JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra rostlinné výroby a agroekologie **Studijní obor:** Agroekologie

TÉMA DIPLOMOVÉ PRÁCE

RACI JAKO BIOINDIKÁTORY VLIVU ČLOVĚKA NA SLADKOVODNÍ EKOSYSTÉMY V ČR – CITLIVOST MODELOVÝCH DRUHŮ NA VYBRANÉ TOXICKÉ LÁTKY A PŘÍPADOVÁ STUDIE Z VYBRANÉHO POVODÍ

Autor diplomové práce:

Bc. Ivana Mahovská

Vedoucí diplomové práce:

Doc. RNDr. Jaroslav Boháč PhD. DrSc.

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení: **MAHOVSKÁ IVANA BC.**

Studijní program: Agroekologie

Studijní obor: Všeobecné zemědělství

Název tématu: Raci jako bioindikátory vlivu člověka na sladkovodní ekosystémy v ČR – citlivost modelových druhů na vybrané toxické látky a případová studie z vybraného povodí.
Cray fish as bioindicators of human impact in freshwater ecosystems in CR – sensitivity of model species on selected toxic compounds and case study from the model catchment

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :
(v zásadách pro vypracování uveďte cíl práce a metodický postup)

1. Vypracovat literární rešerši problematiky .
2. Zhodnotit výsledky vlastních testů akutní toxicity vybraných cizorodých látek (herbicidy a insekticidy) na modelový druh (rak signální, rak pruhovaný).
3. Monitorování vybraného povodí na území západních Čech (Úhlava, Otava, Úslava) s ohledem na případy znečištění vod a vlivu na raky a ostatní vodní organismy.
4. Navrhnout systém biomonitorování (aktivní i pasivní) sladkých vod s využitím raků.
5. Provést srovnání s dosavadními výsledky u nás a v zahraniční.

Rozsah grafických prací: grafy a tabulky, mapová příloha, fotografická příloha

Rozsah průvodní zprávy: 50 stran textu vč. tabulek

Seznam odborné literatury:

Holdrich, D. M., 2002: Biology of Freshwater Crayfish. Blaackwell Science Ltd., Oxford, London. ISBN 0-632-05431-X

Jeffrey D.& Madden B. (eds.), 1991: Bioindicators and environmental management, Academic Press, San Diego etc.

Kozák, P., Máchová, J., Prokeš, M., Policar, T., Peňáz, M., Baruš, V., 2006. Toxicity of Diazinon 60 EC for selected water organisms. In: Chemical Ecology in Aquatic Systems. Book of abstracts. Firenze, October 16-18, 2006: 14.

Munawar M., Hänninen O., Roy S., Munawar N., Kärenlampi L. & Brown D. (eds.), 1995: Bioindicators of environmental health, Ecovision World Monograph Series, SPB Acad. Publ., Amsterdam, 1995, 264 pp.

Salanki J., Jeffrey D. & Hughes, G.M. (eds.), 1993: Biological monitoring of the environment. A manual of methods. CAB International, Wallingford, 158 pp.

Spellerberg I. F., 1995: Monitorování ekologických změn.ČÚOP – VaMP, Brno, 187 s.
Vačkář D. (ed.), 2005: Ukazatele změn biodiverzity. Academia, Praha, 298 s.
Zillioux E., Newman J., Larkin P., Mrak T., Boháč J., Sammarco P., Wheaton J., Lange T. & Burger J., 2006: The cover story. Environmental Bioindicators, 1: 6-21.

Vedoucí diplomové práce: Doc. RNDr. Jaroslav Boháč, PhD., DrSc.

Konzultant:

Datum zadání diplomové práce: 8.2.2011

Termín odevzdání diplomové práce: 30.4.2012

L.S.

Prof. Ing. Ladislav Čurn, CSc.
Vedoucí katedry

prof. Ing. Miloslav Šoch, CSs.
Děkan

V Českých Budějovicích dne 8. 2. 2010

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 27. dubna 2012 Podpis…….....

Na tomto místě bych chtěla poděkovat zejména svému vedoucímu diplomové práce Doc. RNDr. Jaroslavu Boháčovi PhD. DrSc. za jeho podporu a mnoho cenných rad při vedení diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala Mgr. Davidu Fischerovi a RNDr. Pavlu Vlachovi PhD. za konzultace a Agentuře ochrany přírody a krajiny České republiky za poskytnutí potřebných dat, kterým tímto výsledky své diplomové práce poskytuji pro další využití.

ABSTRAKT

Práce se zabývá monitoringem výskytu raků ve vybraném povodí na území západních Čech s ohledem na vliv člověka na sladkovodní ekosystémy a jeho vlivu na raky a ostatní vodní organismy. Vybraným územím bylo povodí řeky Úhlavy, Úslavy a Otavy. Na lokalitách bylo sledováno početní a druhové zastoupení raků pomocí nálezových dat z databáze Agentury ochrany přírody a krajiny ČR. Sledovány byly také charakteristiky toků a okolního prostředí. Diplomová práce se zaměřuje i na kvalitu vody v hlavních tocích vybraného povodí, tj. řeka Úhlava, Úslava a Otava v období od roku 2006 do roku 2011. Výsledky nálezů jednotlivých druhů raků ukazují na sympatrický výskyt původních druhů raků, raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*), raka říčního (*Astacus astacus*) a částečně původního raka bahenního (*Astacus leptodactylus*) s invazně šířícím rakem pruhovaným (*Orconectes limosus*) a rakem signálním (*Pacifastacus leniusculus*). Vzhledem k této skutečnosti je v práci zhodnocena citlivost raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) a raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*) v podobě vlastní výsledky z testů akutní toxicity vybraných cizorodých látek aplikovaných na těchto modelových organismech. V práci jsou srovnávány dosavadní výsledky výskytu a ochrany raků v ČR a v zahraničí. Závěrem práce je navržení systému biomonitorování sladkých vod pomocí raků.

Klíčová slova: rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*), rak říční (*Astacus astacus*), rak bahenní (*Astacus leptodactylus*), rak pruhovaný (*Orconectes limosus*), rak signální (*Pacifastacus leniusculus*), bioindikátor, biomonitoring

ABSTRACT

This thesis deals with monitoring the occurrence of crayfish in selected river basins in the western Bohemia, considering the human impact on freshwater ecosystems and his influence on crayfish and other aquatic organisms. The selected river basin territory was Úhlava, Úslava and Otava. In the localities, numerical and species-wise representation of crayfish was monitored by finding data from the Agency for Nature Conservation and Landscape of Czech Republic database. The flow and environment characteristics were also monitored. This thesis focuses on water quality in streams of selected major river basins, Úhlava, Úslava and Otava rivers in the period from 2006 to 2011. Results of the findings show a sympatric occurrence of original species, stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*), noble crayfish (*Astacus astacus*) and part of the original danube crayfish (*Astacus leptodactylus*) with invasively spreading species of spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) and signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*). With respect to this fact, the sensitivity of spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) and signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) are evaluated in a form of own test results on acute toxicity. The thesis compared current results of occurrence and the protection of crayfish in the Czech Republic and abroad. The conclusion of this thesis is a proposal of a freshwater biomonitoring system, using the crayfish.

Key words: Stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*), noble crayfish (*Astacus astacus*), danube crayfish (*Astacus leptodactylus*), spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*), signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*), bioindicator, biomonitoring.

OBSAH

1. ÚVOD **10**

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED **11**

2.1 DRUHY RAKŮ ŽIJÍCÍCH V ČR 11
2.2 SYSTEMATICKÉ ZAŘAZENÍ RAKŮ ŽIJÍCÍCH V ČR 11
2.2.1 Rak kamenáč (Austropotamobius torrentium) 12
2.2.1.1 Rozeznávací a morfologické znaky raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium)* 12
2.2.1.2 Rozšíření v ČR 12
2.2.1.3 Biologie a ekologie 12
2.2.2 Rak bahenní (Astacus leptodactylus) 13
2.2.2.1 Rozeznávací a morfologické znaky raka bahenního (*Astacus leptodactylus*) 13
2.2.2.2 Rozšíření v ČR 13
2.2.2.3 Biologie a ekologie 13
2.2.3 Rak říční (Astacus astacus) 14
2.2.3.1 Rozeznávací a morfologické znaky raka říčního *(Astacus astacus)* 14
2.2.3.2 Rozšíření v ČR 14
2.2.3.3 Biologie a ekologie 15
2.2.4 Rak signální (Pacifastacus leniusculus) 15
2.2.4.1 Rozeznávací a morfologické znaky raka signálního (*Pacifastacus leniusculus)* 15
2.2.4.2 Rozšíření v ČR 15
2.2.4.3 Biologie a ekologie 16
2.2.5 Rak pruhovaný (Orconectes limosus) 16
2.2.5.1 Rozeznávací a morfologické znaky raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) 16
2.2.5.2 Rozšíření v ČR 17
2.2.5.3 Biologie a ekologie 17
2.3 OCHRANA RAKŮ V EVROPĚ A ČR 17
2.4 NEGATIVNÍ VLIVY NA BIOTOPY RAKŮ 18
2.4.1 Úpravy koryt vodních toků 19
2.4.2 Migrační bariéry 19
2.4.3 Úpravy břehů vodních toků 20
2.4.4 Znečištění vodních toků 20
2.4.5 Zanášení toků sedimenty 20
2.4.6 Predační tlak 20
2.4.7 Mor raků 21
2.5 NÁROKY RAKŮ NA KVALITU VODY 21
2.5.1 Citlivost nepůvodních druhů raků 23

3. CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉ OBLASTI **24**

3.1 CHARAKTERISTIKA ŘEKY ÚSLAVY 24
3.1.1 Hydrologie 25
3.1.2 Jakost povrchové vody 25
3.2 CHARAKTERISTIKA ŘEKY ÚHLAVY 26
3.2.1 Hydrologie 26
3.2.2 Jakost povrchové vody 27
3.3 CHARAKTERISTIKA ŘEKY OTAVY 27
3.3.1 Hydrologie 28
3.3.2 Jakost povrchové vody 28

4. MATERIÁL A METODIKA **30**

4.1 MONITORING RAKŮ 30
4.1.1 Malé vodní toky 30
4.1.2 Velké vodní toky 31
4.1.3 Stojaté vody 32
4.2 METODIKA ODLOVU RAKŮ 33
4.2.1 Lov raků do ruky (s pomocí síťky) 33
4.2.2 Proutek s návnadou 34
4.2.3 Vrše 34

5. VÝSLEDKY **36**

5.1 VÝSKYT RAKA KAMENÁČE (*AUSTROPOTAMOBIUS TORRENTIUM*) ... 36
5. 2 VÝSKYT RAKA ŘÍČNÍHO (*ASTACUS ASTACUS*) ... 48
5. 3 VÝSKYT RAKA BAHENNÍHO (*ASTACUS LEPTODACTYLUS*) ... 54
5.4 VÝSKYT RAKA PRUHOVANÉHO (*ORCONECTES LIMOSUS*) ... 55
5.5 VÝSKYT RAKA SIGNÁLNÍHO (*PACIFASTACUS LENIUSCULUS*) ... 55
5.6 KVALITA VODY ... 57

6. DISKUZE ... 59

6.1 RAK KAMENÁČ (*AUSTROPOTAMOBIUS TORRENTIUM*) ... 60
6.2 RAK ŘÍČNÍ (*ASTACUS ASTACUS*) ... 63
6. 3 RAK BAHENNÍ (*ASTACUS LEPTODACTYLUS*) ... 65
6.4 RAK PRUHOVANÝ (*ORCONECTES LIMOSUS*) ... 65
6.5 RAK SIGNÁLNÍ (*PACIFASTACUS LENIUSCULUS*) ... 65
6.6 HODNOCENÍ VÝSKYTU POPULACÍ RAKŮ V ČR A EVROPĚ ... 66

7. ZÁVĚR ... 68

8. SEZNAM LITERATURY ... 70

9. PŘÍLOHA ... 77

1. ÚVOD

Raci tvoří nedílnou součást sladkovodních ekosystémů. Na celém světě je jich známo asi 500 druhů. Astakofaunu České republiky tvoří pět druhů raků. Tři z nich jsou původními druhy a dva jsou invazně šířící. Původní druhy raků jsou rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*) a rak říční (*Astacus astacus*). Dalším druhem je rak bahenní (*Astacus leptodactylus*), který byl na naše území dovezen na přelomu 19. a 20. století náhradou za raka říčního, jehož populace byly zdecimovány račím morem. Nepůvodní invazně šířící druhy, které se vyskytují na našem území je rak pruhovaný (*Orconectes limosus*) a rak signální (*Pacifastacus leniusculus*). Hlavním nebezpečím pro naše druhy raků je přenos smrtelného onemocnění, které přenáší invazní druhy raků a způsobuje jej parazit *Aphanomyces astaci,* zvané račí mor.

Podle zákona 114/1992 Sb. je rak říční (*Astacus astacus*) a rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*) zařazen mezi kriticky ohrožené druhy, rak bahenní (*Astacus leptodactylus*) patří mezi ohrožené druhy. Rak pruhovaný (*Orconectes limosus*) a rak signální (*Pacifastacus leniusculus*) jsou druhy nebezpečnými. Následkem utlačování populací našich původních raků je už od roku 2000 prováděna reintrodukce raka říčního (*Astacus astacus*).

Cílem této práce je zhodnotit výsledky testů akutní toxicity herbicidu Roundup Biaktiv a insekticidu Diazinon 60 EC na modelových organismech raku pruhovaném (*Orconectes limosus*) a raku signálním (*Pacifastacus leniusculus*). Hlavním cílem je zhodnocení vybraného povodí na území západních Čech s ohledem na případy znečištění vod a vlivu na raky a ostatní vodní organismy. Vybraným územím je povodí řeky Úhlavy, Úslavy a Otavy. Tyto lokality byly vybrány z důvodu, že se zde vyskytují stabilní populace raka říčního (*Astacus astacus*) a raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*). Po zhodnocení výsledků bude navržen systém biomonitorování sladkých vod s využitím raků a dosavadní výsledky budou porovnány s výsledky u nás a v zahraničí.

Diplomová práce by měla podat ucelený obraz o výskytu jednotlivých druhů raků ve sledovaném území, charakteristiku toků, nároky raků na prostředí a kvalitu vody, možné případy znečištění vody a negativní zásahy do přirozeného prostředí raků.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 DRUHY RAKŮ ŽIJÍCÍCH V ČR

V současné době se na území ČR vyskytuje v přírodních podmínkách pět druhů raků KOZÁK *et al.* (1998), řazených podle ŠTAMBERGOVÁ *et al*. (2009) do čeledi Astacidae a Cambaridae.

Z původní evropské fauny, jak uvádí ŠTAMBERGOVÁ *et al.* (2009) se u nás vyskytují tři druhy raků. V čeledi Astacidae, rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium),* rak říční (*Astacus astacus)* a rak bahenní (*Astacus leptodactylus),* který je nepůvodní ale zdomácnělý a proto je často k našim původním rakům přiřazován (KOZÁK *et al*., 2008a). Další dva druhy raků vyskytující se na našem území jsou severoamerického původu, rak signální (*Pacifastacus leniusculus)* z čeledi Astacidae a rak pruhovaný (*Orconectes limosus)* z čeledi Cambaridae (ŠTAMBERGOVÁ *et al*,.2009).

