince a jeho nafocení, byl had opět vypuštěn na stejné místo nálezu.



Obr. 6 – Vyznačené hlavové štítky (*pileus*) hada, určené k rozpoznání jedince.

### 3.3. Odběr a analýza vzorku jedu

Odebírání jedu jsem prováděl za asistence zkušeného kolegy, který se věnuje chovu jedovatých hadů, a to masírováním jedové žlázy a to způsobem, kdy jedna osoba fixuje a drží hada a druhá osoba nasouvá zkumavku do tlamky (Malina 2017). Had poté reflexivně vytahuje jedové zuby a vstříkují dávku jedu na okraj zkumavky. Takto získané množství jedu jsem ze stěn zkumavky ihned opláchl destilovanou vodou. Zkumavku jsem vložil do transportního boxu s ledem, následně jsem vzorek zamrazil (Malina 2017). Jed byl odebírán pouze jedincům, kteří nevykazovali známky nemoci a nebyl odebírán zraněným jedincům a gravidním samicím (Voženílek 2000; Malina 2017). Dle Voženílka (2000) se pro stanovení obsahu sušiny používá metoda sušení mrazem či mrazovou sublimací (tj. proces lyofilizace). V rámci této metody voda, ať už ze vzorku samotného či za použití destilované vody přestupuje z pevného skupenství (led) přímo do skupenství plynného (pára), zůstává tak pouze účinné látky jedu (Snyder 2017). Poté jsem jed zvážil na přesných laboratorních vahách s ochylnou 0,08 mg.



Obr. 7 – Fixace hlavy *V. berus*; samec, 570 mm.

Proces lyofilizace probíhal na přístroji SCANVAC COOLSAFE 110-4 PRO, v laboratořích Ústavu translační medicíny ve Fakultní nemocnici Olomouc. Předmražené vzorky jedu jsem nejprve zamrazil v tekutém dusíku, tedy při teplotě

-197°C, po dobu deseti minut. Po dokonalém zmražení vzorků jsem je vložil do přístroje, kde byly po dobu 24 h vystaveny -93°C při tlaku 326 mbar (Snyder 2017). Po vysušení jedu nastalo vážení množství jedu v sušině. Pro tento účel jsem použil kalibrované laboratorní váhy RADWAG Wagi Elektroniczne: AS 220.3Y a vážil jsem s přesností na 0,01 mg. Zbylé vzorky jsem přesunul do nových zkumavek a popsal pro svůj budoucí výzkum.

Pro statistické zpracování dat a jejich vyhodnocení byl použit program R 3.1 kdy jsem testoval závislost nálezu na počasí, zobecněným lineárním modelem (GLM) s binomickou distribucí, data byla proložena členem s kvadratickou distribucí, závislosti mezi proměnnými byly testovány klasickou korelační analýzou. Mapy jsem vytvořil v programu QGIS 3.8.

#### 4. Výsledky

V roce 2018 jsem odchytil celkem 16 jedinců *V. berus*, kterým byl následně odebrán jed. Jednalo se o 3 samce a 13 samic. Dále jsem v tomto roce pozoroval 13 jedinců bez odběru jedu. Odchyt a odběr extrakce jedu jsem neprováděl, jelikož se jednalo o gravidní samice a ve dvou případech nebyl možný bezpečný odchyt. Z těchto 13 jedinců bylo 7 samců a 6 samic, v roce 2019 jsem zaznamenal vysoký nárůst pozorování *V. berus* a to 78. Z důvodu období páření nebylo možné provést odchyt a odběr jedu, toto období v roce 2019 probíhalo již od konce dubna do druhého týdne v červnu. V tomto období jsem odchyt, který je nezbytný pro porovnání hlavových štítků, neprováděl a neměl jsem tak možnost kontroly opakovaných nálezů. Ze 78 pozorovaných jedinců bylo 54 samců, 23 samic a jeden juvenilní jedinec. Lokalitou s nejvíce odchycenými jedinci *V. berus* byla lokalita Vízov (700 m n. m.), kde bylo odchyceno 8 jedinců, následovala lokalita Hubertuska (850 m n. m.) s pěti jedinci a lokalita Maxovka (970 m n. m.) se třemi jedinci. V roce 2019 nebyl na lokalitě Maxovka nalezen žádný jedinec *V. berus*. Nejvíce jedinců *V. berus* bylo v tomto roce pozorováno na lokalitě Hubertuska, celkem 55 pozorování (Tab. 1).

Tab. 1 - Pozorování *V. berus* na jednotlivých lokalitách za rok 2018 a 2019.

Lokalita	Samci	Samice	Juvenil
<b>2018</b>			
Vízov	2	1	
Hubertuska	3	2	
Maxovka	2	3	
<b>2019</b>			
Vízov	10	12	1
Hubertuska	44	11	
Maxovka	0	0	

#### 4.1. Základní morfologické parametry *V. berus* v závislosti na vybraných faktorech:

Nejdelší samec odchytený po dobu tohoto výzkumu měřil od začátku hlavy po konec ocasu ( $L_{tot}$ ) 590 mm, nejdelší samice měřila 670 mm ( $L_{tot}$ ), naopak samec s nejmenší délkou těla, kterého se podařilo odchytit, měřil 560 mm ( $L_{tot}$ ) a samice 450 mm ( $L_{tot}$ ), avšak korelace mezi délkou těla a pohlavím, stejně jako závislost mezi délkou těla a nadmořskou výškou nebyla průkazná ( $p > 0.05$ ). Nejtěžší samec vážil 134 g, nejtěžší samicí byl jedinec vážící 179 g. Nejnižší váha těla u samce byla 92 g, u samice poté 70 g, ani zde však nebyla korelace mezi váhou a nadmořskou výškou či pohlavím signifikantní ( $p > 0.05$ ). Dále jsem vytvořil databázi odchytených jedinců na základě identifikace hlavových štítků, konkrétně štítků nosních (*pileus nasalia*) a nadnosních (*pileus internasalia*), u každého z odchytených jedinců (viz příloha 7 – 20). Každá fotografie v databázi byla označena kódem jedince ve formátu: druh – datum odchyty – lokalita – pořadí – pohlaví – délka – váha (Vber-18-6-30-Hub-7-f-550-187), tzn. *Vipera berus* s datem odchyty 30. 6. 2018 na lokalitě Hubertuska, tento jedinec byl odchyten jako sedmý v pořadí a jednalo se o samici, která byla dlouhá 550 mm a vážila 187 g. Tato databáze nadále slouží jako podklad pro stanovení velikosti populace metodu capture–mark–recapture (CMR). Dle štítků jsem rozpoznával jedince při opětovném odchyty, krom štítků jsem pro rozpoznání bral v potaz také velikost těla. Po dobu výzkumu bylo odchyceno nejvíce samic (13) a pouze tři samci v roce 2018.

Tab. 2 – Počet odchytených a změřených jedinců na jednotlivých lokalitách za rok 2018.

Lokalita	Samci	Samice	Celkem
Vízov	0	8	8
Hubertuska	1	4	5
Maxovka	2	1	3

#### 4.2. Množství jedu *V. berus* v závislosti na morfologických a stanovištních podmínkách

Za dobu výzkumu jsem odebral celkem 16 vzorků jedu *V. berus*, 13 samicím a 3 samcům (Tab. 4). Z výše uvedených 16 vzorků bylo 8 vzorků odebráno jedincům na lokalitě Vízov, 5 vzorků pochází z lokality Hubertuska a 3 vzorky z lokality Maxovka. Minimální množství odebraného jedu *V. berus* v tomto vzorku činilo 0,7 mg (lokality Vízov), naopak maximální dávka vstříknutého jedu činila 13,6 mg (lokality Vízov). Průměrné množství jedu *V. berus* ze třech lokalit v oblasti Krkonoš tedy bylo 5,525 mg.

Tab. 3 – Množství jedu *V. berus* pro každého z odchycených jedinců.

Jedinec	Pohlaví	Délka	Váha	Lokalita	Jed
1	f	580	127	Vízov	8,2
2	f	630	170	Vízov	5
3	f	510	86	Vízov	6,9
4	f	670	179	Vízov	4
5	m	590	117	Hubertuska	2,1
6	f	450	70	Vízov	0,7
7	f	550	130	Hubertuska	9,6
8	m	570	134	Maxovka	3,7
9	f	540	116	Maxovka	0,7
10	f	510	116	Hubertuska	13,1
11	f	580	119	Hubertuska	4,1
12	m	560	92	Maxovka	6
13	f	490	72	Hubertuska	5,3
14	f	540	92	Vízov	2,8
15	f	580	115	Vízov	2,6
16	f	590	127	Vízov	13,6

Na první lokalitě – Vízov (700 m n. m.) byl jed odebrán 8 samicím avšak žádnému samci, minimální dávka jedu zde činila 0,7 mg a to u samice *V. berus* s délkou těla 450 mm a váhou 70 g. Maximální dávka zde činila 13,6 mg, tato dávka byla odebrána samici *V. berus* s délkou těla 590 mm a váhou 127 g. Průměrné množství jedu všech odchycených jedinců na této lokalitě činilo 5,475 mg (Tab. 3).

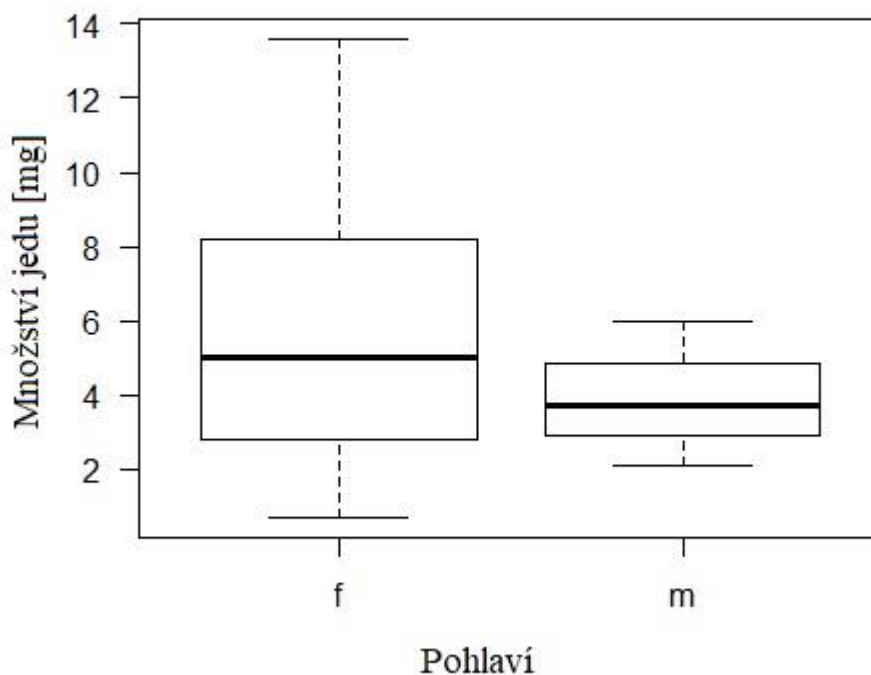
Na druhé lokalitě - Hubertuska (850 m n. m.) byl jed odebrán 4 samicím a 1 samci, minimální dávka zde byla 2,1 mg a to u samce *V. berus* s délkou těla 590 mm a váhou 117 g. Maximální množství jedu zde činilo 13,1 mg, které bylo odebráno samici s délkou těla 510 mm a váhou 116 g. Průměrné množství jedu na této lokalitě činilo 6,84 mg a jednalo se tak o lokalitu s nejvyšším průměrným množstvím jedu na jednoho jedince (Tab. 3).