2.2 SYSTEMATICKÉ ZAŘAZENÍ RAKŮ ŽIJÍCÍCH V ČR

Systematické zařazení raků žijících v ČR podle (KOZÁK *et al.*,2008a).

Kmen:	Arthropoda	Členovci
Podkmen:	Crustacea	Korýši
Třída:	Malacostraca	Rakovci
Řád:	Decapoda	Desetinožci

Čeleď:	Podčeleď:	Rod:	Druh:
Cambaridae	Cambarinae	*Orconectes*	*O. limosus* Raf. (rakpruhovaný)
Astacidae	Pacifastacinae	*Pacifastacus*	*P. leniusculus* (D.) (rak signální)
	Astacinae	*Astacus*	*A. astacus* (L.) (rak říční)
			*A.leptodactylus*Esch. (rak bahenní)
		Austropotamobius	*A. torrentium* (Schr.) (rak kamenáč)

2.2.1 RAK KAMENÁČ (*AUSTROPOTAMOBIUS TORRENTIUM*)

Rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium)* je původním druhem v Evropě a vyskytuje se ve 20 evropských zemích. V ČR se vyskytuje na několika lokalitách v oblasti Brd, Křivoklátska, Domažlicka, Kladenska, Krkonoš a na dvou lokalitách v severních Čechách (PÖCKL *et al.*, 2006 in KOZÁK *et al.,* 2008).

Rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium)* byl na našem území ještě donedávna považován za téměř vyhynulý druh (HOLZER 2000, POLICAR & KOZÁK 2000 *in* ŠTAMBERGOVÁ *et al.,* 2009) a proto patří mezi kriticky ohrožené druhy (KOZÁK *et al.,* 2002)

2.2.1.1 ROZEZNÁVACÍ A MORFOLOGICKÉ ZNAKY RAKA KAMENÁČE (*AUSTROPOTAMOBIUS TORRENTIUM)*

Rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium)* je malého tělesného rámce. V obrysu těla se podobá raku říčnímu *(Astacus astacus)*. Dorůstá menší velikosti a dosahuje délky pouze 70 – 80 mm (DYK, 1948 *in* KOZÁK *et al.,*1998). Na hřbetní straně těla je šedohnědě nebo zelenohnědě zbarvený. Břišní strana těla má světle žlutý odstín. Klepeta a nohy jsou špinavě bílé (KRUPAUER, 1968.).

2.2.1.2 ROZŠÍŘENÍ V ČR

Rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium)* dle ŠTRAMBERGOVÉ *et al.*(2009) se převážně nachází v horních partiích čistých potoků s kamenitým dnem. Oblastí jeho výskytu jsou střední a západní Čechy (VLACH *et al.*, 2009). Nejvýznamnější oblastí, kde se rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium)* vyskytuje, je povodí řek Úslavy, Úhlavy, Radbuzy, Mže a potoků v Brdech (FISCHER *et al*., 2004).

2.2.1.3 BIOLOGIE A EKOLOGIE

Rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*) dle PÖCKL (1999) se převážně vyskytuje v lesních meandrujících potocích s proměnlivou hloubkou a šířkou toků. VLACH *et al*. (2009) popisují raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) jako druh raka, který dává přednost malým až středním tokům a vyhledává místa s hrubším substrátem, které používá jako své úkryty. Výskyt raka kamenáče je vázán především na horské a podhorské oblasti. Má podobné nároky na prostředí jako

rak říční (SLÁDEČEK, 1988). Podle DYKA (1977) je díky svým požadavkům na kvalitu vody považován za bioindikátora kvality vody. Ačkoli je považován za velmi citlivého na organické znečištění vody, jeho výskyt byl zjištěn i ve středně znečištěných vodách (DOLNÝ a ĎURIŠ 2001).

2.2.2 RAK BAHENNÍ (*ASTACUS LEPTODACTYLUS*)

Rak bahenní (*Astacus leptodactylus*) je původním evropským rakem rozšířeným v mnoha zemích západní a východní Evropy (HOLDICH *et al.*, 2006). U nás byl dříve rak bahenní (*Astacus leptodactylus*) vysazován jako náhrada za vyhynulé populace raků říčních (PECINA, 1979 *in* ŠTAMBERGOVÁ *et al.,*2009). Patří mezi ohrožené druhy.

2.2.2.1 ROZEZNÁVACÍ A MORFOLOGICKÉ ZNAKY RAKA BAHENNÍHO (*ASTACUS LEPTODACTYLUS*)

Hlavohrudní krunýř jak popisuje ŠTAMBERGOVÁ *et al.* (2009) je po stranách silně trnitý. Trny jsou před týlním švem i za ním, podobně jako u raka pruhovaného. Za očima jsou přítomny dva páry postorbitálních lišt. Rostrum je dlouhé s úzkou, silně protaženou špičkou. KOZÁK *et al.* (2008a) klepeta jsou u samců velmi dlouhá, u samic kratší zbarvená stejně jako tělo. Spodní strana klepet je světle žlutá. Klepeta bývají dlouhá a úzká a hrbolkatá po obou stranách.

2.2.2.2 ROZŠÍŘENÍ V ČR

Rak bahenní (*Astacus leptodactylus)* byl u nás vysazen v letech 1850 – 1892 z oblasti Haliče (Polsko). Vysazen byl na lokalitách v Příbrami, Blatné, Mladé Boleslavy a Chlumce nad Cidlinou (LOHNICKÝ, 1983). Rozšíření tohoto druhu je v nynější době převážně v oblastech ve kterých byl vysazen. Známo je 40 lokalit výskytu ve středních a severních Čechách (HORKÁ, 2006).

2.2.2.3 BIOLOGIE A EKOLOGIE

HORKÁ (2006) uvádí výskyt raka bahenního (*Astacus leptodactylus)* na území ČR v různých typech stojatých vod jako jsou rybníky, nádrže, zatopené lomy, důlní odkaliště. Je středně náročný na kvalitu vody. Na rozdíl od raka říčního a kamenáče mu vyhovují jako stanoviště také bahnité oblasti. Jeho odolnost vůči

organickému zatížení a nedostatku kyslíku je o něco větší než u raka říčního (FÜDERER *et al*., 2006 *in* KOZÁK *et al.,*1998).

2.2.3 RAK ŘÍČNÍ (*ASTACUS ASTACUS*)

Rak říční *(Astacus astacus)*je původním evropským druhem raka. Hranice jeho výskytu na jihu jsou v Řecku a Albánii a na severu ve Finsku (PÖCKL *et al.*, 2006 *in* KOZÁK *et al.,* 2008a). V současné době lze konstatovat, že rak říční je jedním z nejhojněji zastoupených raků ve vodách ČR, který obývá tekoucí i stojaté vody plošně po celé republice (KOZÁK *et al.,*1998). Rak říční je označen za kriticky ohrožený druh naší fauny a je zakázáno tento druh chytat (POLICAR a KOZÁK, 2004).

2.2.3.1 ROZEZNÁVACÍ A MORFOLOGICKÉ ZNAKY RAKA ŘÍČNÍHO *(ASTACUS ASTACUS)*

Hlavohrudní krunýř nese po stranách trny, které jsou pouze za týlním švem. Za očima jsou přítomny dva páry postorbitálních lišt, podobně jako u raka bahenního a raka signálního. Rostrum je středně dlouhé s dosti dlouhou ostrou špičkou (ŠTAMBERGOVÁ *et al.,*2009).

Klepeta jsou robustní, velká u samců, menší u samic, stejné barvy jako tělo a na vrchní straně hrbolkatá. Na spodní straně jsou klepeta červená až tmavě hnědá. Na vnitřní straně nepohyblivého prstu klepete jsou dva vzdálené výrůstky a mezi nimi je mělká prohlubeň (HOLDICH *et al.*, 2006).

2.2.3.2 ROZŠÍŘENÍ V ČR

Rak říční *(Astacus astacus)* POLICAR a KOZÁK (2000) patří k nejhojněji rozšířeným druhům našich vod. V současné době je zaznamenaný výskyt především v Severomoravském a Středočeském kraji (HOLZER, 2000). Rak říční *(Astacus astacus)* byl v minulosti úspěšně reintrodukován v PP Písecké hory (KOZÁK *et al.* 2004a).

2.2.3.3 BIOLOGIE A EKOLOGIE

Rak říční (*Astacus astacus)* je v Evropě označován za jednoho z největších sladkovodních bezobratlých živočichů (KOZÁK *et al.* 2008b). V ČR uvádí DYK (1977), že rak říční *(Astacus astacus)* osidluje všechny typy vod především menší a střední toky, rybníky, vodárenské a údolní nádrže, které jsou méně hospodářsky či rekreačně využívané. Je odolný vůči organickému zatížení, ale naopak je velmi citlivý na znečištění pesticidy a anorganickými látkami (LOHNICKÝ, 1983). Dále dle studie KOZÁK a POLICAR (2001) vykazuje vyšší toleranci k nižším a vyšším teplotám prostředí.

2.2.4 RAK SIGNÁLNÍ (*PACIFASTACUS LENIUSCULUS*)

Rak signální (*Pacifastacus leniusculus)* je v Evropě nepůvodním druhem (POLICAR *et al.,*2001). Jeho původní domovinou je Severní Amerika (WESTMAN, 2000 *in* KOZÁK *et al.,*2009). Do Evropy se poprvé dostal introdukcí do Finska a Švédska v 60. letech jako náhrada za raka říčního, který zde byl zdecimován račím morem. Nyní se vyskytuje nejméně ve 24 evropských zemích. Rak signální (*Pacifastacus leniusculus)* je agresivní, poměrně rychle rostoucí druh s vysokou plodností. Je odolný vůči račímu moru a je schopný ho přenášet (HOLDICH *et al.*, 2006).

2.2.4.1 ROZEZNÁVACÍ A MORFOLOGICKÉ ZNAKY RAKA SIGNÁLNÍHO (*PACIFASTACUS LENIUSCULUS)*

Rak signální bývá zbarven od světle hnědé, přes červenohnědou až k tmavě hnědé. Hlavohruď je mohutná, hladká se dvěma postorbitálními lištami a zcela bez trnů na bocích. Rostrum je středně dlouhé s hladkými víceméně rovnoběžnými okraji, které na konci tvoří trny. Samec má robustní klepeta, samice menší, po obou stranách hladká. Na kloubu klepete je výrazná bílá skvrna. Spodní strana klepet je červená (HOLDICH *et al.*, 1999).

2.2.4.2 ROZŠÍŘENÍ V ČR

V roce 1912 došlo k introdukci raka signálního z původního areálu z Oregonu do Kalifornie, odkud pak pocházeli raci, kteří byli dovezeni do Evropy. Dále byl vysazen v řadě jižních států USA (GOLDMAN, 1973). Do České republiky

se dle KOZÁK *et al.* (2008a) dostal díky importu 1000 juvenilních jedinců ze Švédska v roce 1980 za účelem produkce tržních raků. FILIPOVÁ *et al*. (2006b) uvádí současný výskyt raka signálního na několika lokalitách v okolí Velkého Meziříčí, kde se vyskytuje v celé soustavě rybníků.

2.2.4.3 BIOLOGIE A EKOLOGIE

Ve svém původním areálu se rak signální (*Pacifastacus leniusculus)* vyskytuje ve stálých vodách chladnějších oblastí mírného pásma, a je proto dobře přizpůsoben životu v evropských vodách (HENTTONEN a HUNER, 1999). HAGER (1996) uvádí, že vyhovující je i více zabahněné stanoviště.

Rak signální (*Pacifastacus* leniusculus) je přenašečem račího moru (HOLDICH, 2003). Jeho výskytem nejsou však ohroženi jen původní druhy raků. Při masovém výskytu může mít negativní dopad i na společenstvo vodních rostlin, vodních bezobratlých a bentických ryb (PEAY *et al.,* 2009).

2.2.5 RAK PRUHOVANÝ (*ORCONECTES LIMOSUS*)

Rak pruhovaný (*Orconectes limosus*) byl prvně introdukován do Evropských vod v roce 1980 (ĎURIŠ a HORKÁ 2005). HENTTONEN a HUNER (1999) vyskytuje se v tekoucích i stojatých vodách. Je to nenáročný, velmi přizpůsobivý a agresivní druh raka (FÜREDER *et al*., 2006) který je velice tolerantní k znečištění vody a nízkému obsahu kyslíku (KOZÁK *et al.* 2004b) a je přenašečem račího moru (KOZUBÍKOVÁ *et al.,* 2006).

2.2.5.1 ROZEZNÁVACÍ A MORFOLOGICKÉ ZNAKY RAKA PRUHOVANÉHO (*ORCONECTES LIMOSUS*)

Rak pruhovaný (*Orconectes limosus*) má relativně hladký krunýř, s charakteristickými trny vpředu po stranách hlavohrudi a červenohnědými příčnými proužky na zadečku. Je malého vzrůstu, největší exempláři dosahují maximální délky těla bez klepet do 100 mm. Je světle až středně hnědého zbarvení s typickými tmavě hnědými až rezavými příčnými pruhy na každém ocasním článku. (KOZÁK *et al.,* 1998).

2.2.5.2 ROZŠÍŘENÍ V ČR

Rak pruhovaný (*Orconectes limosus*) je v Evropě nepůvodním druhem. Jeho domovinou je Severní Amerika. Do ČR se pravděpodobně dostal přirozenou migrací proti proudu řeky Labe (PETRUSEK *et al*., 2006). První pokus o vysazení raka pruhovaného do České republiky uvádí MATĚNA (1995) proběhl již na přelomu 19. a 20. století. Rak pruhovaný (*Orconectes limosus*) obývá nejčastěji naše největší řeky (KOZÁK *et al*., 2004c).

V současné době se rak pruhovaný vyskytuje převážně v povodí Labe (FILIPOVÁ *et al*., 2006). Mimo povodí Labe je dnes rak pruhovaný hlášen ještě na severní Moravě v povodí Odry (CHOBOT, 2006).

2.2.5.3 BIOLOGIE A EKOLOGIE

Rak pruhovaný (*Orconectes limosus*) je dobře přizpůsobený životu ve stálých stojatých i tekoucích vodách (HENTTONEN a HUNER 1999). Vyskytuje se také na lokalitách s bahnitým dnem, které jsou pro evropské druhy raků méně vhodné. Převážně obývá větší toky, může se však vyskytovat i v chladnějších, rychleji proudících tocích (PETRUSEK *et* al., 2006a). Zajímavá je u raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) jeho plodnost, která je v porovnání s ostatními druhy raků vzhledem k jeho velikosti těla vyšší než u původní druhů raků (KOZÁK *et al*., 2004d).

2.3 OCHRANA RAKŮ V EVROPĚ A ČR

Právní ochrana evropských druhů raků je na úrovni EU zajištěna prostřednictvím směrnice Rady č. 92/43/EHS, o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin, ve které jsou rak bělonohý (*Austropotamobius pallipes*), který se vyskytuje v západní a jižní Evropě, a rak kamenáč (*Astacus torrentium*) zařazeni mezi druhy živočichů, které vyžadují zvláštní územní ochranu (vymezení tzv. evropsky významné lokality jako součásti soustavy Natura 2000). Současně jsou rak říční (*Astacus astacurak ps*) i rak kamenáč (*Astacus torrentium*) zařazeni mezi druhy živočichů, jejichž odchyt ve volné přírodě a využívání může být předmětem určitých opatření na jejich obhospodařování. Povinnosti vyplývající z této směrnice byly přeneseny do národní legislativy jednotlivých členských států (SVOBODOVÁ *et al*., 2010).