Na třetí lokalitě - Maxovka (970 m n. m.) byl jed odebrán 2 samcům a 1 samici, minimální množství jedu zde činilo 0,7 mg u samice s délkou těla 540 mm a váhou 116 g. Maximální dávka jedu zde činila 6 mg a to u samce s délkou těla 560 mm a váhou 92 g. Průměrné množství jedu na lokalitě Maxovka bylo 3,466 mg a jednalo se tak o lokalitu s nejnižším průměrným množstvím jedu (Tab. 3).

Tab. 4 – Průměrné množství jedu (mg) na jednotlivých lokalitách.

Lokalita	Nadmořská výška	Jed (min.)	Jed (max.)	Průměrné množství jedu
Vízov	700 m n. m.	0,7 mg	13,6 mg	5,475 mg
Hubertuska	850 m n. m.	2,1 mg	13,1 mg	6,84 mg
Maxovka	970 m n. m.	0,7 mg	6 mg	3,466 mg

Obr. 8 – Korelace množství jedu [mg] a pohlaví (f – samice, m – samec).



Obr. 8 - Závislosti množství jedu na stanovištních a morfologických faktorech není signifikantní ( $p > 0.05$ ).

#### 4.3. Aktivita *Vipera berus* v závislosti na klimatických podmínkách

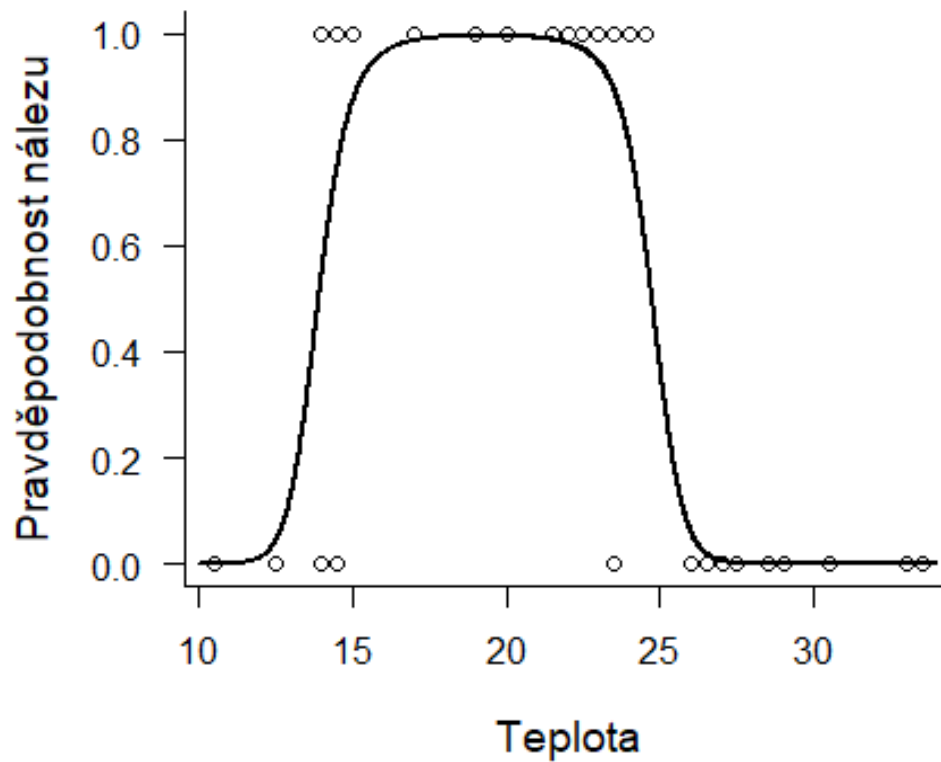
Nejvyšší teplota s prokázanou aktivitou *V. berus* v roce 2018 byla 24,5 °C, nejnižší teplotou poté 14 °C. Průměrná teplota s prokázanou aktivitou tohoto druhu v roce 2018 byla 19 °C (Tab. 5). Nejvyšší teplota v roce 2019, kdy byla pozorována aktivita *V. berus*, byla 22,5 °C, nejnižší teplotou bylo 3,5 °C. Průměrná teplota v roce 2019, kdy byl druh *V. berus* aktivní, činila 16,78 °C (Tab. 6). Závislost aktivity *V. berus* na teplotě vzduchu byla signifikantní (Dev. = 24.9, df = 29,  $P < 0.001$ ). Teplotní optimum leží v rozmezí 15 – 25 °C.

Nejvyšší vlhkost, při které byl pozorován jedinec druhu *V. berus* v roce 2018, činila 98,5%, nejnižší vlhkost při které byl tento druh aktivní, v témže roce činila 35%. Průměrná vlhkost vzduchu v roce 2018, při které byli pozorováni aktivní jedinci, byla



71,41% (Tab. 5). V roce 2019 byla zaznamenána nejvyšší vlhkost vzduchu při pozorování druhu *V. berus* 97,5%, nejnižší poté 57,5%. Průměrná vlhkost vzduchu, při které byli pozorováni jedinci druhu *V. berus*, byla též roce 79,03% (Tab. 6). Závislost aktivity *V. berus* na vlhkosti vzduchu nebyla signifikantní ( $p > 0.05$ ).

Obr. 9 – GLM model pravděpodobnosti nálezu *V. berus* v závislosti na teplotě.



Tab. 4 – Aktivita *V. berus* vzhledem k teplotě při povrchu země, vlhkosti vzduchu a srážkám za rok 2018

Nález	Teplota (°C)	Vlhkost (%)	Srážky (mm)
11.5.2018	14	98,5	-
12.5.2018	20	90	-
12.5.2018	19,5	85	-
18.5.2018	25	66	-
18.5.2018	12,5	95	-
18.5.2018	16	86	-
18.5.2018	16	86	-
18.5.2018	16	86	-
27.5.2018	22	74,5	-
27.5.2018	21	69,5	-
27.5.2018	20,5	68,5	-
27.5.2018	20,5	68,5	-
27.5.2018	20,5	68,5	-
17.6.2018	23	64	0,6
17.6.2018	22,5	66	0,6
24.6.2018	14,5	90,5	2,4
24.6.2018	15	93	2,4
30.6.2018	17	53,5	-
30.6.2018	14	68	-
30.6.2018	22,5	54,5	-
9.7.2018	24,5	62,5	0,2
9.7.2018	22	71,5	0,2
9.7.2018	24,5	62,5	0,2
15.7.2018	20	83	-
15.7.2018	21,5	71	-
20.7.2018	19	84	-
20.7.2018	24	35	-
20.7.2018	24	35	-
20.7.2018	23,5	35	-

Tab. 5 – Aktivita *V. berus* vzhledem k teplotě při povrchu země, vlhkosti vzduchu a srážkám za rok 2019

Nález	Teplota (°C)	Vlhkost (%)	Srážky (mm)	Poznámky
25.3.2019	8,5	NA	1,8	sněhové přeháňky
2.4.2019	13	NA	-	
2.4.2019	13	NA	-	
9.4.2019	15	NA	-	
9.4.2019	15	NA	-	
19.4.2019	16	NA	-	
21.4.2019	22,5	NA	-	
25.4.2019	17,5	NA	-	
25.4.2019	17,5	NA	-	
26.4.2019	18	NA	0,4	
28.4.2019	21	NA	2,1	
28.4.2019	21	NA	2,1	
1.5.2019	19,5	NA	-	
1.5.2019	19,5	NA	-	
2.5.2019	20	NA	-	
2.5.2019	20	NA	-	
2.5.2019	22	NA	-	
2.5.2019	22	NA	-	
6.5.2019	3,5	74	-	
8.5.2019	15,5	57,5	1,8	
10.5.2019	17	87,5	0,9	
10.5.2019	17	87,5	0,9	
17.5.2019	11,5	86	0,1	
17.5.2019	15	72	0,1	
17.5.2019	15	72	0,1	
20.5.2019	13,5	79	7	silný déšť od 7 – 10 h
23.5.2019	15,5	69,5	0,3	
7.6.2019	14	97,5	0,1	
8.6.2019	17	92	2,7	
8.6.2019	27	65	2,7	
18.6.2019	15	88,5	-	
18.6.2019	15	88,5	-	
26.6.2019	21,5	69	-	

## 5. Diskuse

### 5.1. Základní morfologické parametry *V. berus* v závislosti na vybraných faktorech

Během dvou let pozorování jsem zaznamenal dohromady 107 jedinců *V. berus*. V roce 2018 se jednalo o 16 odchycených jedinců určených pro extrakci jedu a dalších 13 jedinců jsem pouze pozoroval (viz. metodika). V roce 2019 jsem pozoroval již 78 jedinců. Vysoký nárůst pozorování může být způsoben nižšími teplotami a četnějšími srážkami v průběhu jarního období roku 2019, což např. potvrzuje i studie Hrnčiarové (2009), která uvádí, že *V. berus* je pravděpodobně více vázaná na teplotu než na vlhkost vzduchu. Lokality jsem vybíral dle rozdílné nadmořské výšky, dobré dostupnosti a již dříve potvrzeného výskytu nebo vyšší pravděpodobnosti nálezu *V. berus*. Všechny lokality vykazují podobné rysy jako např. silný vegetační pokryv, sloužící jako úkryt, exponovaná místa sloužící ke slunění. Na rozdíl od studií Rehák (1992) a Dvořák (2005) zde chybí vodní zdroje a podmáčená místa, která jsou dle studie Dungal et Řehák (2005) limitujícím faktorem jejího rozšíření. Podle nálezů v této práci vodní zdroje nejsou limitujícím faktorem, zvířata pravděpodobně za zdroji vody migrují nebo si vystačí se srážkami. V roce 2019 nebyl na lokalitě Maxovka nalezen žádný jedinec *V. berus*, z důvodu pastvy koní u nedaleké Rýchorské boudy, kdy i Moravec et Berec (2015) uvedl intenzivní pastvu jako jeden z důvodů ohrožení plazů v ČR. Nejvíce jedinců jsem našel na lokalitě Hubertuska z důvodu ideálních podmínek pro hibernaci tohoto druhu. Nejméně jedinců bylo nalezeno na lokalitě Maxovka, kde je hustší vegetační pokryv, jednak znesnadňující hledání a také je tam málo míst vhodných ke slunění. Početnosti na lokalitách jsou také ovlivňovány činností člověka, svévolným přenášením na jiné lokality, což již popisoval Moravec et Berec (2015).

V rámci morfologie byl nejdelší samec odchycený v průběhu tohoto výzkumu 590 mm dlouhý. Zajímavostí je, že např. Loos (1912) ve své práci uvádí maximální délku dospělých samců na Šluknovsku 310 – 525 mm, což je o 65 mm méně, než nejdelší mnou odchycený jedinec. Voženílek (2000) popisuje dva jedince dlouhé 850 a 900 mm, přičemž obě extrémní hodnoty jsou připisovány samcům. Tito jedinci mohli dorůst takovýchto rozměrů z důvodu lokality s velkým počtem kořisti, která byla zároveň dobře kryta před predátory (Speybroeck 2016). Nejdelší samicí, kterou jsem odchytil, byl jedinec měřící 670 mm. Po srovnání s Voženílek (2000) jsem usoudil, že

tato délka odpovídá průměrným délkám samic *V. berus*, na tom se shodují také práce Rehák (1992) nebo Dungel et. Řehák (2005). Nejtěžší jedinec vážil 179 g a jednalo se o samici, přičemž na této samici nebyly nalezeny známky gravidity ani trávení potravy, nejnižší váhu měla taktéž samice (70 g). Nejtěžší samec vážil 134 g a nejnižší váha u samce byla 92 g. Stopczyński (2007) uvádí váhu u tohoto druhu 200 – 300 g, není však jisté, zda byli započítáni i jedinci gravidní a jedinci po příjmu potravy. Dle Moravce et Berec (2015) nebyla váha *V. berus* v českých populacích zjišťována, pro průkazné vyhodnocení váhy zmijí na území ČR je však potřeba vyššího počtu odchycených jedinců.