Ochrana raků v ČR se řídí dle zákona 114/1992 Sb. a jeho prováděcí vyhlášky č. 395/1992. Jak uvádí zákon o Ochraně přírody a krajiny 114/1992 Sb. je zakázána jakákoliv manipulace s chráněnými druhy raků tedy i jejich lov. Povolení může vydat pouze příslušný orgán ochrany přírody, Správy Chráněných krajinných oblastí (CHKO), referát Životního prostředí, na základě doporučení odborníků a stanovení pravidel pro udělení výjimky. Orgán ochrany přírody stanoví rozsah povolení chovu, rozmnožování a podmínky manipulace s raky. Držitel výjimky má povinnost jedenkrát ročně vypracovat zprávu o jeho aktivitách souvisejících s manipulací s původními druhy raků. Neméně důležitá je povinnost spolupráce s orgány ochrany přírody především s Agenturou ochrany přírody a krajiny (AOPK ČR) a Českou inspekcí životního prostředí (ČIŽP) (KOZÁK *et al*., 2007a).

V příloze č. III vyhlášky MŽP ČR č. 395/1992 Sb. je seznam zvláště chráněných druhů, ve kterém jsou uvedeny kategorie ochrany našich původních raků ŠTAMBERGOVÁ *et al.* (2009):
rak kamenáč (*Astacus torrentium*): **kriticky ohrožený**
rak říční (*Astacus astacus*): **kriticky ohrožený**
rak bahenní (*Astacus leptodactylus*): **ohrožený**

Na nepůvodní druhy raků, raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*) a raka pruhovaného (*Orconectes limosus*), se v rámci zákona o ochraně přírody a krajiny vztahuje § 5 odst. 4 ZOPK, který uvádí, že záměrné rozšíření geograficky nepůvodního druhu do krajiny není možné bez povolení orgánu ochrany přírody (OOP). Příslušným OOP jsou obce s rozšířenou působností. V národních parcích, chráněných krajinných oblastech, národních přírodních rezervacích a přírodních rezervacích platí zákaz povolování a uskutečňování úmyslného rozšiřování geograficky nepůvodních druhů (ŠTAMBERGOVÁ *et al*., 2009).

2.4 NEGATIVNÍ VLIVY NA BIOTOPY RAKŮ

V současné době jsou zásadní hrozbou pro populace raků hlavně nešetrné úpravy koryt, představující zejména směrové a hloubkové regulace toků, případně následné opevnění koryt (PETRUSKOVÁ *et al*., 2006).

Vliv mají rovněž úpravy v okolí vodních toků, a to zejména orba k břehové linii toku nebo odlesňování. V důsledku masivní eroze a splachů ornice pak dochází k zanášení koryt, resp. eliminaci vhodných úkrytů pro raky (CHVOJKOVÁ *et al*., 2008).

Významným negativním faktorem, jak uvádí PETRUSKOVÁ *et al*. (2006) je především pro raka kamenáče zanášení koryt bahnem, ke kterému v posledních letech dochází pod produkčními rybníky v důsledku intenzifikace chovu ryb. Na lokální úrovni má na račí populace značně negativní vliv predace norkem americkým, který je schopen během několika let značně zredukovat populaci. V neposlední řadě, a to i přes zlepšování kvality vody v našich vodotečích, dochází stále k úhynům raků i v důsledku znečištění vody, kdy se většinou jedná o lokální otravy. Jednou z nejvýznamnějších hrozeb posledních let se ale stává račí mor. Tato smrtelná choroba je pro původní evropské druhy raků způsobená plísní *Aphanomyces aeraci*.

2.4.1 ÚPRAVY KORYT VODNÍCH TOKŮ

Úpravy koryt vodních toků jsou prováděny prostřednictvím zpevňování břehů kamennými záhozy, regulací, napřimováním, hloubením dna a dlážděním koryt vodních toků. Těmito škodlivými zásahy do přirozeného charakteru toků dochází k odstraňování vhodných úkrytů pro raky. Většina zásahů je prováděna v rámci pravidelné údržby koryt, například při odstraňování povodňových škod nebo jako protipovodňových opatření. Zásahy mívají často devastační účinky a vedou nejen k destrukci samotného biotopu a ztrátě vhodných úkrytů, ale také ke ztrátě samočisticí schopnosti toků, rychlým průběhům povodní, k populačním ztrátám raků i snížení jejich potravní nabídky (ŠTAMBERGOVÁ *et al*., 2009).

2.4.2 MIGRAČNÍ BARIÉRY

Termín migrační bariéra označuje TNV 75 2321 (2011) jako profil nebo úsek vodního toku, v němž spádové, hydraulické, hydrologické, fyzikální nebo chemické parametry neumožňují bezpečnou obousměrnou migraci ryb a dalších vodních živočichů. Z technického hlediska se jedná o překážku napříč tokem v podobě vodního díla, jímž může být stupeň, jez, přehrada, hráz, malá vodní elektrárna. Jak uvádí ŠTAMBERGOVÁ *et al*. (2009) nemusí mít migrační bariéry pouze negativní účinek. Příkladem pozitivního účinku migrační bariéry je hráz rybníka na Úpořském potoce v obci Broumy (CHKO Křivoklátsko), která pomohla zastavit šíření račího moru

migrací raků proti proudu, a zůstala tak zachována populace raka kamenáče nad rybníkem.

2.4.3 ÚPRAVY BŘEHŮ VODNÍCH TOKŮ

Negativní vliv mají dle ŠTAMBERGOVÁ *et al.* (2009) nevhodné úpravy okolí vodních toků. Jedná se o odlesňování a orbu až k břehové linii toku. V případech, kde chybí vegetace i břehové porosty, dochází následkem eroze ke splachům ornice a zanášení koryt a tím i vhodných úkrytů pro raky.

2.4.4 ZNEČIŠTĚNÍ VODNÍCH TOKŮ

Zdroje znečištění vodních toků pocházejí jednak ze zemědělské činnosti, kdy při hnojení dusíkatými hnojivy na polích obklopující vodní toky dochází ke kontaminaci vodního prostředí smýváním buď přímo, nebo do sběrných příkopů ústících do toků, ale také při vzniku ekologických havárií při kterých vznikají lokální otravy. Dalšími zdroji znečištění jsou i špatně fungující čistírny odpadních vod, nepovolené vypouštění jímek a septiků do vodních toků (ŠTAMBERGOVÁ *et al*., 2009).

2.4.5 ZANÁŠENÍ TOKŮ SEDIMENTY

ŠTAMBERGOVÁ *et al.* (2009) popisuje, že zanášení toků sedimenty v důsledku lidské činnosti je způsobeno splachy ornice ze zemědělských ploch, z odlesněných svahu, ale také vlivem rybářského hospodaření. Následkem chovu ryb a vodní drůbeže, při kterém se provádí krmení, hnojení, vápnění a častější vypouštění rybníků, dochází k silné eutrofizaci vody, snížení množství rozpuštěného kyslíku, zvýšení teploty, zanášení koryt jemným rybničním sedimentem a kolísání průtoků. Tímto nejsou ovlivněni jen raci žijící přímo v nádržích, ale také populace v toku pod rybníkem. Sediment se usazuje v prostorách mezi kameny a tím zanáší vhodné úkryty pro raky, kteří znečištěné části toků postupně opouštějí.

2.4.6 PREDAČNÍ TLAK

Predační tlak může být způsoben nevhodně zvolenou rybí obsádkou a významně tak ohrozit populaci raků v důsledku vysazení nepřiměřeně velkého počtu ryb, případně při úniku ryb z vodních nádrží. Jedná se zejména o dravce, jako je pstruh

obecný forma potoční (*Salmo trutta m. fario*), pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*), siven americký (*Salvelinus fontinalis*), okoun říční (*Perca fluviatilis*). Taktéž má značný predační tlak i invazní norek americký (*Mustela vison*), který se rozšířil únikem a vypouštěním z kožešinových farem (ŠTAMBERGOVÁ *et al*., 2009).

2.4.7 MOR RAKŮ

Račí mor je onemocnění smrtelné pro původní evropské druhy raků. Způsobuje ho parazit *Aphanomyces astaci* (Oomycetes) a infekce je přenášena jeho původními hostiteli, raky, konkurenčně úspěšnějšími, pocházejícími ze Severní Ameriky, rak pruhovaný (*Orconectes limosus*) a rak signální (*Pacifastacus leniusculus*). *Aphanomyces astaci* je parazit s vysokou specifitou k rakům. Severoamerické druhy raků jsou obecně velmi odolné k akutní fázi onemocnění. Kontakt mezi populacemi původních evropských a infikovaných severoamerických druhů raků končí ve většině případů nakažením původního druhu račím morem a následným vyhynutím celé populace (KOZUBÍKOVÁ a PETRUSEK, 2009).

2.5 NÁROKY RAKŮ NA KVALITU VODY

Kvalita a jakost vody patří mezi velmi důležité faktory ovlivňující výskyt a početnost populací raků. V současné době dochází ke zlepšování kvality vody, i přes to, že v některých tocích je jakost vody stále neuspokojivá (ŠTAMBERGOVÁ *et al*., 2009). SVOBODOVÁ (2008) uvádí, že studií kvality vody pro raky byl zjištěn významný rozdíl v tocích s výskytem raků a v tocích bez výskytu raků, a to v hodnotách BSK_5, O_2, pH, amonných iontů a dusitanů.

BSK_5

Optimální hodnota BSK_5 pro raka říčního (*Astacus astacus*) je 1,2 $mg.l^{-1}$, ale naměřená hodnota na sledovaných lokalitách byla 2,1 $mg.l^{-1}$, pro raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) 2,4 $mg.l^{-1}$, pro raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) 3,3 $mg.l^{-1}$.

Kyslík

Průměrné hodnoty O_2 na vyhodnocených lokalitách s rakem říčním (*Astacus astacus*) byly od 7,5 do 11,5 $mg.l^{-1}$. Optimální hodnota rozpuštěného kyslíku pro raka říčního (*Astacus astacus*) byla 9,8 $mg.l^{-1}$. Průměrné hodnoty koncentrace O_2 v úsecích s výskytem raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) byly nižší, a to v rozmezí 5,4 - 11 $mg.l^{-1}$. U raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) bylo rozmezí hodnot mezi 7,0 - 12,7 $mg.l^{-1}$, jako nejnižší naměřená hodnota byly 2 $mg.l^{-1}$.

pH

Optimum pro raka říčního (*Astacus astacus*) je v rozmezí pH 7,0–8,7. Rak je schopen přežít i při hodnotách pH 4–11. Hodnoty 3,5 a 12 mají letální účinek. Pro výskyt raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) je optimum v rozmezí pH 5–8,6.

Amonné ionty

V případě amonných iontů byla na lokalitách bez výskytu raků naměřena nejvyšší průměrná hodnota 8,7 $mg.l^{-1}$ a na lokalitách, kde se vyskytoval rak říční (*Astacus astacus*) i rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*) byla naměřena nejvyšší průměrná hodnota 1,5 $mg.l^{-1}$.

Dusitany

Obsah dusitanů na lokalitách s přítomným rakem říčním (*Astacus astacus*) splňoval standard pro lososovité. Průměrná hodnota ze všech lokalit byla 0,08 $mg.l^{-1}$. Naměřené hodnoty na lokalitách s rakem kamenáčem (*Austropotamobius torrentium*) a rakem pruhovaným (*Orconectes limosus*) přesahovaly koncentrace dusitanů u dvou potoků národní imisní standardy, a to v hodnotě 0, 132 $mg.l^{-1}$ u raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) a 0, 136 $mg.l^{-1}$ u raka pruhovaného (*Orconectes limosus*).

Studie SVOBODOVÉ *et* al. (2008) ukazují na fakt, že oba raci, rak říční (*Astacus astacus*) i rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*) mají na kvalitu vody stejné nároky. Dokáží přežívat i ve vodách s horší kvalitou, ale populace na těchto lokalitách bývají oslabené a z tohoto důvodu i méně početné. V některých případech se stává,

že část populace raků přežije přechodně i vysoké koncentrace znečišťujících látek v toku. Jakost vody na lokalitách s výskytem raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) byla významně horší, proto se potvrzuje jeho nižší citlivost k znečištěným vodám.

2.5.1 CITLIVOST NEPŮVODNÍCH DRUHŮ RAKŮ

Odolnost a citlivost invazních druhů raků, raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) a raka signálního *(Pacifastacus leniusculus)* byla zjišťována studií MAHOVSKÁ (2010) v laboratorních podmínkách. Ve studii byly prováděny testy akutní toxicity na raku pruhovaném (*Orconectes limosus*) a raku signálním *(Pacifastacus leniusculus)* s použitím herbicidního přípravku Roundup® Biaktiv a insekticidního přípravku Diazinon 60 EC.

Herbicidní prostředek Roundup® Biaktiv se používá k likvidaci nežádoucí vynořené a plovoucí vegetace v nádržích, vodních tocích a zavlažovacích kanálech. Účinnou látkou je glysphosate-IPA 480 g/l. Insekticidní přípravek Diazinon 60 EC se používá ve vodním prostředí k tlumení rozvoje hrubého dafniového zooplanktonu.

Testem akutní toxicity s použitím herbicidu Roundup® Biaktiv se prokázala snížená citlivost obou druhů invazních raků k znečištění vody, kdy ani v nejvyšší koncentraci, která byla 5000 $mg.l^{-1}$ nebyl zaznamenán žádný úhyn. Tato nejvyšší stanovená koncentrace je oproti doporučené účinné dávce 10000 krát vyšší. Doporučená účinná dávka Roundupu® Biaktiv ve vodním prostředí je 0,5 $mg.l^{-1}$.

Test akutní toxicity při použití insekticidu Diazinon 60 EC rovněž potvrdil vyšší odolnost raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) a raka signálního *(Pacifastacus leniusculus)* k přítomnosti znečišťujících látek ve vodním prostředí. Testem byla zjištěna hodnota 96hLC50 pro raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) 0,15 $mg.l^{-1}$, pro juvenilní stádia raka signálního (*Pacifastacus leniusculus)* 0,27 $mg.l^{-1}$ a pro adultní stádia raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*) 0,51 $mg.l^{-1}$. Doporučená dávka přípravku Diazinon 60 EC do vodního prostředí je přitom v množství 10 $\mu g.l^{-1}$.

3. CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉ OBLASTI

Sledované území řek Úhlavy a Úslavy se nachází v oblasti povodí Berounky v Plzeňském kraji. Oblast povodí Berounky je vymezena vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 292/2002 Sb., o oblastech povodí ve znění vyhlášky č. 390/2004 Sb.

Oblast povodí Berounky leží v západní části Čech a je situována pouze na území České republiky. Hlavními toky horní části oblasti povodí Berounky jsou Mže, Radbuza, Úhlava a Úslava, hlavním tokem dolní části oblasti povodí je Berounka. Nejvyšší nadmořská výška oblasti povodí Berounky je na Jezerní hoře na Šumavě 1343 m n.m., nejnižší nadmořská výška je v závěrném profilu oblasti povodí při ústí Berounky do Vltavy (kolem 190 m n.m.) (POVODÍ VLTAVY, 2009a).

Zájmové území řeky Otavy se nachází v oblasti povodí Horní Vltavy. Povodí představuje geograficky poměrně uzavřený celek, jehož jádro tvoří jihočeská kotlina. Na jihozápadě je obklopena Šumavou, na severozápadě výběžky Brd, na severu Středočeskou pahorkatinou, na východě Českomoravskou vrchovinou a na jihovýchodě Novohradskými horami. Oblast povodí Horní Vltavy je vymezena vyhláškou č. 292/2002 Sb., o oblastech povodí ve znění vyhlášky č. 390/2004 Sb. Celková plocha oblasti povodí Horní Vltavy činí celkem 11 058,615 km^2 (POVODÍ VLTAVY, 2009b).

3.1 CHARAKTERISTIKA ŘEKY ÚSLAVY

Úslava pramení u obce Číhaň ve výšce 695 m n.m.. Protéká Blatenskou pahorkatinou, Radyňskou pahorkatinou do Plzeňské kotliny, kde ústí zprava do Berounky v Plzni v 296 m n.m. Délka toku je 92,3 km. Největšími přítoky jsou zleva Podhrázský potok, zprava Myslívský potok, Bradava a Kornatický potok. Plocha povodí je 796,5 km^2 (POVODÍ VLTAVY, 2009a).

Úslava protéká nejprve pahorkatinami a poté se vlévá do Plzeňské pánve, kde je tok charakteristický poměrně širokou nivou, mírným spádem a bohatě meandrujícím korytem. Pouze v horní části toku je povodí zalesněno, jinak protéká spíše zemědělskou a poměrně hustě osídlenou krajinou. V povodí Úslavy se nachází větší množství rybníků. Mezi nejvýznamnější patří rybník Labuť v Žinkovech a Klášterský rybník v obci Klášter. Rybníky zásadně mění hydrologické podmínky, protože v letním období díky výparu snižují průměrné průtoky a naopak v podzimním

období jej díky vypouštění před výlovy zvyšují. Dále mění teplotní režim toku zejména v letním období a obohacují vodu o živiny. Hráze rybníků v neposlední řadě tvoří migrační bariéry (HÁNOVÁ *et al*., 2011a).

3.1.1 HYDROLOGIE

HÁNOVÁ *et al*. (2011a) uvádí, že se horní část povodí nachází v nižších nadmořských výškách, a proto jarní vyšší průtoky probíhají většinou v únoru a březnu a dobíhají v dubnu. I přesto jsou v květnu a v červnu ještě většinou průměrné průtoky dostatečné. V období červenec až září jsou průměrné průtoky nejnižší. V říjnu se na většině délky toku projevuje vypouštění rybníků a průměrné průtoky se opět zvyšují. Významným ovlivněním toku jsou četné migrační bariéry v podobě jezů, které dříve sloužily k provozu mlýnů a nyní jsou zde malé vodní elektrárny. Nemalá část jezů je v současnosti bez energetického využití.

3.1.2 JAKOST POVRCHOVÉ VODY

Vlastní koryto Úslavy není příliš ovlivněno lidskou činností. Řeka protéká sice bohatě osídlenou a intenzivně zemědělsky využívanou krajinou, ale přímo na řece se nenacházejí žádná větší města. Významnější města jsou Blovice, Nepomuk a Starý Plzenec, ale tok Úslavy se jejich zástavby dotýká jen okrajově. V rámci zástavby města Plzně je koryto toku na přibližně 5 km tvrdě upraveno. Zejména díky zemědělské činnosti, kdy je často využívána i niva toku, se směrem po proudu mírně zhoršuje kvalita vody. Negativně se zde projevují neodkanalizované okolní vesnice a také odpadní vody z větších ČOV. V povodí se dále nachází i rozsáhlejší rybníkářská oblast, která má zásadní vliv na kvalitu vody v toku i na hydrologii a teplotní režim. Oproti tomu se nenachází v povodí Úslavy rozsáhlejší průmyslová výroba (HÁNOVÁ *et al*. 2011a).

Vodní tok je silně eutrofizovaný, jak uvádí SOUKUPOVÁ *et al*. (2011), s bohatým rozvojem fytoplanktonu. Nejlepší je jakost vody v toku v ukazateli amoniakální dusík (průměrná třída je 1,6) a nejhorší v ukazatelích BSK_5, $CHSK_{Cr}$ a celkový fosfor, kdy se u těchto ukazatelů všechny profily nachází ve III. třídě. U dusičnanového dusíku je II. třída. U základních ukazatelů jakosti vody je 72 % výsledků ve III. třídě, 20 % ve II. třídě a 8 % v I. třídě. IV. ani V. třída nebyly zastoupeny. Imisní standardy nařízení vlády č. 61/2003 Sb. jsou splněny ve všech

profilech. Průměrná třída jakosti vody Úslavy v pěti základních ukazatelích je 2,6, což představuje II. třídu a jejich imisní standardy z nařízení vlády č. 61/2003 Sb. jsou splněny v 60 % případů. Dlouhodobější sledování jakosti vody Úslavy vykazuje poměrně malé změny, koncentrace BSK_5 kolísají od 60. let kolem průměrné hodnoty 4 mg/l.

3.2 CHARAKTERISTIKA ŘEKY ÚHLAVY

Úhlava pramení na západním svahu Pancíře ve výšce 1110 – 1150 m n. m. v místě Irlovské louky. Vzniká spojením četných potůčků pramenících v oblasti vrcholů Můstek, Pancíř, Špičák v závěru údolí Brčálník a jezerního potoka, který vytéká z Černého jezera (Anděra *et al.* 2003). V Plzni ústí do Radbuzy v nadmořské výšce 303 m a je jejím největším přítokem (Soukupová *et al*. 2011). Úhlava má délku toku 108,5 km a sbírá vodu z povodí 919,4 km^2. Úhlava je hlavní řekou Královského hvozdu (POVODÍ VLTAVY, 2009a).

Pod přehradou Nýrsko je charakter toku poměrně jednotvárný, řeka má pozvolný spád, protéká poměrně širokým většinou nezalesněným údolím a bohatě meandruje. Jsou zde většinou pouze břehové porosty. Řeka má celou řadu drobných přítoků, nejvýznamnější je Chodská Úhlava (HÁNOVÁ *et al*., 2011b).

3.2.1 HYDROLOGIE

HÁNOVÁ *et al*.,(2011b) popisuje hydrologický režim, který je významně ovlivněn ÚN Nýrsko, v níž jsou tlumeny povodňové průtoky, zajišťuje retenci vody v jarním období a udržuje stálý odtok. Nádrž je využívána jako zdroj pitné vody. Horní část povodí se nachází na západním a severním úbočí Šumavy, tedy jarní vyšší průtoky probíhají většinou v březnu a v dubnu a dotékají až v květnu. Letní období je na Šumavě bohaté na srážky, a proto je hydrologická situace příznivá. Září a říjen jsou charakteristický velmi nízkými průtoky. ÚN Nýrsko významně ovlivňuje také teplotní režim toku, kdy v letním období je voda v Úhlavě relativně studenější a naopak v zimním relativně teplejší.

3.2.2 JAKOST POVRCHOVÉ VODY

Vlastní koryto toku Úhlavy není příliš ovlivněno lidskou činností, řeka protéká sice bohatě osídlenou a intenzivně zemědělsky využívanou krajinou, ale přímo na řece nejsou žádná větší města, kromě Nýrska, kde je i koryto toku upraveno včetně několika jezů. Mezi další významná města na toku patří Klatovy a Přeštice, ale řeka Úhlava se jejich zástavby dotýká jen okrajově. Zejména díky zemědělské činnosti, kdy je často využívána niva toku, se směrem po proudu mírně zhoršuje kvalita vody. Negativně se projevují i splachy z neodkanalizovaných vesnic a také odpady z větších ČOV. Na některých přítocích se nacházejí rybníky. V povodí Úhlavy se nenachází rozsáhlejší průmyslová výroba (HÁNOVÁ *et al*., 2011b).

Jakost vody v podélném profilu v ukazateli BSK_5 a dusičnanový dusík, kolísá mezi I. a III. třídou. V ukazateli $CHSK_{Cr}$ jakost vody kolísá mezi I. a II. třídou. Jakost vody v ukazateli amoniakální dusík v podélném profilu kolísá převážně v I. třídě. Celkový fosfor se v horní části vodního toku pohybuje v I. třídě, nadále se jakost zhoršuje až na III. třídu. Ukazatel AOX kolísá převážně v mezích III. třídy. Na rozdíl od řady jiných vodních toků nejsou v Úhlavě zatím problémy s vyššími koncentracemi chlorofylu ─ průměrné roční hodnoty dosahují 15 μg/l. U základních ukazatelů jakosti vody je 42,5 % výsledků v I. třídě, 32,5 % ve III. třídě a 25 % ve II. třídě. V hodnoceném období nebyla zaznamenána IV. ani V. třída. Imisní standardy nařízení vlády č. 61/2003 Sb. jsou dodrženy ve všech profilech. Průměrná třída jakosti vody Úhlavy v pěti základních ukazatelích je 1,9, což představuje II. třídu jakosti vody a jejich imisní standardy z nařízení vlády č. 61/2003 Sb. jsou splněny v 85 % případů. Časový vývoj jakosti vody v tomto profilu v ukazateli BSK_5 ukazuje od 60. let kolísání průměrných hodnot kolem 3 mg/l a po roce 1995 pokles na průměrné hodnoty okolo 2 mg/l (SOUKUPOVÁ *et al*., 2011).

3.3 CHARAKTERISTIKA ŘEKY OTAVY

Otava vzniká soutokem Vydry a Křemelné pod obcí Srní ve výšce 627 m n.m. na území NP Šumava (Povodí Vltavy, 2009b). Její hlavní pramenný tok Vydra pramení na severním svahu Luzného v nadmořské výšce 1192 m. V horním úseku až po Dlouhou Ves má řeka ráz horské bystřiny s kamenitým dnem řečiště. Levostranné přítoky Otavy jsou v horním toku Volšovka a Ostružná. Otava protéká Šumavským

podhůřím a pod Horažďovicemi přitéká do Českobudějovické pánve. Před Pískem vstupuje do Táborské pahorkatiny, kterou protéká až k ústí do Vltavy ve vodní nádrži Orlík u Zvíkova v 346 m n.m. Délka toku je 113 km, plocha povodí je 3788,2 km^2 (ANDĚRA *et al*., 2003).

HÁNOVÁ *et al*. (2011c) popisuje horní části řeky Otavy jako vodný podhorský tok s poměrně vysokým spádem protékající zalesněným údolím. Pod Sušicí se údolí otvírá a spád toku se snižuje. Otava protéká zemědělskou kulturní krajinou, projevuje se zde sedimentace, nejprve hrubých částic, pak i jemných. V dolní části toku pod Strakonicemi je Otava meandrujícím tokem. Poměrně dlouhé úseky byly v minulosti upraveny a řada meandrů byla tak od hlavního toku odstavena. Řeka Otava byla historicky dopravní tepnou. Mezi nejvýznamnější města patří Sušice, Horažďovice, Katovice, Strakonice a Písek. Poměrně velké vodnosti je využito k výrobě elektrické energie v malých vodních elektrárnách.

3.3.1 HYDROLOGIE

Hydrologický režim je významně ovlivněn poměrně vysokým masivem Šumavy v povodí řeky Otavy. Z tohoto důvodu se prodlužuje jarní tání až do května a také v letním období je díky četnějším srážkám ve vyšších nadmořských výškách na severozápadní straně Šumavy dostatečný průměrný průtok. Nejsušším měsícem je září, ale od října, se průtoky opět zvyšují. Průměrný průtok je přibližně 26 m^3/s (HÁNOVÁ *et al*., 2011c).

3.3.2 JAKOST POVRCHOVÉ VODY

Kvalita vody v Otavě je na poměrně vysoké úrovni, jak uvádí HÁNOVÁ *et al*. (2011c), pouze při přívalových deštích je zatížena vnosem živin pocházejících ze zemědělství. V rámci intravilánu měst Sušice, Horažďovice, Strakonice a Písek jsou břehy upraveny a koryto toku je regulováno. Zejména v horní části nad Strakonicemi je koryto toku bez větších úprav a často protéká poměrně širokým nivním územím. V úseku pod Strakonicemi došlo v podélném profilu k úpravě toku, k oddělení postranních ramen a narovnání koryta toku. Významným ovlivněním jsou též migrační bariéry v podobě jezů. Průtoky v Otavě ovlivňuje elektrárna na Čeňkově pile.

V podélném profilu se jakost vody Otavy mění poměrně málo, uvádí (BARTÁČEK *et al*., 2011). Patrnější zhoršení lze u některých ukazatelů najít jen pod Strakonicemi a Pískem. V ukazateli BSK_5 zůstává jakost převážně v mezích II. třídy jakosti, u $CHSK_{Cr}$ se pohybuje kolem hranice II. a III. třídy s průměrnými hodnotami mezi 15 až 20 mg/l. Ukazatel TOC kolísá kolem hranice II. a III. třídy. Ukazatelé amoniakální a dusičnanový dusík odpovídají v rámci celého vodního toku I. třídě jakosti vody. Celkový fosfor postupně narůstá z I. třídy až na hranici II. a III. třídy. Ukazatel AOX se mírně zvyšuje ze III. na IV. třídu. V rámci základní klasifikace jakosti vody je 49 % výsledků v II. třídě, 33 % v I. třídě a 18 % ve třídě III. IV. ani V. třída nebyly zjištěny. Nejnižší znečištění vykazují ukazatelé dusičnanový dusík a amoniakální dusík (průměrné třídy jakosti ve všech sledovaných profilech jsou 1,3 a 1,1), nejvyšší pak $CHSK_{Cr}$, kdy průměrná třída je 2,6. Příčinou je zejména vyšší obsah huminových látek, pocházejících z rašelinišť v oblasti Šumavy. Průměrná třída jakosti vody Otavy v pěti základních ukazatelích je 1,8 což odpovídá II. jakostní třídě.

4. MATERIÁL A METODIKA

4.1 MONITORING RAKŮ

První ucelené mapování výskytu raků na celém území České republiky proběhlo pod záštitou Agentury ochrany přírody a krajiny České republiky v letech 2003 – 2005. Mapováním bylo nalezeno mnoho nových lokalit s výskytem raka říčního (*Astacus astacus*) a raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) (PETRUSKOVÁ *et al*., 2006). Hlavním cílem monitorovacího programu je získávání podkladů pro opakovaná hodnocení kritérií ochrany raků a jejich stanovišť. Metodiku mapování raků pro stojaté vody, malé vodní toky a velké vodní toky popisuje ŠTAMBERGOVÁ *et al*. (2009).