V mé práci se také potvrdilo, že samice mají v průměru větší délku těla a váhu než samci, stejně jak popisuje Moravec et Berec (2015) a také Speybroeck (2016). Z důvodu nedostatku dat nebylo možné prokazatelně určit, zda se může průměrná velikost a váha *V. berus* měnit v souvislosti s nadmořskou výškou. Pro porovnání délky a váhy jedinců v závislosti na pohlaví v oblasti Krkonoš bylo taktéž málo odchycených jedinců, je ale velmi pravděpodobné, že zde bude stejný trend jako v ostatních částech ČR, tedy samice jsou větší a mají vyšší váhu než samci (Moravec et. Berec 2015). Tento trend potvrdili také Rehák (1992) a Voženílek (2000).

V této práci jsem každému z odchycených jedinců vyfotografoval hlavové štítky (*pileus*), konkrétně (*pileus rostrale*, *internasale* a *frontale*). Ne vždy se však podařilo tyto fotografie pořídit, z tohoto důvodu jsem později spolupracoval se zkušeným kolegou, který se zabývá chovem jedovatých hadů. Z těchto fotografií jsem vytvořil databázi všech odchycených jedinců pro stanovení velikosti populace a určování znovu ochycených jedinců metodou CMR, jelikož hlavové štítky jsou pro každého jedince *V. berus* jedinečné, což popsal Štraub (1968). Dle Bauwens (2017) je CMR metoda jednou ze základních pomůcek pro studii populací. Dle Voženílka (2000) je však vhodné kombinovat více znaků, jako jsou i jizvy, deformace a jiné abnormality. Jednotliví jedinci *V. berus* se od sebe dají v přírodě rozeznat dle odlišností na těle, zejména na ventrálních šupinách, štítcích na hlavě, ale i dle odlišnosti v barvě konkrétního jedince (Voženílek 2000). Dle Voženílka (2000) lze však tyto znaky považovat pouze za pomocné. Mezi další způsoby můžeme řadit barvení dorsální části těla, kdy se využívá různý barevný kód, pro různé jedince. Nevýhodou však je, že při prvním svlékání kůže, tyto barvy mizí (Voženílek 2000). Otázkou však je, zda barvení jedinců na dorzální straně těla, nenaruší kryptické zbarvení tohoto druhu, z toho důvodu

jsem k uvedené metodě nepřistoupil. Voženílek (2000) ve svém výzkumu *V. berus* zjistil, že nejjistějším značením konkrétních jedinců je zastříhnutí jedné z ventrálních šupin. V roce 2018 se podařilo znovu odchytit pouze jednoho jedince, u kterého odpovídalo místo nalezení, vzor klikaté čáry a délka těla, nebylo však možné jedince odchytit a zároveň vyfotografovat. Největší koncentraci *V. berus* jsem pozoroval v průběhu období páření, avšak po období páření většina samců opustila svá jarní stávaníště a bylo tak těžší je nalézt. Migraci samců po páření popisuje z Velké Británie ve své práci Phelps (2004). Migrace může být způsobena teritoriálním chováním samic *V. berus*, podobné chování jsem pozoroval u druhu *V. ammodytes* v kaptivním chovu.

V průběhu této práce jsem odebral 16 vzorků jedu *V. berus* a to konkrétně 13 samicím a 3 samcům. Stejně jako v práci Voženílka (2000), se zde objevili jedinci s velmi malým množstvím jedu (0,7 mg). Toto množství bylo odebráno na lokalitě Vízov, při teplotě 17 °C. Objevili se ale také jedinci, kteří měli zásobu mnohonásobně vyšší (13,6 mg), kdy jsem toto množství jedu odebral opět na lokalitě Vízov, avšak při teplotě 23,5 °C. Přestože závislost množství jedu na teplotě nebyla statisticky signifikantní, vypadá to, že dle mých výsledků, dochází s rostoucí teplotou k větší produkci jedu. Valenta (2008) uvádí jako maximální množství jedu *V. berus* 10 mg oproti němu Voženílek (2000) uvádí jako nejvyšší množství jedu u stejného druhu, který odebral při svém výzkumu, dávku 39 mg. Množství jedu u jedince z výzkumu Voženílka (2000) je téměř trojnásobkem dávky způsobující smrt dospělého člověka, takto vysoká dávka může souviset s velikostí hada, ta však nebyla v práci Voženílka (2000) uvedena, tato má úvaha vychází z práce Maliny (2017), který zjistil, že s větší velikostí těla narůstá v průměru i množství jedu. V jeho práci měli juvenilní jedinci v průměru několikanásobně nižší množství jedu než jedinci adultní (1,9 mg u juvenilů a 8,9 mg u adultních jedinců). Žádný z jedinců v mé práci neměl tzv. letální dávku jedu pro dospělého a zdravého člověka. Jak uvádí Valenta (2008), *V. berus* používá jed k lovu potravy, přičemž na malé hlodavce stačí tomuto druhu pouhých 0,125 mg, pravděpodobně právě z tohoto důvodu nedisponuje vyšším množstvím jedu. V práci Maliny (2017) bylo množství sušiny jedu *V. berus* stanovené taktéž metodou lyofilizace v rozmezí od 0,8 mg do 15,7 mg, a to ve vzorku 25 jedinců. Dávka 15,7 mg je již považována za letální pro člověka (Voženílek 2000). V práci Maliny (2017) je průměrné množství jedu 5,7 mg, což se shoduje s mou prací, kdy průměrné množství činilo 5,475 mg. V práci Voženílka (2000) bylo toto množství téměř dvojnásobné

(10,45 mg), což může mít souvislost právě s pohlavím nebo velikostí odchycených jedinců *V. berus*. V práci Maliny (2017) činil rozdíl mezi průměrnou dávkou jedu samce *V. berus* a samice *V. berus* 1,9 mg, je tedy možné, že v práci Voženílka (2000) ve vzorku odchycených zmijí převažovaly samice s velkými tělesnými parametry a tak bylo průměrné množství jedu vyšší než v jiných výzkumech.

Voženílek (2000) ve své práci neuvádí pohlaví u každého z odebraných vzorků jedu, nebylo tedy možné použít tato data pro korelaci množství jedu a pohlaví, v mé práci nebyl dostatečný počet vzorku, jako problém v průběhu této práce považuji špatné počasí v roce 2018 a nízký počet lokalit a tedy i potencionálně odchycených jedinců, vyšší počet lokalit by však zvýšil časovou náročnost celého experimentu.

Druh *V. berus* se řadí mezi zmijovité hady s velmi malým průměrným množstvím jedu (5,5 – 5,7 mg), avšak v práci Maliny (2017) se ukázalo, že např. průměrné množství jedu u *V. nikolskii*, která má podobné rozměry těla jako *V. berus*, je v průměru o 3,5 – 3,7 mg nižší. U druhu *V. ammodytes*, tedy druhu mírně robustnějšího než *V. berus* je dle Valenty (2008) průměrné množství jedu 20 mg, tedy o 14,5 mg vyšší než průměrné množství jedu u druhu *V. berus*. Pro představu, jiné, větší druhy zmijovitých hadů (*Viperidae*) disponují dávkou jedu 1000 mg (*Bitis gabonica*) a dokonce až 1500 mg (*Crotalus atrox*), toto je dávka jedu více než 100x vyšší než u druhu *V. berus*. V rámci trade-off bývá u druhů disponujících větším množstvím jedu nižší toxicita, což odpovídá jinému složení. Není ještě úplně jasné, zda má na množství jedu *V. berus* vliv pohlaví či klimatické podmínky nebo výskyt jedince v rámci celého areálu rozšíření, dle Valenty (2008) se však rozhodně jedná o toxikologicky nezanedbatelný druh. Z práce Maliny (2017) však vyplývá, že průměrné množství jedu *V. berus* se liší na základě pohlaví, ale i místa výskytu.

## 5.2. Aktivita *Vipera berus* vzhledem ke klimatickým podmínkám

První pozorování *V. berus* v oblasti Krkonoš, na lokalitě Vízov (700 m n. m.) bylo 25. 3. 2019 při 8,5°C, za proměnlivé oblačnosti a opakujících se sněhových přehánkách. Jednalo se o samce, který ležel cca 10 cm od vstupu do zimoviště v kořenovém systému jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior*). Dle Moravec et. Berc (2015) je *V. berus* druh s převážně denní aktivitou a na jeho chování mají velký vliv aktuální povětrnostní podmínky. Ve studiích Rehák (1992), Bárta (1994) a Voženílek (2001) *V. berus* opouští své zimoviště v závislosti na počasí a nadmořské výšce obvykle

od poloviny března do druhé poloviny dubna. V průběhu tohoto výzkumu jsem pozoroval poslední jedince na přelomu července a srpna. Dle Reháka (1992) se *V. berus* vrací zpět do zimního úkrytu od konce září do začátku listopadu. Je pravděpodobné, že v oblasti Krkonoš začíná zimování *V. berus* dříve, z důvodu dřívějšího nástupu chladného počasí. Nejvyšší aktivitu jsem pozoroval v jarním období, konkrétně v období páření, což potvrdil Moravec et. Berec (2015), který ve své práci uvádí, že aktivita *V. berus* je nevyšší v jarních měsících a zároveň dodává, že je zpočátku jednovrcholová, tedy že vrchol aktivity je za optimálních podmínek pouze jednou denně, později s postupným oteplováním, je aktivita dvouvrcholová, *V. berus* je v tomto období aktivní v ranních a poté až ve večerních hodinách. Z pozorování v průběhu této práce usuzuji, že nejvyšší aktivita v letním období je ráno mezi 6 – 10 hodinou, ve večerních hodinách lze *V. berus* nalézt, ale s menší pravděpodobností. Dle Vrátného (1963) mají zmije nejvyšší aktivitu během dnů s oblačným počasím, avšak dle této práce je *V. berus* v takových dnech aktivní po celý den a je tedy snazší na ni narazit i pouhou náhodou. Božanskij et. Piščelev (1978) dále uvádějí, že nejvyšší aktivita tohoto druhu je při teplotách 20 – 24°C na povrchu země. V této práci bylo zjištěno, že pravděpodobnost nálezu *V. berus* je v oblasti Krkonoš 15 – 25°C, vliv vlhkosti na aktivitu nebyl v této práci prokázán, což potvrzuje ve své práci Hrnčiarová (2009), která popsala teplotu jako stěžejní faktor pro výskyt a aktivitu *V. berus*. Božanskij et Piščelev (1978) ve své práci dále uvádějí teplotní extrémy, kdy byla pozorována aktivita tohoto druhu. Horní hranice teplot, kdy byla *V. berus* aktivní, byl 43°C při povrchu země. Toto se v této práci nepotvrdilo. Naopak jako dolní hranici uvádějí 17,5°C, v této práci byla dolní hranice 3,5°C. Takto nízkou spodní hranici teplot uvádí Zwach (2013), který říká, že pokud svítí slunce, nevádí druhu *V. berus* pokles teplot na 3°C. Zwach (2013) dále zmiňuje, že v letních měsících je aktivita *V. berus* soumravná až noční, avšak i přes velikou snahu v terénu se toto v mé práci nepotvrdilo. Stejný neúspěch při hledání aktivních zmijí po soumraku uvádí i Voženílek (2000) a ve Velké Británii také Prestt (1971). Z tohoto výzkumu tedy vyplývá, že i v horkých, letních dnech jsou zmije aktivní před západem slunce a krátce po západu avšak v průběhu noci nikoli. Zřejmě je to z důvodu přílišného poklesu teploty, bez možnosti nahřátí těla, jako v průběhu dne.

V průběhu tohoto výzkumu jsem také pozoroval některé z chování zmijí jako např. páření či souboje samců na lokalitách Vízov a Hubertuska a to 2. 5. 2019 a 20. 5. 2019, kdy byly teploty mezi 17 a 20°C. Pozorování proběhlo při pravidelné obchůzce



lokalit pro zjištění aktivity. Oba souboje trvaly 1 – 2 minuty a po obou soubojích došlo prakticky okamžitě k páření vítězného samce se samicí. Phelps (2004) přitom zjistil, že tyto rituální souboje trvají v přítomnosti samic až 20 minut, dodává ale, že se souboje zkracují s větším rozdílem v délce těla obou samců. Při mém pozorování byl jeden samec výrazně větší, než druhý. Phelps (2004) také říká, že větší samec vždy souboj začíná, myslím si tedy, že v obou případech, kdy jsem souboj pozoroval, menší samec zvolil variantu úniku.

Všechny tři lokality výskytu *V. berus* jsou v průběhu sezóny vysychavé, i přesto jsou zde zmije aktivní. Dle Moravce et. Brec (2015) vyhledává *V. berus* spíše vlhčí lokality, avšak tato práce nepotvrdila závislost mezi vlhkostí a výskytem *V. berus*. Průměrná vlhkost vzduchu, při které byli pozorováni jedinci *V. berus*, se pohybovala mezi 70 a 80%, konkrétně 71,41% v roce 2018 a 79,03% v roce 2019. Rok 2018 byl z dlouhodobého hlediska extrémně suchý a množství jedu tak mohlo být podhodnoceno, je proto nutné dlouhodobé sledování, pro zjištění souvislosti mezi změnami klimatu (vyšší teploty, nižší úhrny srážek) s úbytkem populací.

Zajímavé bylo v průběhu výzkumu pozorování většího počtu samců než samic v časně jarním období, avšak po období rozmnožování jsem samce pozoroval již jen sporadicky, zřejmě z důvodu migrace samců na jiné lokality po období páření. Toto vysvětluje Phelps (2004), který říká, že po páření se samci přesunují do svých letních okrsků, ale samice zůstávají v místech, kde došlo k páření. Z pozorování v průběhu výzkumu mohu tuto teorii potvrdit, po období páření zůstávají na nejvhodnějších lokalitách pouze samice (pozorováno na lokalitě Hubertuska), které potřebují optimální podmínky pro vývoj mláďat.

## 6. Závěr

Přestože statistické výsledky o rozdílech ve velikosti mezi pohlavími *V. berus* v této práci nebyly průkazné, je zřejmé, že samice *V. berus* jsou zavalitější než samci a mají také větší délku těla. Váha tohoto druhu v ČR bude předmětem dalšího zkoumání. Součástí této práce bylo vytvoření databáze hlavových štítků, která slouží jako podklad stanovení velikosti populací a také pro meziroční sledování jedinců metodu capture–mark–recapture (CMR). Z výsledků této práce vyplývá, že *V. berus* disponuje velmi variabilním množstvím jedu a proto je třeba uštknutí tímto druhem nepodceňovat, jelikož nejvyšší množství odebraného jedu v průběhu této (13,6 mg) je již pro člověka velmi nebezpečné. Z výsledků je také zřejmé, že nejvyšší pravděpodobnost nálezu zmije obecné (*Vipera berus*) je při teplotě mezi 15 a 25°C. Zmije však při slunečném počasí snáší i teploty mírně nad bodem mrazu, v průběhu této práce se jednalo o teplotu 3,5°C při povrchu země. Výsledky této práce budou poskytnuty AOPK ČR pro aplikovanou ochranu zmije obecné (*Vipera berus*) a Krkonošskému národnímu parku. Veškerá data a poznatky z tohoto výzkumu jsou zároveň cenným podkladem pro další výzkum aktivity *V. berus*, pomocí telemetrie. Uchované vzorky jedu mohou posloužit k rozšíření dosavadního bádání nebo k analýzám složení jedu v rámci populací v magisterské práci.

## 7. Literatura

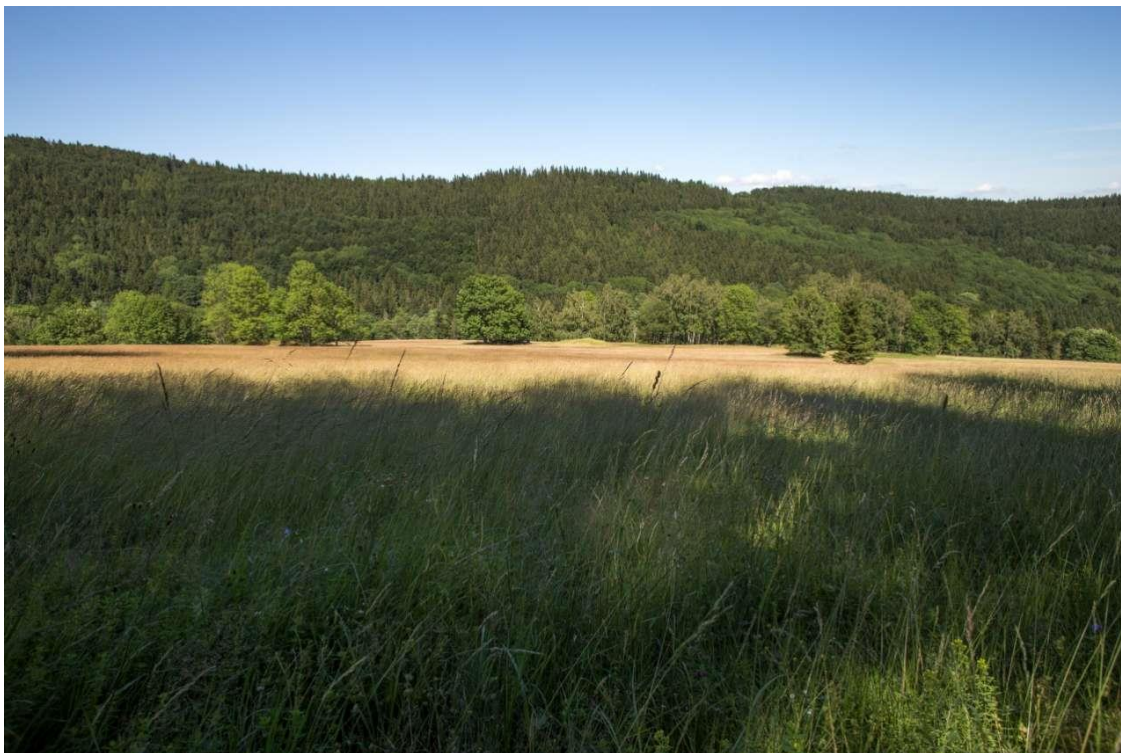
- Arbuckle K. 2012. *Vipera berus* (Common Adder): defensive behaviour. *Herpetological Review* 43: 499 pp.
- Audebert F, Sorkine M, Bon C. 1992. Envenoming by viper bites in France: clinical gradation and biological quantification by ELISA. *Toxicon*. 30: 59–609.
- Bárta Z. 1994. K výskytu zmije obecné, *Vipera berus berus* (L.), v okrese Most. *Fauna Bohemiae Septentrionalis*. 14: 112–115.
- Bauwens D, Claus K, Mergeay J. 2018. Genotyping validates photo-identification by the head scale patten in a large population of the European adder (*Vipera berus*). *Ecology and evolution*. 8: 2985-2992.
- Bocian A, Urbanik M, Hus K, Lyskowski A, Petrilla V, Andrejčáková Z, Petrillová M, Legath J. 2016. Proteome and peptidome of *Vipera berus berus* venom. *Molecules*. 21: 1-13.
- Böhm M, Williams R, Bramhall H, McMillan K, Davidson A, Garcia A, Bland L, Bielby J, Collen B. 2016. Correlates of extinction risk in squamate reptiles: the relative importance of biology, geography, threat and range size. *Global Ecology and Biogeography* 25: 39–405.
- Dvořák L, Bufka L, Pykal J. 2005. Dosavadní znalosti o rozšíření obojživelníků a plazů na území Šumavy a Pošumaví. *Silva Gabreta*. 11: 105–122.
- Dungel J, Řehák Z. 2005. Atlas ryb, obojživelníků a plazů České a Slovenské republiky. Academia. Praha. 181 pp.
- Fritz K, Laufer H, Sowig P. 2004. Verbreitung und Bestandssituation der Kreuzotter *Vipera berus* (LINNAEUS, 1758) in Baden-Württemberg. Pp. 108-116 in: Joger U, Wollesen R. (eds.): Verbreitung, Ökologie und Schutz der Kreuzotter *Vipera berus* (LINNAEUS 1758). *Mertensiella*. 15: 309 pp.
- Hrdina V, Hrdina R, Jahodař L, et al. 2004. Přírodní toxiny a jedy. Praha. 1: 174–237.
- Hrnčiarová T, Mackovčín P, Zvara I. 2009. Atlas krajiny České republiky. MŽP ČR. Praha. Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví. Průhonice. 332 pp.
- Chobot K, Němec M. 2017. Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Obratlovci. *Příroda*, Praha. 34: 1–182.
- Irwin D. M, Stoner B. J, Cobaugh M. A. 2013. Zookeeping: an introduction to the science and technology. The University of Chicago. 673 pp. IBSN

- Jeřábková L. 2011. Obojživelníci a plazi: Metodika mapování. AOPK ČR. 4 pp.
- Klinge A, Winkler C. 2004. Verbreitung und Bestandssituation der Kreuzotter *Vipera berus* (LINNAEUS 1758) in Schleswig-Holstein und im nördlichen Hamburg. 29–35 pp. in: Joger U, Wollesen R. (eds.): Verbreitung, Ökologie und Schutz der Kreuzotter *Vipera berus* (LINNAEUS 1758). Mertensiella. 15: 1–309.
- Kminiak M, Kalúz S. 1983. Evaluation of sexual dimorphism in snakes (Ophidia, Squamata) based on external morphological characters. Folia zoologica. 32: 259 - 270.
- Kopij G. 2015. Distribution of Common Adder (*Vipera berus*) and Slow Worm (*Anguis fragilis*) in Silesia, SW Poland. Acta Mus. Siles. Scienti Naturales. 64: 241-250.
- Kornalík F. 1967. Živočišné toxiny. Praha: SZN. 288s.
- Kůrka A, Pflieger V. 1984. Jedovatí živočichové. Praha: Academia: 165 s.
- Luiselli L. 1992. Reproductive success in melanistic adders: a new hypothesis and some considerations on Andrén and Nilson's (1981) suggestions. Oikos. 64: 601–604.
- Malina T, MSc; Babocsay G, PhD; Krecsák L, MSc; Erdész C, MD. 2013. Further clinical evidence for the existence of neurotoxicity in a population of the European Adder (*Vipera berus berus*) in eastern Hungary: second authenticated case. Wilderness & Environmental Medicine. 24: 378–383.
- Malina T, Krecsák L, Westerström A, Szemán-Nagy G, Gyémánt G, M-Hamvas M, Rowan G. E, Harvey L. A, Warrell A. D, Pál B, Rusznák Z, Vasas G. 2017. Individual variability of venom from the European adder (*Vipera berus berus*) from one locality in Eastern Hungary. Toxicon. 135: 59–70.
- Marková H. 1998. Základy toxikologie. Ostrava: Ostravská univerzita. 95 pp.
- Moravec, Jiří a Berec, Michal. 2015. Fauna ČR - Plazi. Praha. Academia. 1: 531pp.
- Mikátová B, Vlašín M, Zavadil V. (eds). 2001. Atlas rozšíření plazů v České republice. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. Brno Praha. 257 pp.
- Pecina P. 1991. Živočichové červeného seznamu ČR ve středočeském kraji I. Kruhoústí, ryby, obojživelníci a plazi. Bohemia centralis. 20: 61-107.
- Persson H, Irestedt B. 1981. A study of 136 cases of Adder bite treated in Swedish hospitals during one year. Acta Med Scand. 210: 433-499.
- Phelps T. 2004. Population dynamics and spatial distribution of the adder *Vipera berus* in southern Dorset, England. 241 – 258 pp. in: Joger U, Wollesen R. (eds.): Verbreitung. Ökologie und Schutz der Kreuzotter (*Vipera berus*). Mertensiella. 15: 1-309