4.1.1 MALÉ VODNÍ TOKY

Mapování malých vodních toků se provádí pomocí map vybraného území v měřítku 1 : 50 000. Do mapování se zahrnuje buď celé povodí a nebo jejich části. V rámci zadaného území (povodí) se provádí průzkum všech vodních toků. Zkoumané úseky se dělí na úseky povinné, které jsou na mapách označeny kódem a úseky doplňkové, které se značí do příslušných map kódem, označující nejbližší povinný úsek a k němu se přidává za lomítko malé písmeno.

V rámci každého mapovaného toku je vymezen patřičný počet povinných úseků. Vzdálenost mezi zkoumanými úseky na každém toku je od 3 do 3,5 km. První mapovaný úsek se nachází vždy při soutoku s hlavním tokem, další úsek se pak nachází v určené vzdálenosti. Poslední mapovaný úsek je cca 1 km od pramene toku. Délka mapovaných úseků je 100 metrů. Za určitých podmínek se zkoumaný úsek oproti daným mapovým podkladům může posunout v případě, že se v blízkosti nachází úsek s větší pravděpodobností výskytu.

Ve vymezeném úseku o délce 100 m se prohledává dostatečný počet potenciálních úkrytů raků. Nejmenší počet prohledaných úkrytů je minimálně 50 míst. V případě nálezu jakéhokoliv druhu raka se v každém sledovaném úseku provádí stanovení základních populačních charakteristik. Fotograficky se zdokumentují nalezené druhy raků. Od každého druhu alespoň 2 fotografie (snímek shora a ze spodní strany). Dále se vymezí oblast s výskytem nalezeného druhu, při kterém se jedná o zjištění hranic výskytu v daném toku.

Při zjišťování základních populačních charakteristik jednotlivých druhů raků se prohledávají všechny potenciální úkryty na ploše 10 m^2 při vysoké abundanci raků. Při nízké abundanci je určena plocha 20 m^2. Výstupem je počet raků na plochu 1m^2 dna. U odchycených raků je zjišťováno pohlaví a provádí se rozděleni do délkových kategorií. Délka těla se měří pravítkem nebo posuvným měřítkem od rypce (rostra) po konec narovnaného telsonu (ploutvičky).

Dojde-li při monitoringu k nálezu nepůvodních druhů raků, tj. raka pruhovaného (*Orconectes limosus*), či raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*), musí být mapování na daném toku přerušeno kvůli nezbytné sterilizaci výstroje. Obuv z takové lokality je nutné postříkat roztokem Sava, nechat působit, poté opláchnout v horké vodě a nechat uschnout. Zmíněné opatření je nezbytné z důvodu ochrany proti případnému možnému přenosu smrtelného infekčního onemocnění račím morem na další sledované lokality.

4.1.2 VELKÉ VODNÍ TOKY

K mapování velkých vodních toků se používají mapy v měřítku 1 : 50 000 s vyznačenými částmi toků určenými k ověření výskytu raků. Na každém mapovaném toku se vymezí patřičný počet úseků. Vzdálenost mezi jednotlivými zkoumanými úseky na tocích je cca 5 km (4-7 km v závislosti na vhodnosti biotopu).

Průzkum výskytu raků ve velkých vodních tocích se provádí pomocí odchytového zařízení, tj. vrší. Vrše se instalují na klidnější a hlubší místa toku, například u mostů a nadjezí v příbřežní zóně, zejména tam, kde je kamenný zához na měkkém říčním dnu. Na zvoleném úseku se rozmístí nejméně 3 vrše. Jako návnada se navrhuje použít netučné rybí maso, například plotice a okoun, nebo chléb. Pro vyšší efektivitu se návnada ukládá do drobné klícky z drátěného pletiva, aby nebyla okamžitě pozřena a mohla delší dobu raky přitahovat. K zatížení vrše se používá nejlépe kámen vložený dovnitř. Vrš je celá ponořena pod hladinou, provazem se upevňuje ke kmenům stromů, keřů či kamenům na břehu.

Vrše se instalují navečer. Kontrola může být provedena již v noci, a to minimálně 4 hodiny po instalaci. Umožňují-li to podmínky, měla by být kontrola provedena bez manipulace s vrší. V ostatních případech musí být manipulace co nejšetrnější. Pokud jsou raci při noční kontrole nalezeni, není nutné ve sledování daného úseku dále pokračovat. Jestliže není zjištěn žádný výskyt raků, nebo se kontrola

v noci neprovádí, vrš se ponechá na daném místě do druhého dne. Poté je zkontrolována a odstraněna.

Nalezené druhy raků na jednotlivých lokalitách se vyfotografují a zdokumentují. Dojde-li při mapování k nálezu nepůvodních druhů raků, raka pruhovaného (*Orconectes limosus*), či raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*), musí být mapování pro tentýž den s použitými vršemi ukončeno kvůli nezbytné sterilizaci výstroje. Postup při sterilizaci je stejný jako u mapování malých vodních toků. V případě vrší se použije k jejich sterilizaci vroucí voda, ve které se ponechávají cca 10 minut a následně se nechávají vyschnout 2 až 3 dny. Poté je možné vrše používat dál. Toto opatření je nezbytné provádět k zamezení šíření račího moru na další lokality.

4.1.3 STOJATÉ VODY

Pro mapování vybraného území stojatých vod se používají mapy v měřítku 1 : 50 000 s vyznačenými lokalitami určenými k ověření výskytu raků.

Průzkum stojatých vod se provádí pomocí vrší, podobně jako je tomu u velkých vodních toků. Vrše se instalují do hlubších partií v příbřežní zóně, zejména tam, kde je kamenný zához na měkkém dnu. Na zvolené lokalitě se vrše rovnoměrně rozmisťují po obvodu v počtu 5 vrší na plochu o rozměru do 1ha a v úměrném počtu na plochu větší. Jako návnady je vhodné použití masa netučných ryb jako je plotice a okoun, vhodný je i chléb.

Vrše se instalují navečer. Kontrola může být provedena již v noci avšak minimálně 4 hodiny po instalaci. Kontrola by měla být provedena bez manipulace s vrší, v případech, kdy to není možné musí být manipulace co nejšetrnější. Nález raků při noční kontrole se zaznamená a ve sledování daného úseku není třeba pokračovat. V případě, že není zjištěn žádný výskyt raků a nebo se noční kontrola neprováděla, vrš se na daném místě ponechá do druhého dne. Poté je nejprve zkontrolována a odstraněna.

Dojde-li při mapování k nálezu nepůvodních druhů raků, tj. raka pruhovaného (*Orconectes limosus*), či raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*), následuje z hlediska průběhu mapování a sterilizace výstroje stejný postup jako u velkých i malých vodních toků.

4.2 METODIKA ODLOVU RAKŮ

Metod pro odlov raků je velký počet a jsou poměrně pestré (KOZÁK *et al*., 2007b). Důležitým předpokladem pro získání odpovídajících populačních charakteristik je ověření účinnosti použité metody. Podle principu lze jednotlivé metody odlovu raků rozdělit na metody s aktivním odchytem, které jsou založeny na sběru vzorků na menších plochách a na aktivním prohledávání úkrytů po celé stanovené části toku. Mezi tyto metody podle KOZÁK *et al*. (2007b), patří sběr do ruky, síťky nebo odlov raků do sítí či při potápění. Metody s pasivním lovem zahrnují použití odchytových pastí, které po stanovenou dobu zůstávají v prostředí a jsou závislé na přímém vyhledávání raků pastí s návnadou (DORN *et al*., 2005) Pasivními metodami lovu je lákání raků na návnadu do vrší či rakovek. Dalšími použitelnými metodami je využívající kombinace aktivního a pasivního lovu, které představují lov raků elektrickým proudem, vypouštění nádrží a následné sbírání raků (KOZÁK *et al*., 2007b).

Metody odlovu raků prováděné při monitoringu raků pod záštitou AOPK ČR popisuje KOZÁK *et al*. (2007b).

4.2.1 LOV RAKŮ DO RUKY (S POMOCÍ SÍŤKY)

Tuto metodu je možno použít pouze s podmínkou, že hloubka vody činí cca do 50-60 cm, voda má dostatečnou průhlednost a je možný bezpečný přístup k vodě. Metoda je vhodná pro odchyt juvenilních i dospělých raků. Jde o ideální metodu pro monitoring výskytu a zjištění abundance a populační struktury.

Při lovu je důležité postupovat proti proudu toku z důvodu zabránění zakalení vody na následujících částech toku, které budou prohledávány. Prohledávají se všechny potenciální úkryty tj. volné prostory pod kameny nebo jinými předměty, a to především v pomaleji tekoucích nebo stojatých partiích toku, obnažené kořenové systémy nebo větve živých i mrtvých stromů rostoucích v korytě nebo v břehové linii, mezi naplaveninami a spadaným listím nebo ve vyhloubených norách. V regulovaných tocích můžeme nalézt raky ve škvírách mezi kameny opevňujícími břehy toků, někdy i v zatravňovacích resp. polovegetačních panelech. Raci se rovněž mohou pohybovat i volně v korytě. Úkryty se při lovu snažíme co nejméně poškodit a opatrně vrátit do původního stavu. Raky odchytáváme buď přímo do ruky nebo do připravené síťky. Raka se snažíme uchopit do dlaně nebo za hlavohruď přiměřeným stiskem, aby se nemohl vyprostit, ale dostatečně ohleduplně, aby nedošlo k jeho poškození

(zejména u raků bezprostředně před a po svlékání, kdy je krunýř měkký). Raka nevytahujeme z úkrytu za klepeto, protože může dojít k jeho utržení.

Tato metoda je pracná a vyžaduje individuální zkušenost rozpoznat vhodné prostředí, kde se raci vyskytují. Další nevýhodou je určitý stupeň poškození habitatu při odlovu. Jako výhodu lze uvést poměrně spolehlivé zmapování lokality a velkou úspěšnost. Tato metoda je také velmi vhodná a často využitelná při záchranných transferech raků (např. z důvodu budoucí opravy koryta toku). Ke zvýšení efektivity je vhodné odstavit nebo zmírnit přítok vody (např. odvedením vody potrubím nebo dočasným přeložením toku do nižšího úseku toku). Efektivita sběru raků je tak mnohonásobně vyšší.

4.2.2 PROUTEK S NÁVNADOU

Jedná se o starou metodu odlovu. Použití této metody je vysoce efektivní ve stojatých oligotrofních vodách s dobrou průhledností a se snadno přístupnou břehovou linií tvořenou vyskládaným kamenem nebo s dostatkem jiných úkrytů. Lov na proutek je velice úspěšná metoda pro získání samic s vajíčky v jarním období.

Samotný odlov je velmi jednoduchý. Na proutek o délce 30-50 cm napíchneme návnadu (kus rybího masa) a ten zabodneme do břehu tak, aby byla návnada ponořena cca 20 cm pod vodou. Proutek slouží k tomu, aby přilákaní raci neodnesli návnadu do úkrytu, ale byli ji nuceni požírat na určeném místě. Raci jsou přivábeni na návnadu většinou již po několika desítkách minut. Raky pak opatrně chytáme do ruky eventuálně můžeme použít síťku, abychom rakům zabránili v úniku. Vzhledem k časové délce odlovu umísťujeme odchytávané raky postupně při odlovu do připraveného vezírku nebo haltýře. Samice s vajíčky uchováváme odděleně od samců. Metoda vyžaduje znalost vhodných lokalit k odlovu, dobře přístupný břeh a zručnost lovce. Nevýhodou metody je pracnost a časová náročnost.

4.2.3 VRŠE

Jedná se o jednu z nejefektivnějších a nejpoužívanějších metod lovu raků. Vrší existuje nepřeberné množství druhů a typů. Nečastěji používané vrše jsou většinou 0,5-0,7 m dlouhé s průměrem okolo 0,3 m. Velikost vstupu do vrše bývá cca 7,5 cm.Vrše se používají při lovu raků zejména ve stojatých vodách (jezerech, vodních

nádržích, rybnících a zatopených lomech). Dále je možné jejich využití ve větších tekoucích vodách, tam kde není možno použít odlov do rukou. Vrše se instalují na klidnější místa toku, do hlubších partií, v blízkosti kamenného záhozu nebo kořenového systému stromů, eventuálně do tůní. Použití vrší v proudných úsecích není efektivní.

Výhodou použití vrší je možnost lovu v kalných hlubokých vodách a velmi nenáročný lov, přičemž veškerá manipulace může probíhat ze břehu. Nevýhodou může být menší efektivita odlovu raků na lokalitách s nižší abundancí raků. Vrše jsou především úspěšné na lokalitách s vysokou hustotou raků. Další nevýhodou při použití vrší je i to, že vršemi můžeme odlovit jen dospělé aktivní raky. Vrše jsou málo efektivní pro lov samic s vajíčky a nepoužitelné pro odlov juvenilních ráčat. Další z teoreticky možných nevýhod je nežádoucí odchycení ryb a vodních savců například rejsek a ondatra. Jednoznačnou výhodou je získání velkého počtu raků při použití více vrší s minimální časovou náročností, kdy nastražené vrše se nechávají na místě většinou bez dohledu.

5. VÝSLEDKY

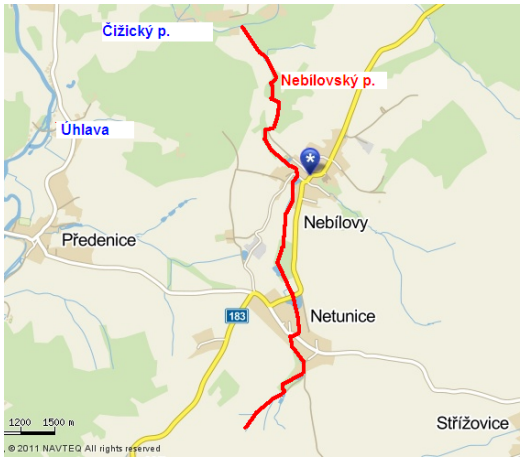
V zájmovém území řeky Úhlavy, Úslavy a Otavy byl opakovaně zaznamenáván výskyt všech pěti druhů raků vyskytujících se na území České republiky. Monitoring raků probíhá již od roku 2004 pod vedením Agentury ochrany přírody a krajiny České republiky. Sběr dat byl prováděl od roku 2006 až 2011, přičemž postupně docházelo k nalézání nových lokalit, které nebyly dříve monitorovány. Údaje o výskytu raků byly získány z nálezové databáze AOPK ČR. Mapové podklady pocházejí z internetového serveru mapy.cz a Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka www.vuv.cz.