- Prestt I. 1971. An ecological study of the viper *Vipera berus* in southern Britain. *Journal of Zoology*. 164: 373–418.
- Red list: Guiding conservation for 50 years [Internet]. The IUCN Red list of threatened species. Version 2017 - 3. IUCN. Dostupné z <<http://www.iucnredlist.org>>.
- Rehák I. 1989. Revize fauny hadů Československa. Kandidátská disertační práce. Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova. Praha. 291 pp.
- Rehák I. 1992. 1. Druh *Vipera berus* (LINNAEUS, 1758) – Zmije obecná. Plazi – Reptilia, Fauna ČSFR. 26: 222.
- Roesler T. 1927. Ueber das Vorkommen der Kreuzotter (*Vipera berus*) in Böhmen. *Lotos*. 75: 121–135.
- Snyder LaTorre Meg. 2017. Lyophilization: The Basics. An overview of the lyophilization process as well as the advantages and disadvantages. *Pharmaceutical Processing*. 32: 2 pp.
- Speybroeck J, Beukema W, Bok B, Van Der Voort J, Velikov I. 2016. Field Guide to the Amphibians and Reptiles of Britain and Europe. 1–320.
- Stahel E, Wellauer R, Freyvogel TA. 1985. Poisoning by domestic Vipers (*Vipera berus* and *Vipera aspis*). A retrospective study of 113 patients. *Schweiz Med Wochenschr*. 115: 890-896.
- Stopczyński M. 2007. Wszystko, co chcecie wiedzieć o żmii, a boicie się zapytać. *Salamandra*. Polskie Towarzystwo Ochrony Przyrody. 23: 8–16.
- Strugariu A, Zamfirescu S. R. 2009. A melanistic adder (*Vipera berus*) neonate born from cryptic female: Are black vipers born heavier? *Nort-Western Journal of Zoology*. 5: 218-223.
- Šebela M. 1980. The diet of the common viper (*Vipera berus*) in the area of Mt. Králický Sněžník. *Folia Zoologica*. 29: 117-123.
- Štraub R. 1968. Variabilität im Bau des Pileus bei der mitteleuropäischen Kreuzotter, *Vipera berus berus* (LINNAEUS). *Věstník Československé společnosti zoologické*. 32: 293–299.
- Tomovic L, Radojicic J, Dzukic G, Kalezic M. 2002. Sexual dimorphism of the Sand Viper (*Vipera ammodytes* L.) from the central part of Balkan peninsula. *Russian Journal of Herpetology*. 9: 69–76.
- Valenta J. 2008. Jedovatí hadi. Intoxikace, terapie. Praha. 1: 27 – 207
- Vogel Z. 1950. Otázka zoogeografického rozšíření zmije obecné severní – *Vipera berus berus* (LINNÉ) v Československu. Zvláštní otisk z *Přírody*. 43: 1 – 8.

- Vojar J. 2007. Ochrana obojživelníků: ohrožení, biologické principy, metody studia, legislativní a praktická ochrana. Doplněk k metodice č.1 ČSOP. První vydání. Praha: Český svaz ochránců přírody - ZO ČSOP Hasina Louny. 155 pp.
- Voženílek P. 2000. Ty zmije. Ministerstvo životního prostředí, Praha, 8.
- Voženílek P. 2001. Zmije obecná – *Vipera berus* (LINNAEUS, 1758). 152 – 164 pp. In: Mikátová B, Vlašín M, Zavadil V. (eds). 2001. Atlas rozšíření plazů v České republice. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. Brno Praha. 257 pp.
- Vrátný F. 1963. Zápisky lovce zmijí. Živa. 11: 174 – 175.
- Quitt E. 1975. Mapa klimatických oblastí ČSR 1: 500 000. Geografický ústav ČSAV Brno.
- Zanetti G, Duregotti E, Locatelli C, Giampreti A, Lonati D, Rossetto O, Pirazzini M. 2018. Variability in venom composition of European viper subspecies limits the cross-effectiveness of antivenoms. Scientific Reports. 8: 9818.
- Zavadil V, Musilová R, Mikátová B. 2008. Záchranný program užovky stromové (*Zamenis longissimus*) v České republice. Nebubl. Manuskript, AOPK ČR. 70 pp.
- Zwach I. 2013. Obojživelníci a plazi České Republiky. Grada. 1: 496 pp.

## 8. Příloha



Příloha 1 – Lokalita Vizov (700 m n. m.).



Příloha 2 – Lokalita Hubertuska (850 m n. m.).

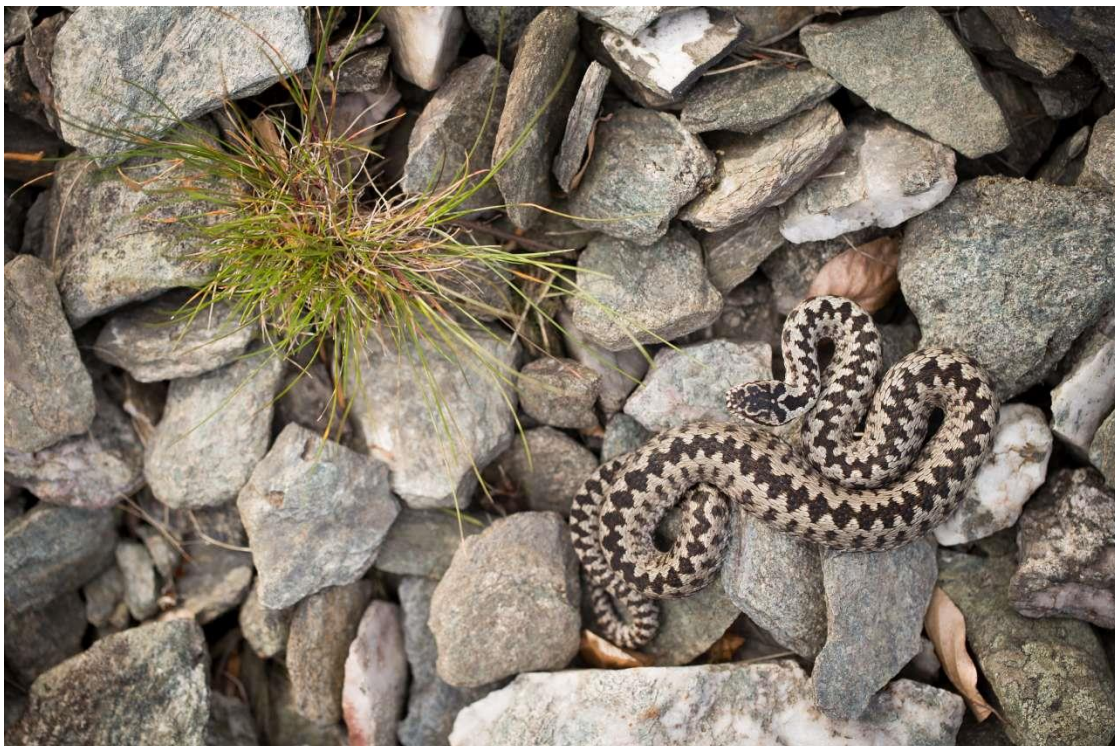


Příloha 3 – Lokalita Maxovka (970 m n. m.).



Příloha 4 – Gravidní samice zmiže obecné (*Vipera berus*) na lokalitě Vízov.