5.1 VÝSKYT RAKA KAMENÁČE (AUSTROPOTAMOBIUS TORRENTIUM)

POVODÍ ŘEKY ÚHLAVY:

NEBÍLOVSKÝ POTOK

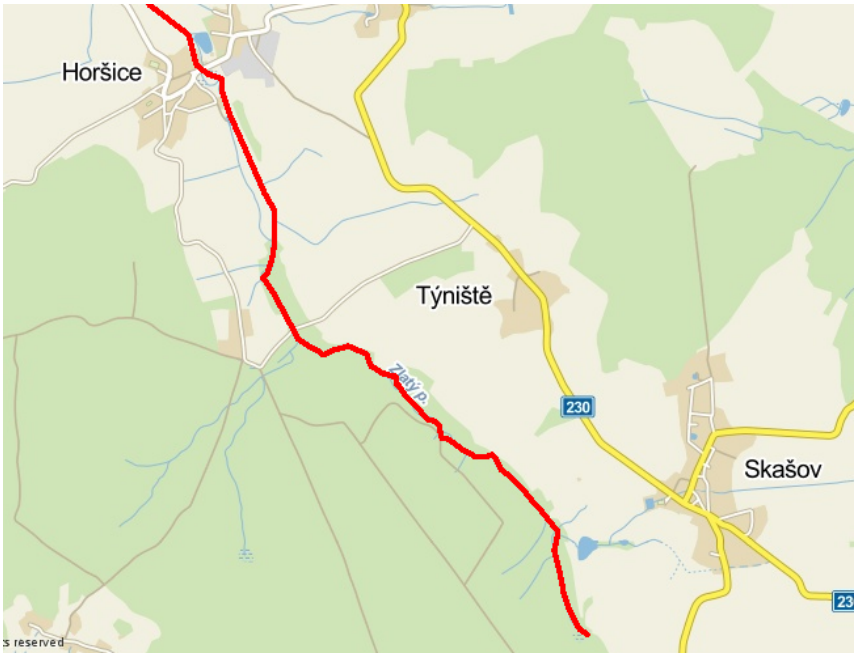
Nebílovský potok je pravostranný přítok Čižického potoka a je ve správě Lesů ČR. Jeho pramenná část se nachází v katastrálním území Netunice. Potok je charakterizován jako neupravený tok s významnou doprovodnou zelení v údolní nivě. Tok plní i funkci odvedení dešťových vod z katastru obce Nebílovy. Na Nebílovském potoce se v obci nachází rybník. Přítoky od zaústění do Čižického potoka jsou pravostranný bezejmenný přítok, pravostranný přítok od Vrchů s pravostranným přítokem (Za horou). Nebílovský potok je vzhledem k výskytu raků nevýznamným tokem.



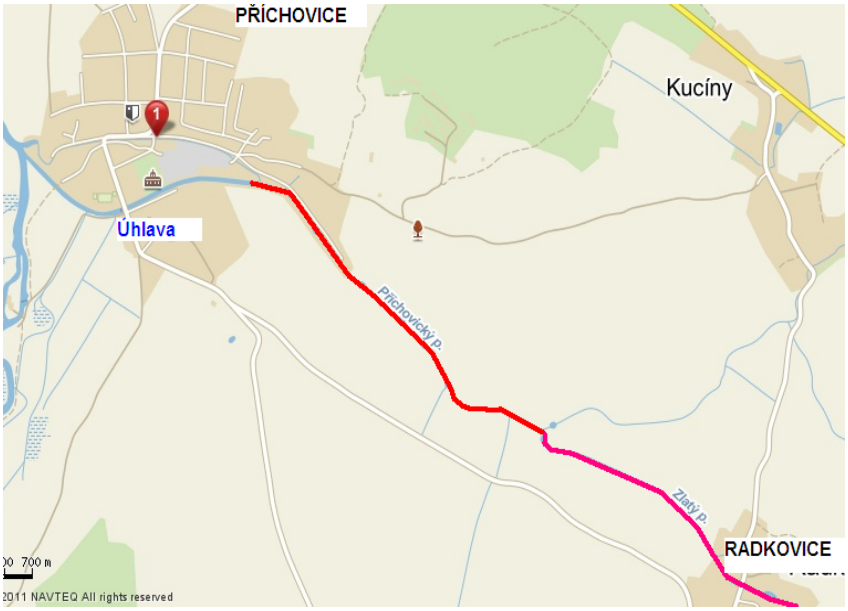
Obr. 1 Nebílovský potok

PŘÍCHOVICKÝ POTOK A ZLATÝ POTOK

Zlatý potok pramení u Skašova na severovýchodních svazích lesního komplexu Luh v nadmořské výšce téměř 600 m. Jedná se o malý vodní tok. Soutokem s Kucínským potokem tvoří Příchovický potok, který se vlévá v obci Příchovice do Úhlavy v nadmořské výšce 350 m. Délka toku je 10,5 kilometru. Koryto má přirozený charakter a je zastíněno lesním porostem. Lokalita je významné z hlediska výskytu raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium)* a je vyhlášena přírodní památkou Zlatý potok.



Obr. 2 Zlatý potok



Obr. 3 Příchovický potok

VLČÍ (KBELSKÝ) POTOK

Vlčí potok pramení pod obcí Malinec v nadmořské výšce 470 m n. m. a sbírá vodu v okolí obcí Malinec, Babice, Ochoz (Nová Ves) a Mečkov v Kbelské dolině. Protéká loukami od Malince ke Kbelu. Nejmocnější spád Vlčího potoka je mezi svahy Kaliště, kde se sbíhá s potokem přitékajícím od Vlčí. Od tohoto soutoku je jeho hlavní směr na obec Stropčice a Jíno. V Jíně Vlčí potok ústí do řeky Úhlavy (365 m n. m.). Délka toku je 5,2 km. Na lokalitě je sledován hojný počet raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium).*

Obr. 4 Vlčí potok

Tab. 1 Početní zastoupení jedinců raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium)*

POVODÍ ÚHLAVY				
POTOK	**2011**	**2010**	**2009**	**POČETNOST / 2007**
NEBÍLOVSKÝ P.	1	-	-	-
PŘÍCHOVICKÝ P. I. LUH	25	91	-	-
PŘÍCHOVICKÝ P. II. HORŠICE	66	206	-	-
KBELSKÝ P. I.	38	74	-	-
KBELSKÝ P. II.	31	-	-	3,8 ks/m^2
KBELSKÝ P. III	-	-	-	3,8 ks/m^2

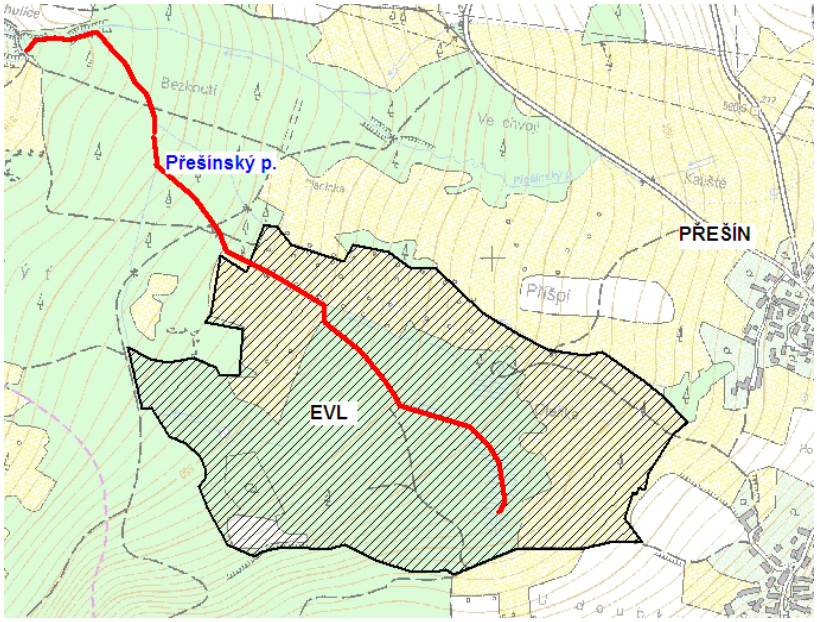
***** - Lokalita nebyla v daném roce monitorována. Odhad početnosti byl prováděn pouze v roce 2007.

POVODÍ ŘEKY ÚSLAVY:

PŘEŠÍNSKÝ POTOK

Jedná se o malý vodní tok pramenící u obce Přešín (580 m n. m.) a ústící do Úslavy v obci Ždírec (395 m n. m.). Délka toku je 5,5 kilometru. Koryto potoka má přirozený charakter. Lokalita Přešínského potoka je vyhlášena jako evropsky významná lokalita. Důvodem ochrany této evropsky významné lokality je zachování vodních společenstev pro další existenci evropsky významného druhu raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium).* Území náleží do geomorfologického pod celku Radyňská vrchovina, která je začleněna v Švihovské vrchovině. Soustava rostlinných společenstev spolu s prameništěm Přešínského potoka vytváří esteticky působící prvek, který významně přispívá ke zvyšování krajinné stability.

Obr. 5 Přešínský potok

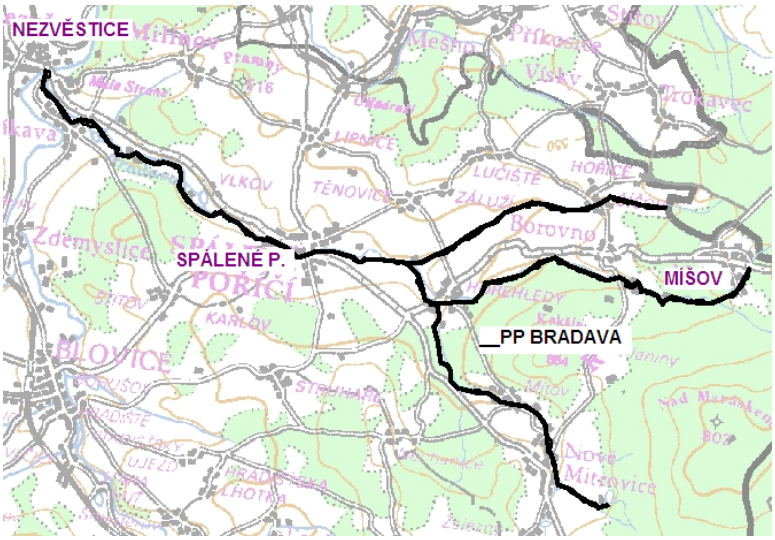


Obr. 6 Evropsky významná lokalita Přešínský potok

BRADAVA

Bradava pramení u obce Míšov v bývalém vojenském výcvikovém prostoru Brdy. Nachází se zde unikátní říční ekosystém s prameny říčky Bradavy. Protéká obcí Míšov, Borovno, Hořehledy a u Nezvěstic ústí do Úslavy. Bradava patří k nejvydatnějším přítokům Úslavy s plochou povodí 103 km^2. Potok protéká v horních partiích rozsáhlými lesními komplexy, v partiích dolních pak kulturní krajinou - vesměs lemován úzkým pruhem olšin, přičemž širší okolí toku tvoří zejména kulturní louky a pole. Lokalita je vyhlášena přírodní památkou, na které se vyskytuje stabilizovaná populace raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*). Kromě tohoto druhu se v tocích hojně vyskytuje i mihule potoční (*Lampetra planeri*) a vranka obecná (*Cottus gobio*). Lokalita zahrnuje vlastní tok Bradavu od pramenné oblasti (soutok s Bílým potokem) po soutok s Úslavou a přítoky: Bílý potok od obce Míšov po soutok s Bradavou; potok Bojovka od pramenné oblasti po soutok s Bradavou; Mítovský potok od rybníku Drahota po soutok s Bradavou.

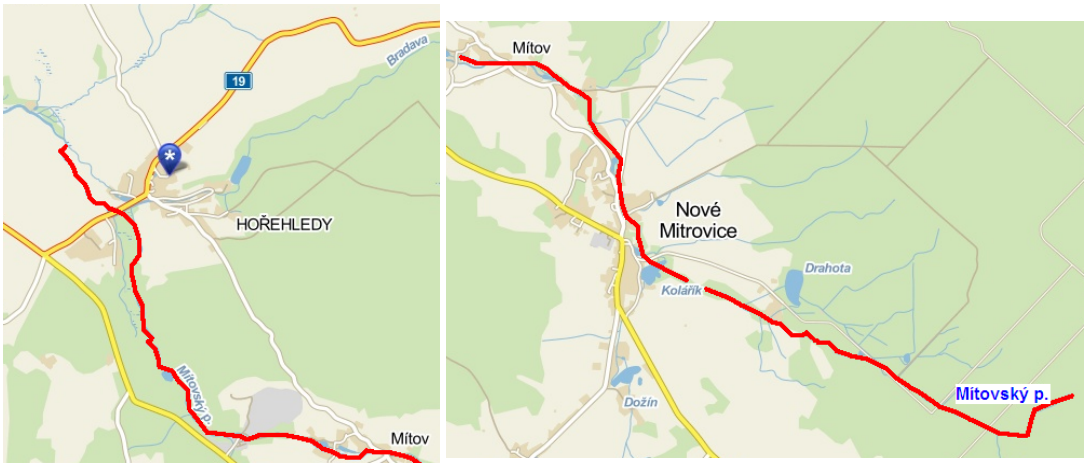
Obr. 7 Bradava



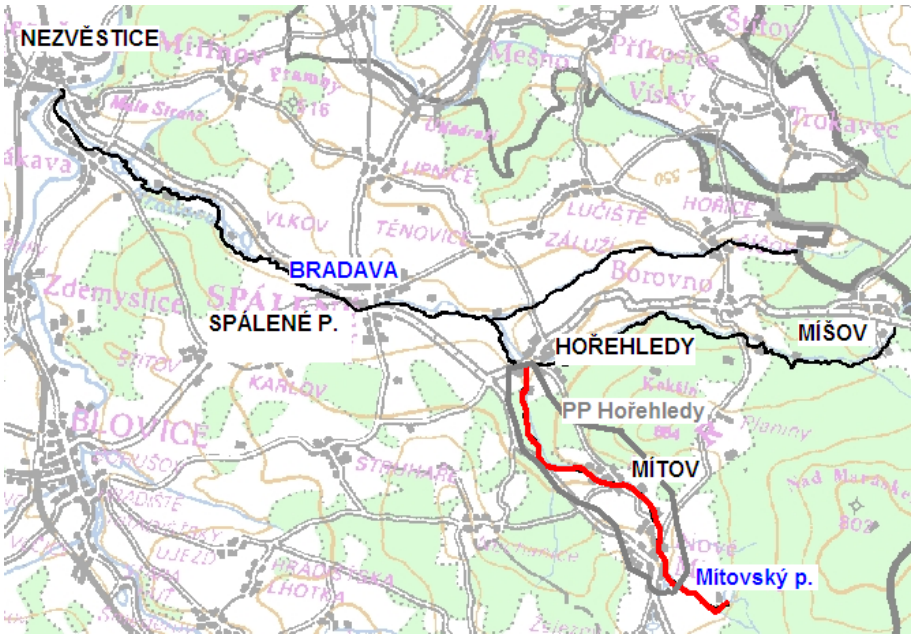
Obr. 8 Přírodní památka Bradava

MÍTOVSKÝ POTOK

Tento potok je součástí přírodní památky Hořehledy, která chrání meandry Mítovského potoka a mokřadní olšiny. Rozloha PP Hořehledy je 5,54 ha a nachází se v nadmořské výšce 454 – 460 m v katastrálním území Hořehledy, 4 km jihovýchodně od Spáleného Poříčí. Mítovský potok je součástí přírodní památky Bradava. Chráněné území je lokalizováno od rybníku Drahota po soutok s Bradavou. Lokalita je významná vzhledem k výskytu raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium).*



Obr. 9 Mítovský potok



Obr. 10 Mítovský potok a přírodní památka Hořehledy

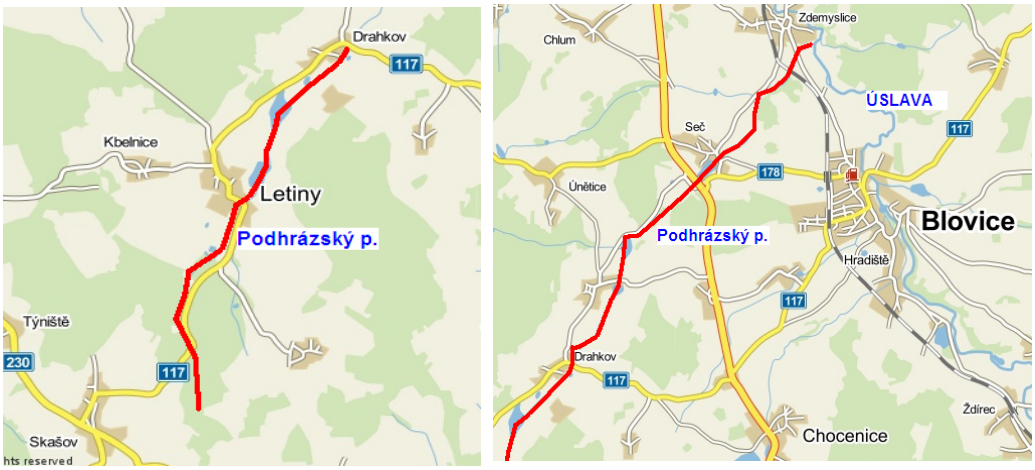
MILÍNOVSKÝ POTOK

Milínovský potok pramení nad obcí Milínov v nadmořské výšce 438 m a vlévá se do potoka Bradava přibližně 1 km před obcí Nezvěstice jejíž je pravostranným přítokem. Potok Bradava je vyhlášen přírodní památkou.

Obr. 11 Milínovský potok

PODHRÁZSKÝ POTOK

Podhrázský potok pramení nad obcí Skašov v nadmořské výšce 461 m n. m. Protéká několika velkými rybníky Letinský velký rybník, Pozorka, Mlýnský rybník, Podhrázský rybník, Mlýnský rybník u obce Seč a u obce Zdemyslice se vlévá do Úslavy jako její levostranný přítok.



Obr. 12 Podhrázský potok

BOŽKOVSKÝ POTOK

Božkovský potok pramení v blízkosti dálnice D5 u obce Letkov (410 m n. m.) a ústící do Úslavy v Plzeňské městské části Božkov (310 m n. m.). Délka toku je 5,8 kilometru. Na potoce leží dva rybníky a v obci ústí přítok od jihu s malým

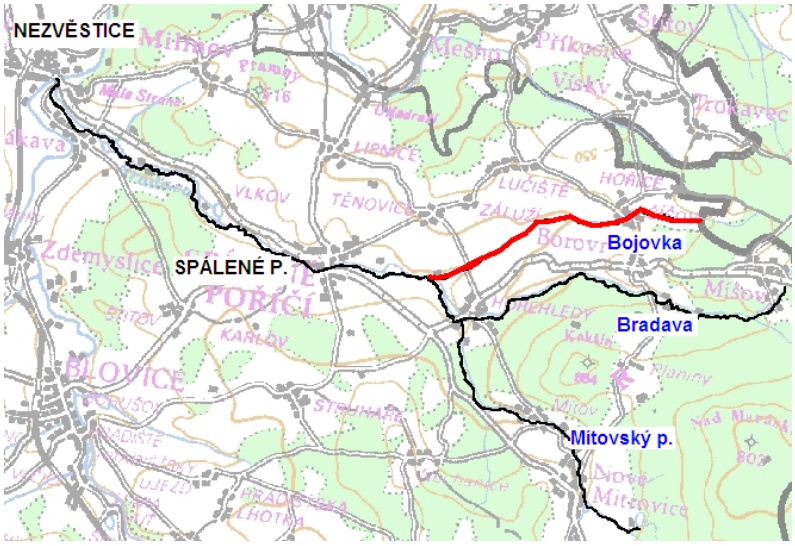
rybníčkem v centru obce. Potok trpí v letních měsících nedostatkem vody. Populace raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium)* je zde silně ohrožena.

Obr. 13 Božkovský potok

BOJOVKA

Bojovka náleží do povodí Úslavy, v oblasti Švihovské vrchoviny, 17 km jihovýchodně od Plzně. Bojovka pramení pod Starou Horou nad Čížovem v bývalém vojenském prostoru Brdy a je pravostranným přítokem Bradavy. Potok je součástí přírodní památky Bradava a to od pramenné oblasti po soutok s Bradavou.

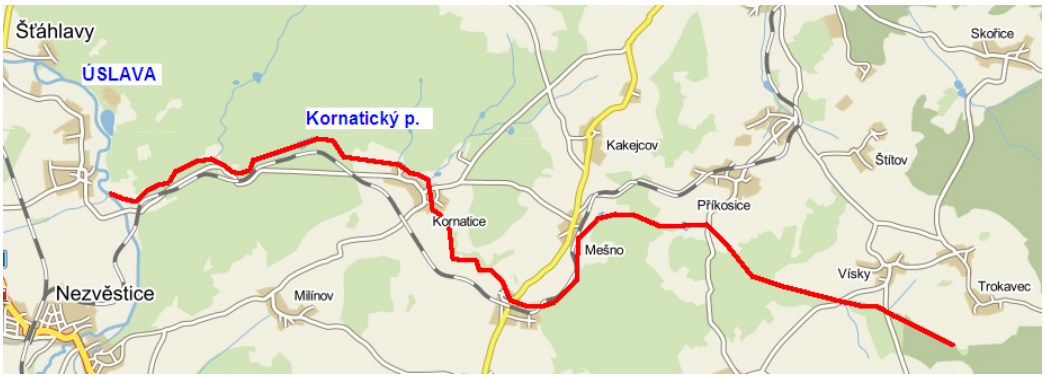
Obr. 14 Bojovka



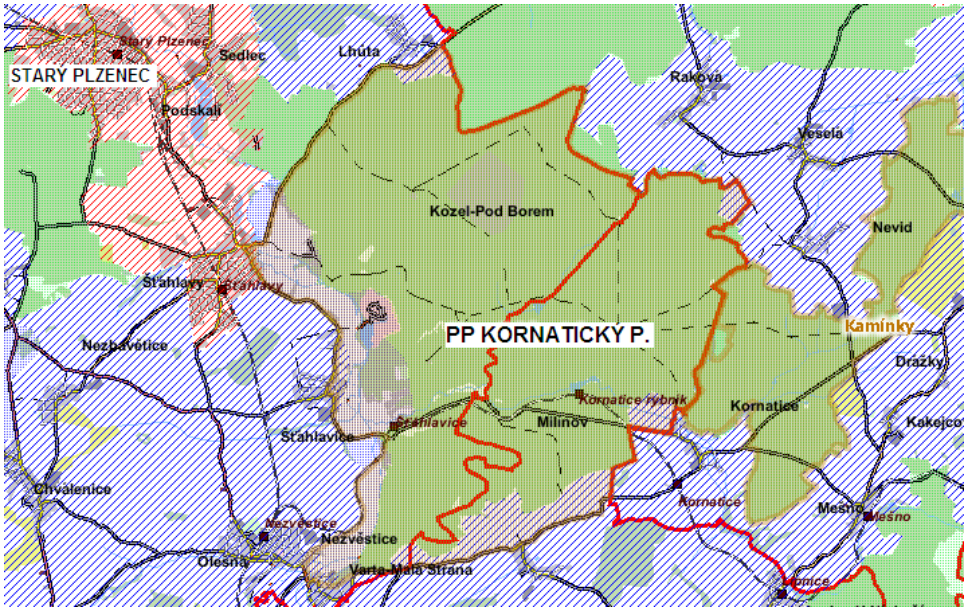
Obr. 15 Bojovka – PP Bradava

KORNATICKÝ POTOK A MEŠENSKÝ POTOK

Mešenský potok je přítokem (pokračováním) Kornatického potoka. Pramení západně od Trokavecké skály v úzkém pásu lesa, který spadá do Výcvikového vojenského prostoru Brdy a okresu Příbram. Potok protéká Mešnem, Kornaticemi a u Šťáhlavic se vlévá zprava do Úslavy. Potok je přírodní s meandrujícím korytem, kamenitým až balvanitým dnem Do koryta zasahují kořenové systémy stromů poskytující množství úkrytů pro vodní živočichy. Nadmořská výška je zde 555-500 m n .m. Lokalita Mešenského potoka je vyhlášena přírodní památkou. V povodí potoka se nachází přírodní park Kornatický potok. Jádrem přírodního parku je rozsáhlý lesní komplex přírodní park Kamýky, který je zároveň nadregionálním biocentrem. Součástí přírodního parku je také přírodní rezervace Lopata. Přírodní park Kornatický potok má rozlohu 2662ha. Lokalita je významná výskytem raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium).*



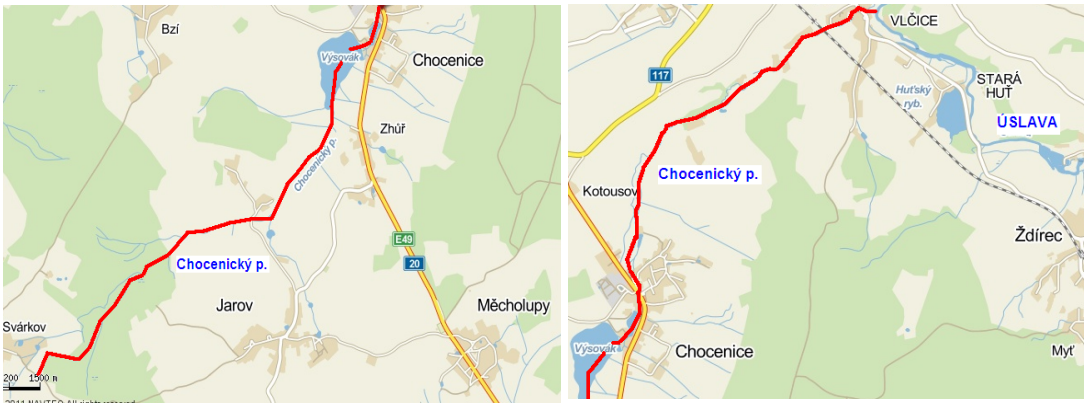
Obr. 16 Kornatický potok



Obr. 17 Přírodní park Kornatický potok Krajinářské hodnocení přírodních parků

CHOCENICKÝ POTOK

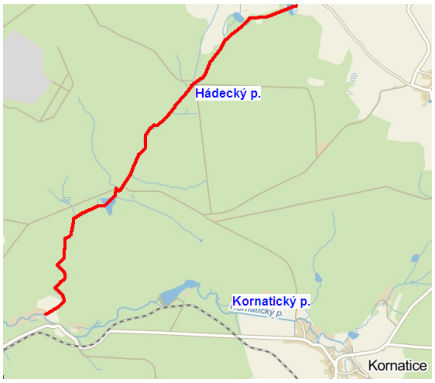
Chocenický potok pramení u obce Svárkov v nadmořské výšce 490 m n. m., protéká travnatými lučinami k severovýchodu. Napájí rybník Výsovák a Mlýnský a u obce Vlčice se zleva vlévá do Úslavy (380 m n. m.). Obec Chocenice, kterou potok protéká leží na západním okraji přírodního parku Buková hora – Chýlava. Délka Chocenického potoka je 7,4 km.



Obr. 18 Chocenický potok

HÁDECKÝ POTOK

Hádecký potok pramení u obce Raková v nadmořské výšce 570 m n. m. Vodou zásobuje Nevidský a Nestlívský rybník. Potok protéká přírodní památkou Hádky, která spadá do přírodního parku Kornatický potok a v jižní části území se vlévá zprava do Kornatického potoka. Na lokalitě Hádeckého potoka je pravidelně zaznamenáván hojný výskyt raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium).*



Obr. 19 Hádecký potok

Tab. 2 Početní zastoupení jedinců raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium)*

POVODÍ ÚSLAVA					
POTOK	**2011**	**2010**	**2006**	**2009**	**2007**
PŘEŠÍNSKÝ P. I.	48	-	-	19	5,3 ks/m^2
PŘEŠÍNSKÝ P. II.	44	-	-	22	3,3 ks/m^2
PŘEŠÍNSKÝ P. - LOUŇOVÁ	-	-	-	78	
BRADAVA HOŘEHLEDY	30	170	-		
BRADAVA I. VLKOV	24	41	38		
BRADAVA II. ŽÁKAVA	7	15	82		
BRADAVA – BÍLÝ POTOK	80	155	-		
MÍTOVSKÝ POTOK – DOLNÍ ÚSEK	20	83	71		
MÍTOVSKÝ POTOK – STŘEDNÍ ÚSEK	93	160	19		
MÍTOVSKÝ POTOK – HORNÍ ÚSEK	32	135	68		
MÍTOVSKÝ POTOK – DRAHOTA	-	96	49		
MILÍNOVSKÝ POTOK I.	6	7	-		
MILÍNOVSKÝ POTOK II.	2	-	-		
PODHRÁZSKÝ POTOK I. TÁBOR	2	1	-		
PODHRÁZSKÝ P. II. KOUPALIŠTĚ	20	65	-		
PODHRÁZSKÝ POTOK III. SEČ	3	44	-		
BOŽKOVSKÝ POTOK I.	20	2	-		
BOŽKOVSKÝ POTOK II.	6	-	-		
BOJOVKA – DOLNÍ ÚSEK - TĚNOVICE	18	129	40		
BOJOVKA – HORNÍ ÚSEK - ČÍČOV	22	101	72		
KORNATICKÝ POTOK I.	7	-	-		
KORNATICKÝ POTOK II.	21	-	-		
KORNATICKÝ POTOK - PP	8	-	-		
MEŠENSKÝ POTOK – DOLNÍ ÚSEK	20	16	18		
MEŠENSKÝ POTOK – HORNÍ ÚSEK	12	7	30		
CHOCENICKÝ POTOK I.	24	31	18		
CHOCENICKÝ POTOK II.	28	70	-		
HÁDECKÝ POTOK I.	33	86	-		
HÁDECKÝ POTOK II.	39	156	-		

***** - Lokalita nebyla v daném roce monitorována

5.2 VÝSKYT RAKA ŘÍČNÍHO (ASTACUS ASTACUS)

POVODÍ ŘEKY OTAVY

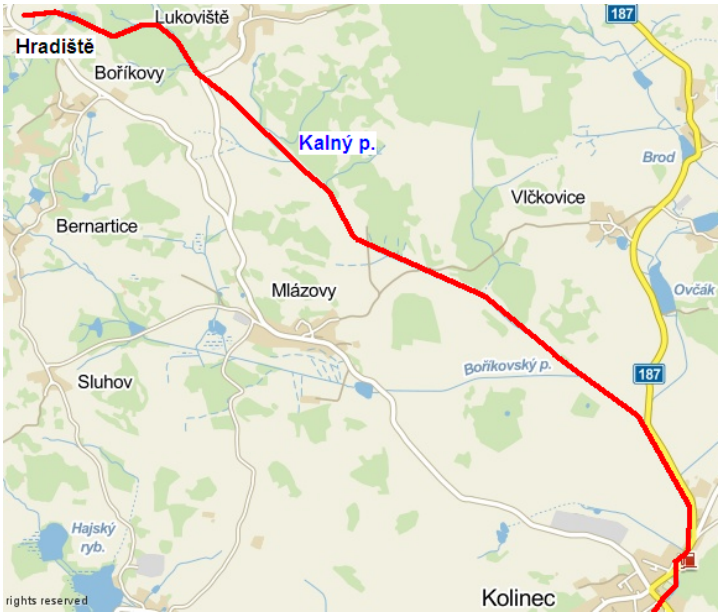
ZÁVIŠÍNSKÝ POTOK

Závišínský potok pramení pod horou Třemšín, která je nejvyšší vrchem jižních Brd s nadmořskou výškou 827 m n. m. Délka potoka je 20,4 km, protéká rybníkem Luh, Velkým bělčickým rybníkem a Pustým rybníkem v Blatné, kde ústí do Smoliveckého potoka. Ten se pod zámkem Blatná vlévá do řeky Lomnice. Řeka Lomnice je významným levostranným přítokem Otavy, do které ústí nad obcí Dědovice u Orlické přehrady.