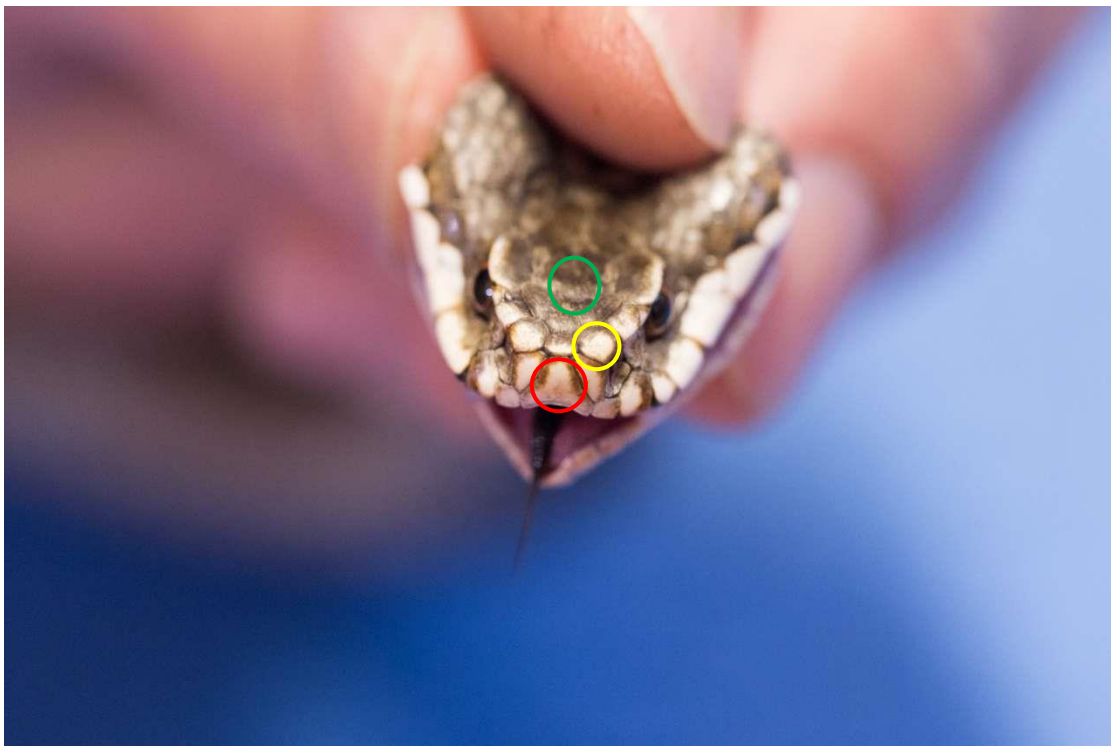




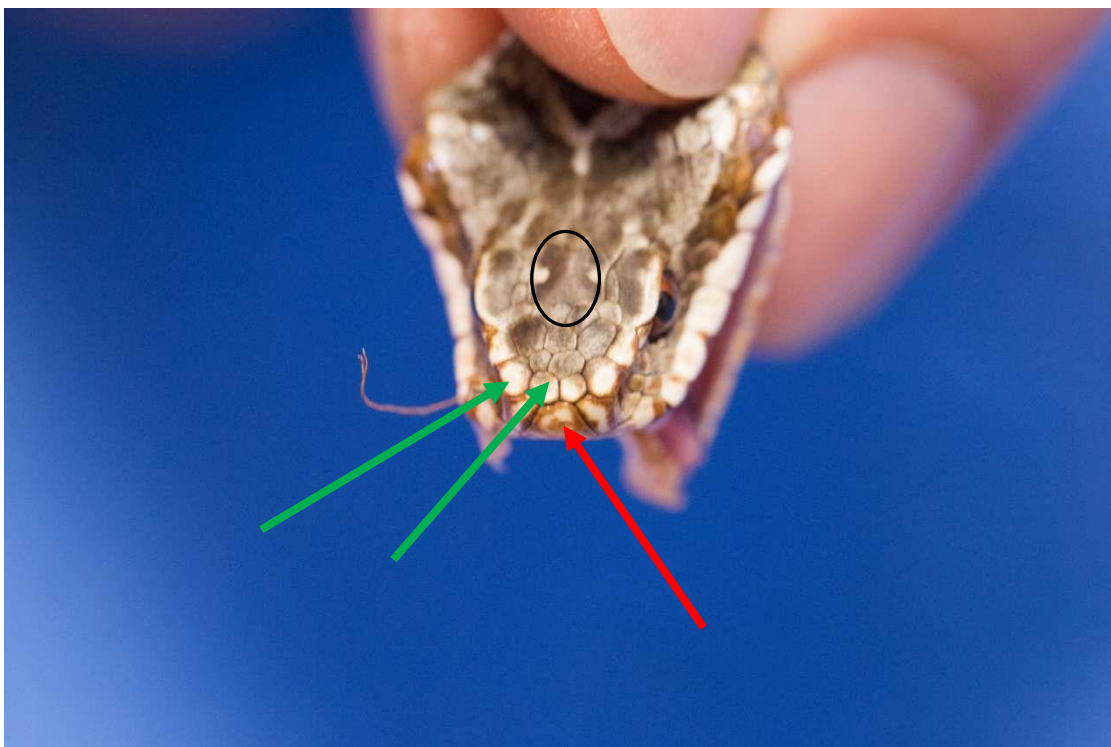
Příloha 5 – Samec zmiije obecné (*Vipera berus*) na lokalitě Hubertuska.



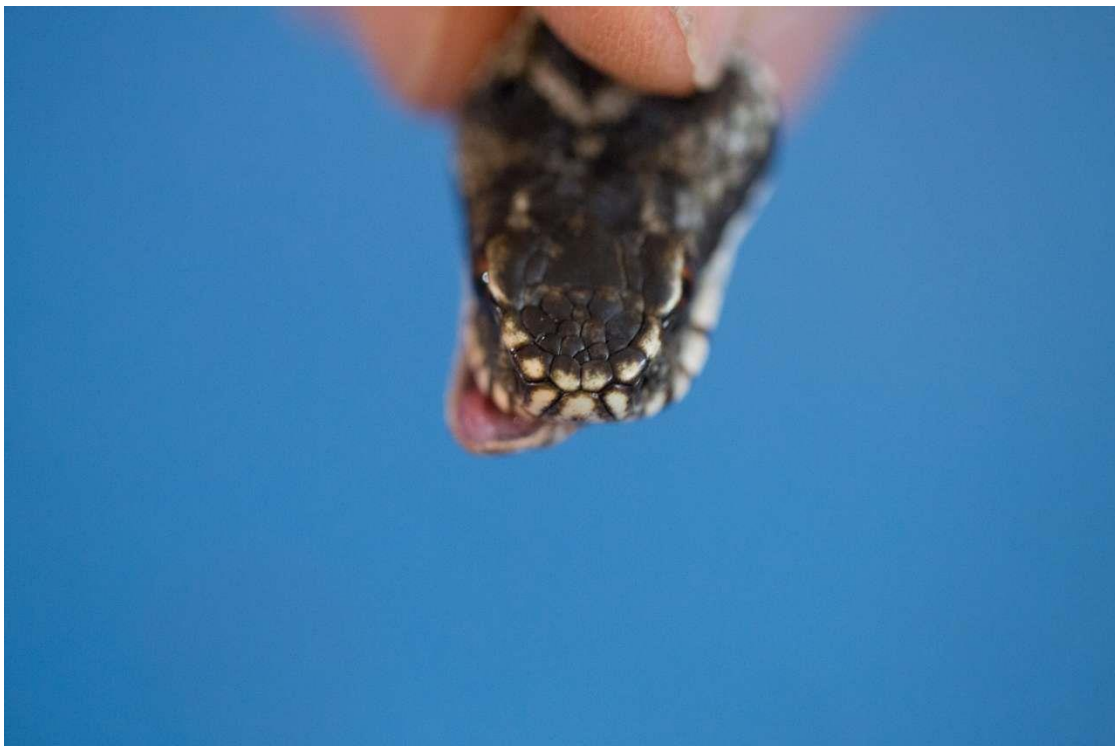
Příloha 6 – Zmiije obecná morpha prester (*Vipera berus* m. prester).



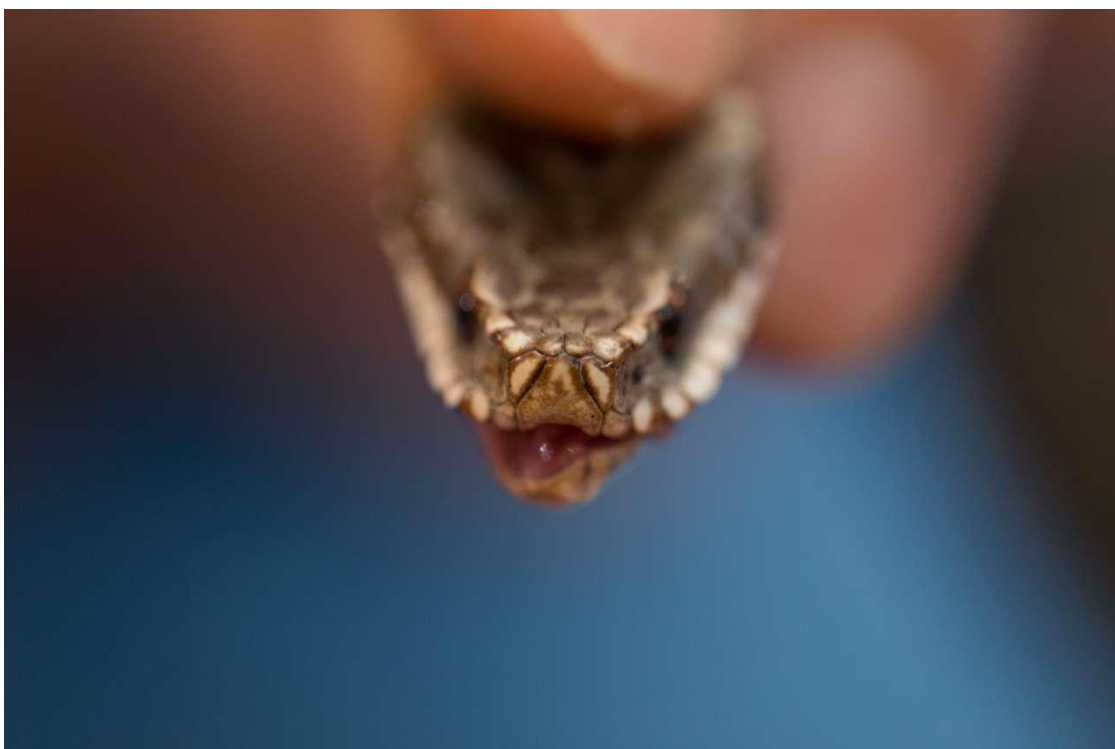
Příloha 7 - Vber-18-6-17-Zacl-2-f-630-272 (Pileus rostrale - červená, p. frontale – zelená, p. internasale – žlutá).



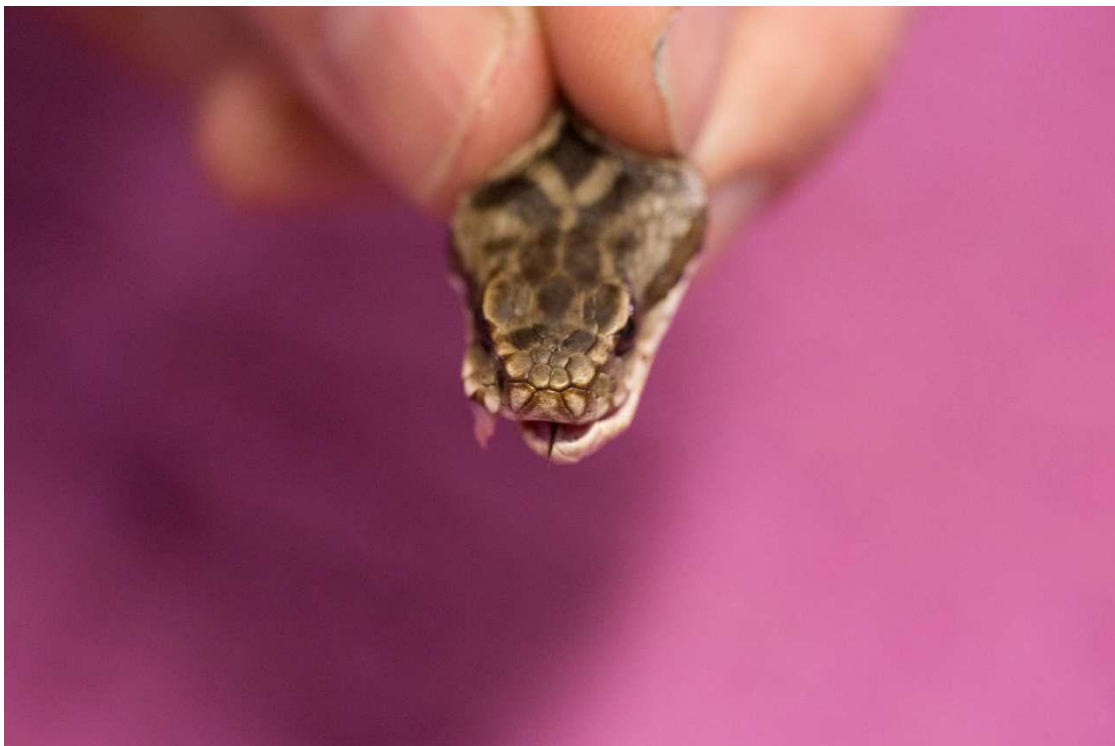
Příloha 8 - Vber-18-6-17-Zacl-3-f-510-143 (určení jedince – tvar p. frontale, počet p. internasale a tvar p. rostrale).



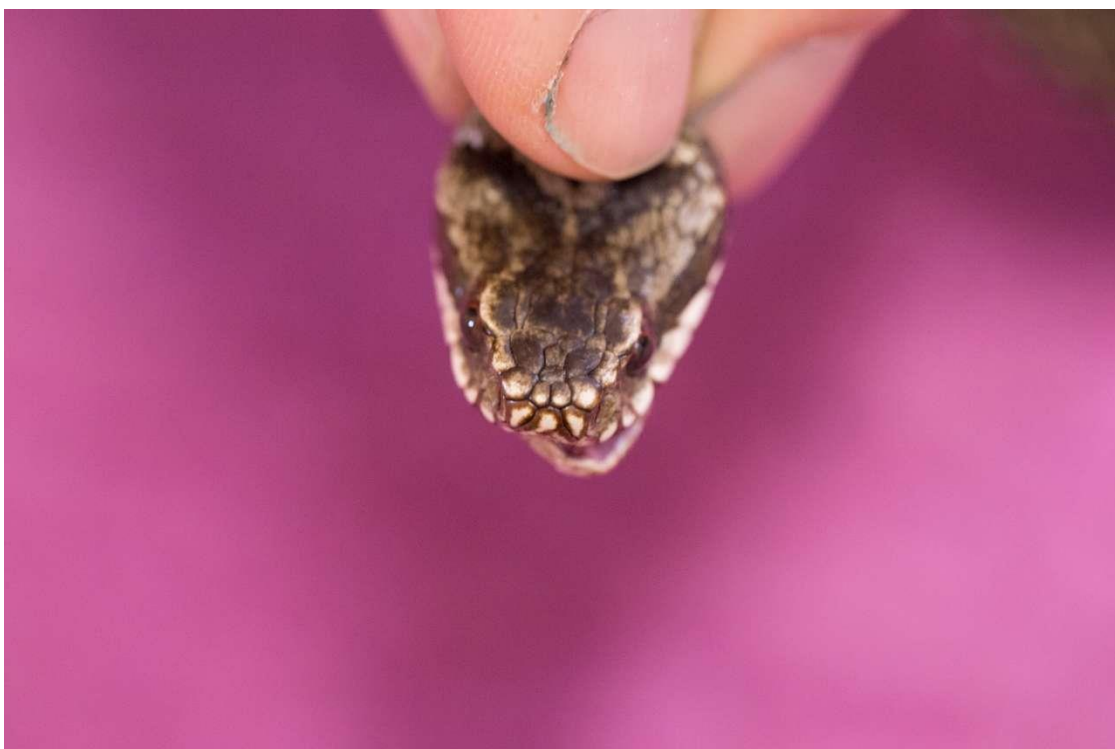
Příloha 9 - Vber-18-6-24-Hub-5-m-590-214.



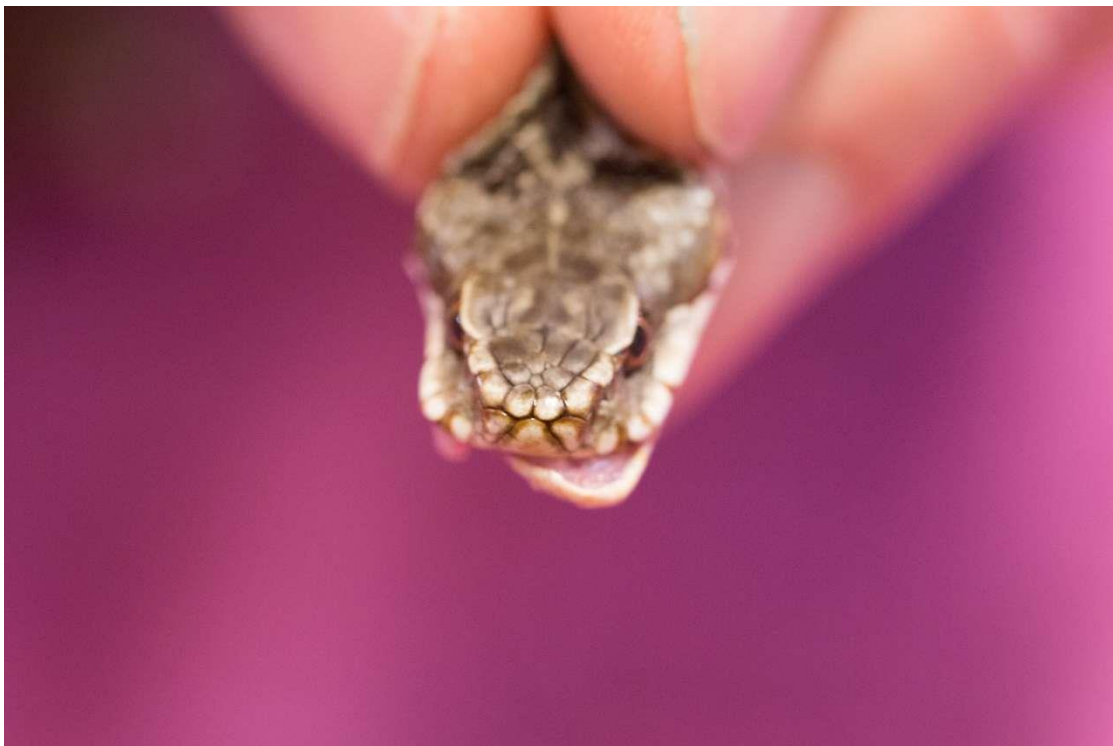
Příloha 10 - Vber-18-6-24-Zacl-4-f-670-236.



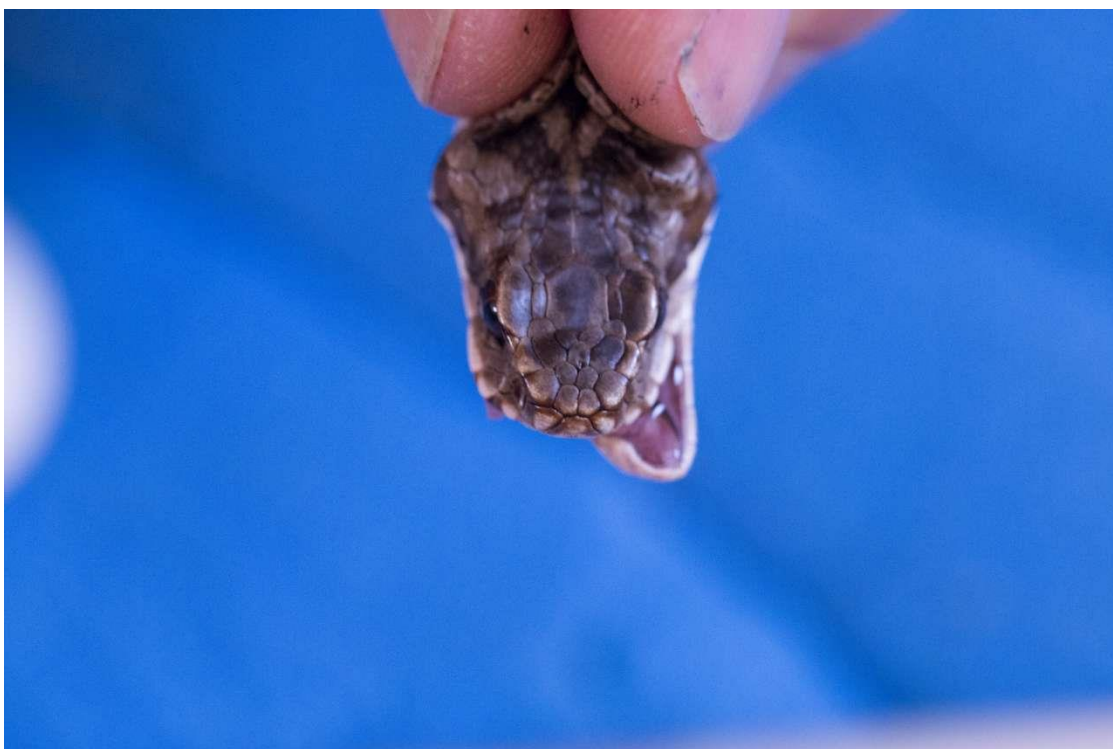
Příloha 11 - Vber-18-6-30-Hub-7-f-550-187.



Příloha 12 - Vber-18-6-30-Max-8-m-570-231.



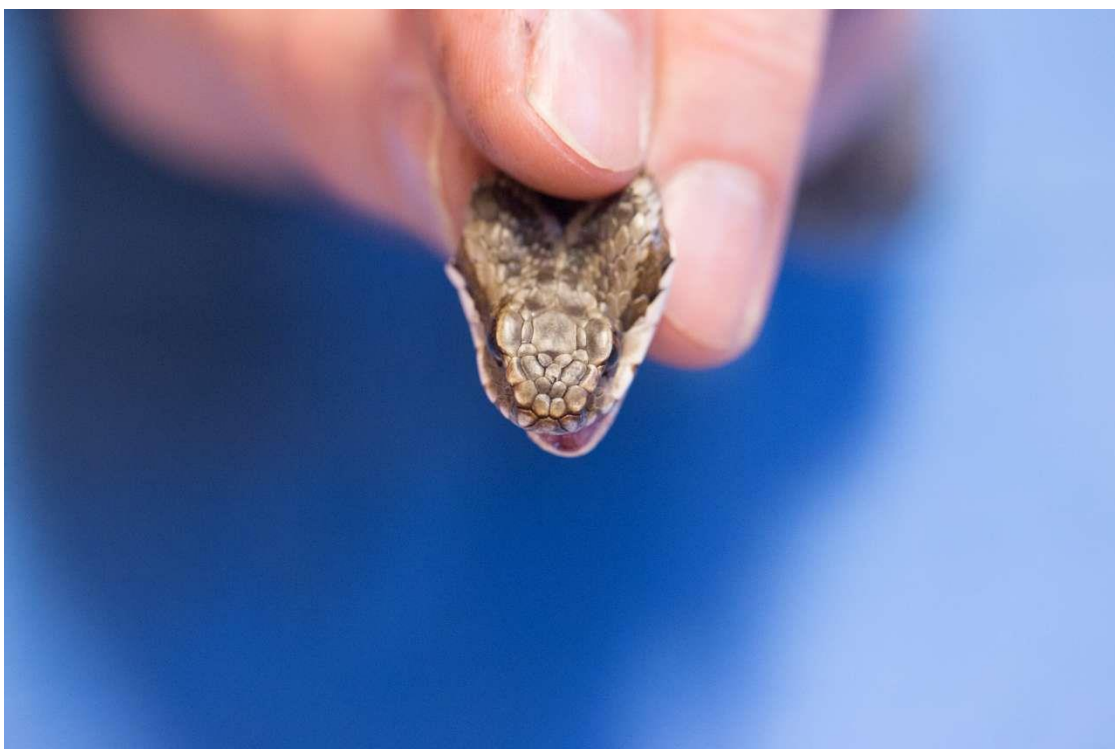
Příloha 13 - Vber-18-6-30-Zacl-6-f-450-127.



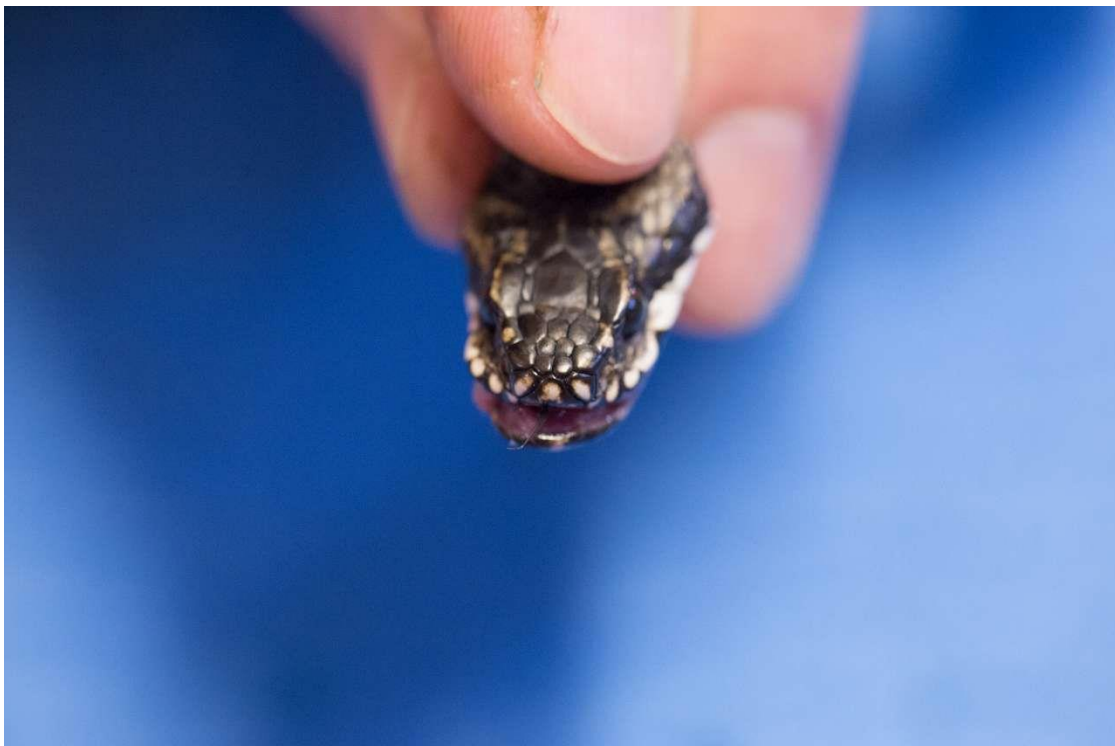
Příloha 14 - Vber-18-7-9-Hub-10-f-510-213.



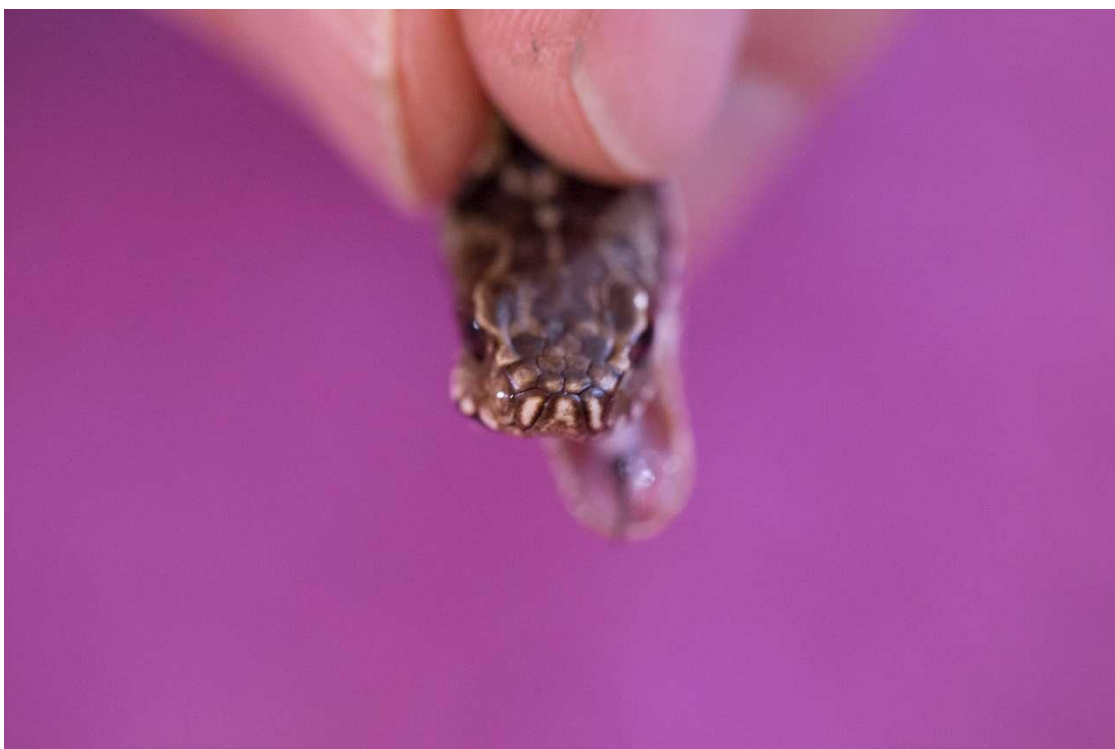
Příloha 15 - Vber-18-7-9-Max-9-f-540-173.



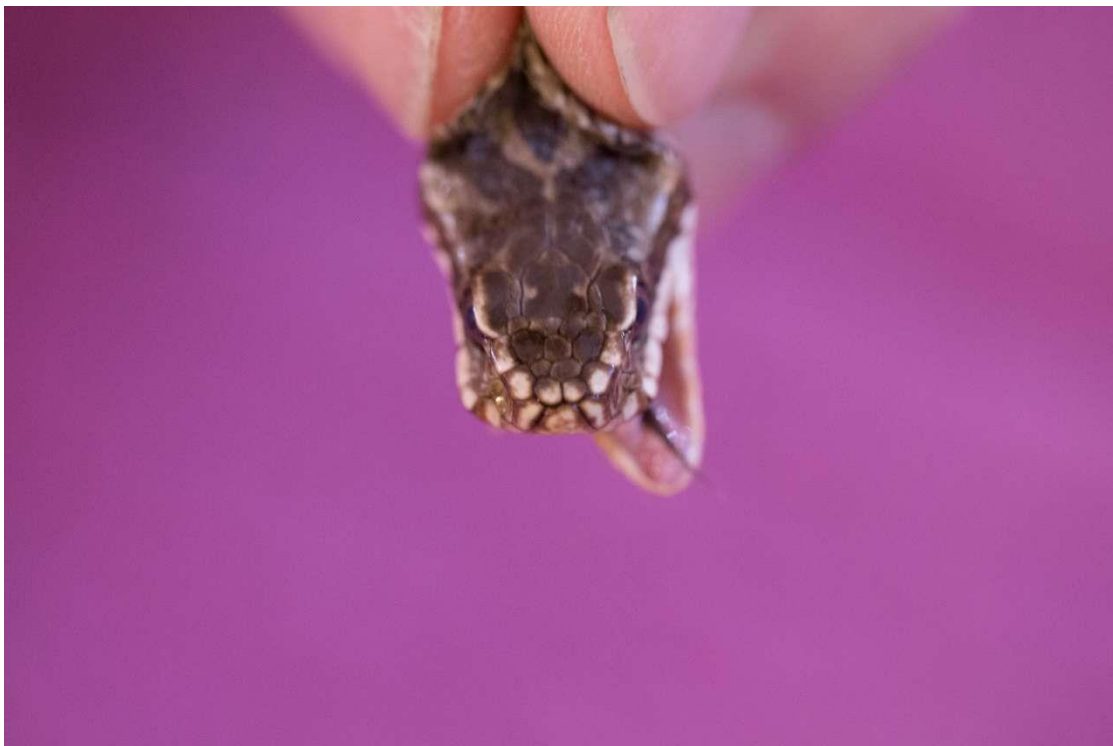
Příloha 16 - Vber-18-7-15-Hub-11-f-580-216.



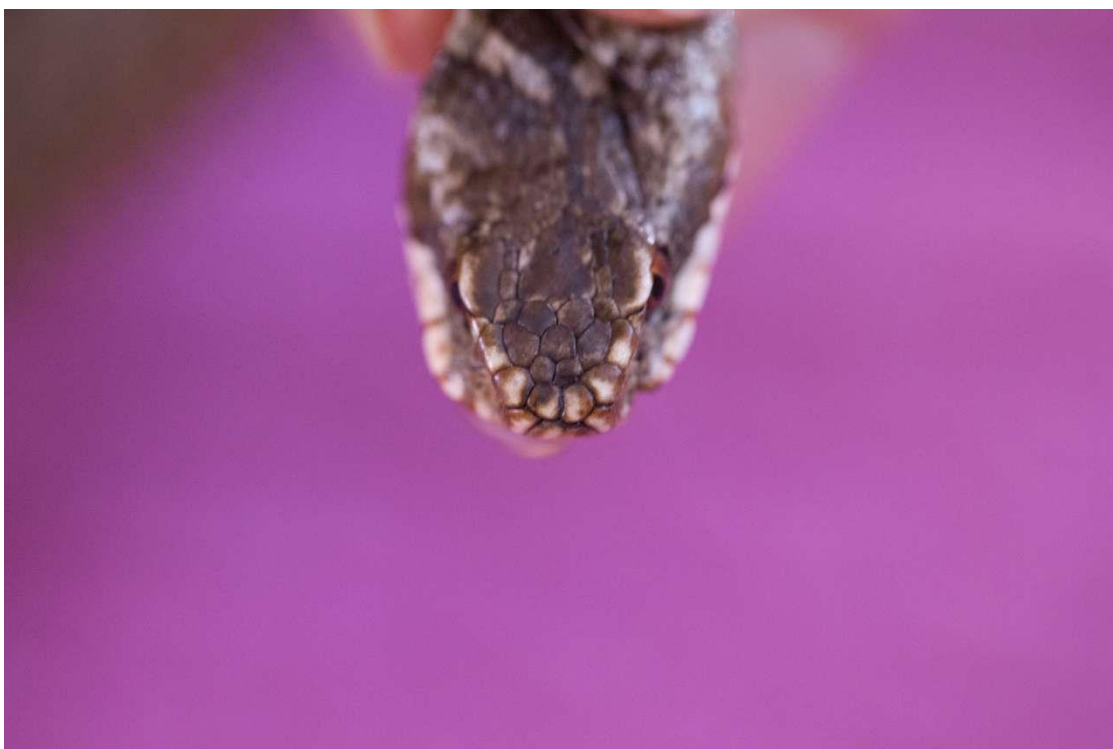
Příloha 17 - Vber-18-7-15-Max-12-m-560-149.



Příloha 18 - Vber-18-7-20-Hub-13-f-490-129.

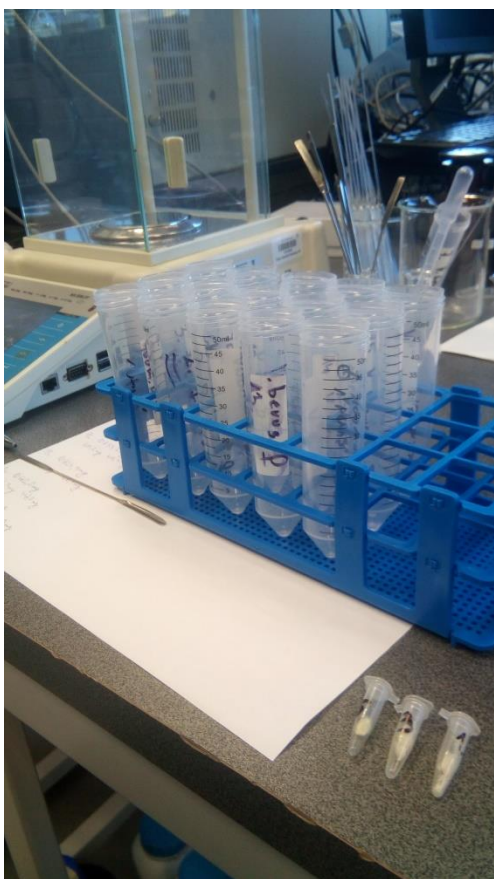


Příloha 19 - Vber-18-7-20-Zacl-14-f-540-189.



Příloha 20 - Vber-18-7-20-Zacl-15-f-580-172.





Příloha 21 – Lyofilizace na přístroji SANVAC COOLSAFE 110 – 4 PRO a vážení sušiny jedu.