Obr. 20 Závišínský potok

KALNÝ POTOK

Kalný potok pramení pod vrcholem Drkolná v nadmořské výšce 710 m n. m. u obce Hradiště, přibližně 10 km od Klatov. Potok protéká rybníkem Na kovárně. Pod obcí Mlázovy zde přitéká Bořikovský potok a v obci Kolinec se v nadmořské výšce 520 m n. m. vlévá zleva do podhorské říčky Ostružná. Délka toku je 12,1 km.



Obr. 21 Kalný potok

NEZDICKÝ POTOK

Pramen Nezdického potoka se nachází na zalesněných severních svazích Ždánova (1064 m) a Sv. Jána (1045 m). Potok má délku 16,5 km a k soutoku s Otavou v Žichovicích překoná přibližně 500 metrů výškového rozdílu. Potok má několik přítoků, například potok Žlíbek, Zuklínský, Šimanovský, Žihobecký a Bílenický.

Obr. 22 Nezdický potok

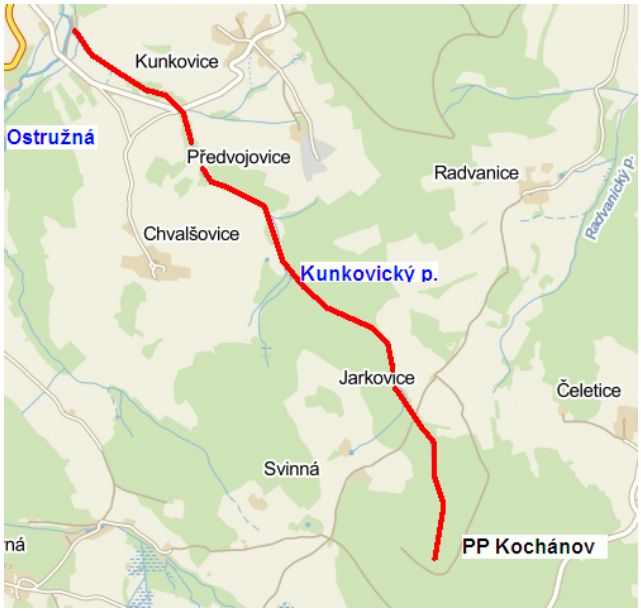
OSTRUŽNÁ

Ostružná pramení 1,6 km severovýchodně od Hadího vrchu (1022m) v nadmořské výšce 938 m n. m. Prameniště se nachází v CHKO Šumava a v přírodním parku Kepelské mokřady. Do Otavy ústí v obci Dovrším (452 m n. m.). Délka toku je 36,6 km s plochou povodí 169,084 km^2. Ostružná je vodohospodářsky významný tok. Jedná se o pstruhovou vodu s chráněnou rybí oblastí.

Obr. 23 Ostružná

KUNKOVICKÝ POTOK

Kunkovický potok je pravostranným přítokem říčky Ostružné do které ústí u obce Jesení. Pramení v nadmořské výšce 940 m n. m. pod Svinenským vrchem v přírodním parku Kochánov. Délka toku je 27,2 km.



Obr. 24 Kunkovický potok

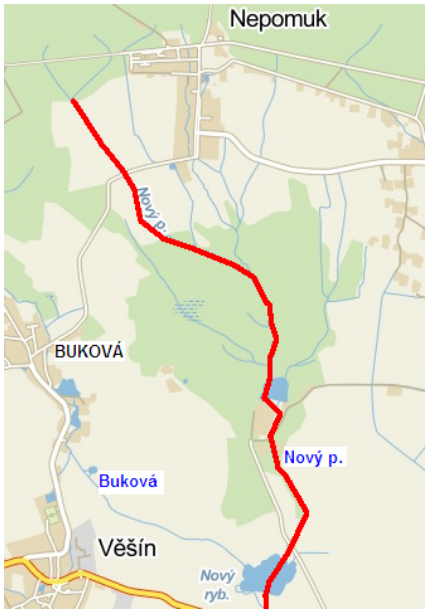
KOTLÍK

Rybník Kotlík se nachází u obce Malonice v soustavě rybníků Za školou, Zámecký a Hajský. Rybníky zásobuje vodou Jindřichovský potok. Rybník je průtočný v nadmořské výšce 577 m n. m., jeho plocha je 675 m^2.

Obr. 25 Kotlík

NOVÝ POTOK

Nový potok pramení v podobě mnoha pramenných stružek u obce Nepomuk v okrese Příbram. Potok protéká Sobenským rybníkem a Novým rybníkem, kde se stéká s potokem Buková. Dále pokračuje pod názvem Buková a u Rožmitálu pod Třemšínem ústí do řeky Skalice.



Obr. 26 Nový potok

LOM MAČKOV

Lom Mačkov se nachází v povodí Otavy, přibližně 1 km jižně od obce Mačkov u Blatné. Na této lokalitě je sympatický výskyt raka říčního (*Astacus astacus*) a raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*).

Obr. 27 Lom Mačkov

SKALICE

Řeka Skalice se nachází na pomezí Středočeského a Jihočeského kraje. Pramení jako Kotelský potok pod horou Třemšín v jižní části Brd. Je dlouhá 52,2 km a její povodí má rozlohu 375,6 km². Protéká Velkým a Malým Kotelským rybníkem, rybníkem Obžera a Podzámeckým rybníkem. Pod obcí Varvažovem protéká sevřeným údolím s četnými balvany v korytě a vlévá se zleva do Lomnice.

Obr. 28 Skalice

Tab. 3 Početní zastoupení raka říčního (*Astacus astacus*)

POVODÍ OTAVY			
POTOK	**2009**		**2011**
ZÁVIŠÍNSKÝ POTOK I.	1		127
ZÁVIŠÍNSKÝ POTOK II.	2		
KALNÝ POTOK – HORNÍ ÚSEK	39		
KALNÝ POTOK – DOLNÍ ÚSEK	43		
KUNKOVICKÝ POTOK	1		
OSTRUŽNÁ - NEMILKOV	4		
OSTRUŽNÁ - VELHARTICE	3		
NEZDICKÝ P. - KADEŠICE	4		
NEZDICKÝ P. - ČIMICE	3		
NEZDICKÝ P. – NEZDICE NA ŠUMAVĚ	5	**2006**	
NOVÝ POTOK – NEPOMUK (Rožmitál)	-	34	
NOVÝ POTOK - VĚŠÍN	-	41	**2011**
RYBNÍK U SUDU (Písek)	-		204
LOM MAČKOV (Blatná)	-		31
KOTLÍK (Malonice)	0		
SKALICE	2		

***** - Lokalita nebyla v daném roce monitorována

POVODÍ ŘEKY ÚSLAVY:

BRADAVA I. VLKOV

Lokalita Bradava I. – Vlkov započíná od pramene po rybník Hvížďalka ve Spáleném Poříčí v délce 28 km.

BRADAVA II – ŽÁKAVA

Lokalita potoku Bradava – Žákava je část Bradavy od rybníka Hvížďalka po Karáskův mlýn v délce 8,7 km.

CHOCENICKÝ POTOK

Na lokalitě Chocenického potoka je sympatrický výskyt raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium)* a raka říčního (*Astacus astacus)*.

Tab. 4 Početní zastoupení raka říčního (*Astacus astacus*)

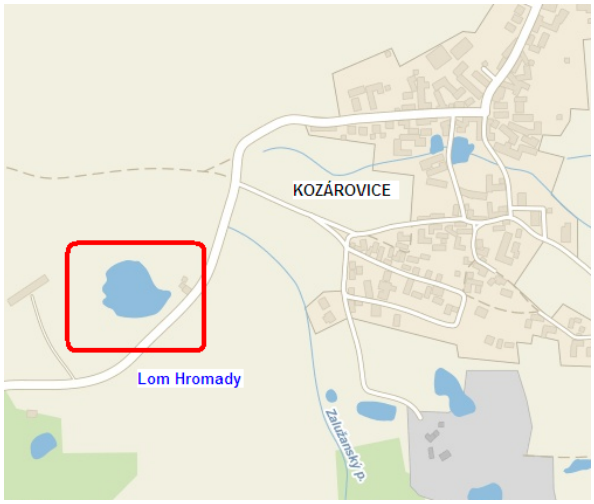
POVODÍ ÚSLAVY	**2010**	**2008**
BRADAVA I. VLKOV	11	2
BRADAVA II. ŽÁKAVA	2	
CHOCENICKÝ POTOK I.	4	
CHOCENICKÝ POTOK II.	3	

5.3 VÝSKYT RAKA BAHENNÍHO (ASTACUS LEPTODACTYLUS)

Lom Mačkov se nachází v povodí Otavy, přibližně 1 km jižně od obce Mačkov u Blatné.

Lom Hromady se nachází u obce Kozárovice na Příbramsku v nadmořské výšce 490 m n. m. Hloubka lomu je 12 m.

Obr. 29 Lom Mačkov



Obr. 30 Lom Hromady

5.4 VÝSKYT RAKA PRUHOVANÉHO (ORCONECTES LIMOSUS)

Lom Starý Klíčov se nachází na jižním okraji Starého Klíčova u obce Mrákov na Domažlicku. Jde o bývalý kamenolom s menšími písečnými a travnatými plážemi a velmi čistou vodou.

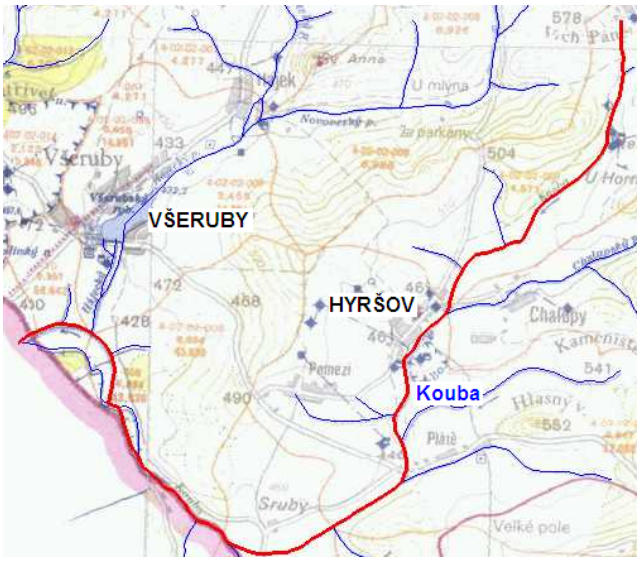
Obr. 31 Lom Starý Klíčov

5.5 VÝSKYT RAKA SIGNÁLNÍHO (PACIFASTACUS LENIUSCULUS)

Potok Kouba se nachází u obce Sruby na Domažlicku a spadá do povodí řeky Úhlavy.

Rybníky Zlatý a Pod Mandou jsou součástí přírodního parku Písecké hory. Přírodní park Písecké hory je komplex lesů tvořící členitý hřeben jihovýchodním směrem od města Písek až k údolí řeky Vltavy v délce 25 km. Nadmořská výška je 350 -632 m n. m.

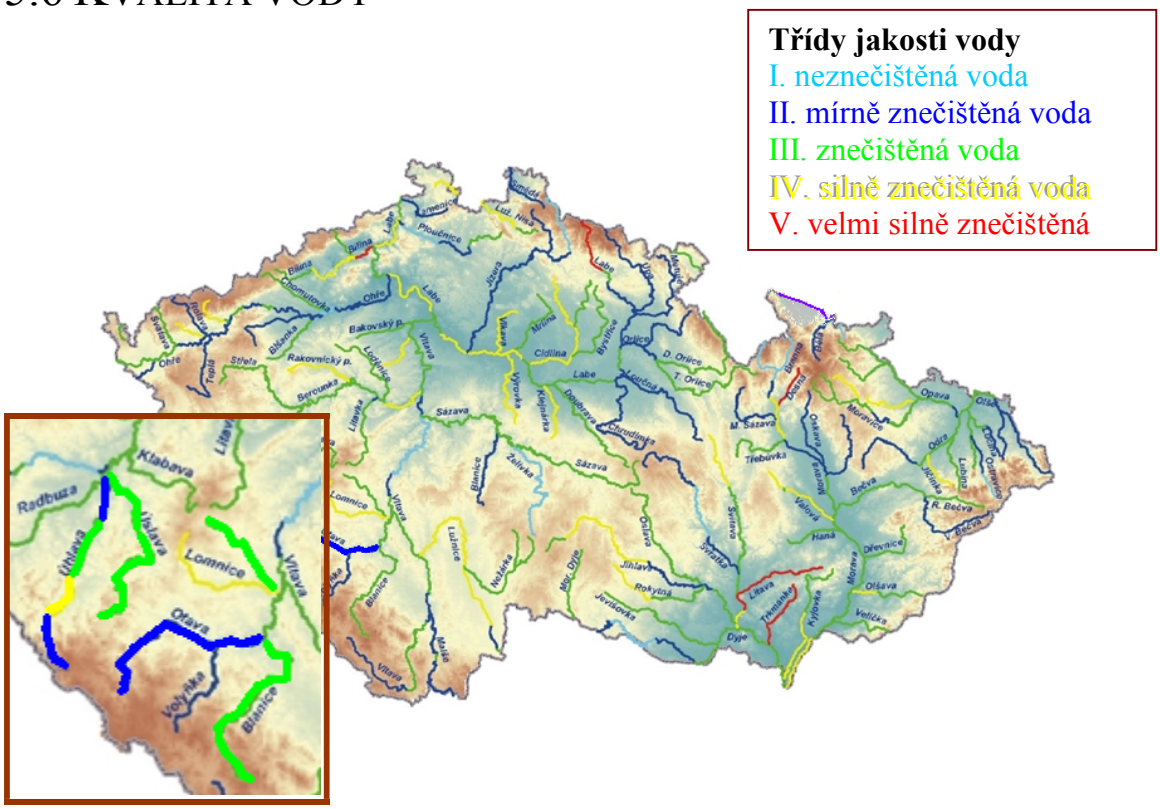
Náhon přírodního parku Blanice je vytvořen jako odbočující Blanický potok jihovýchodně směrem od Vitic a vracející se ve Vodňanech.



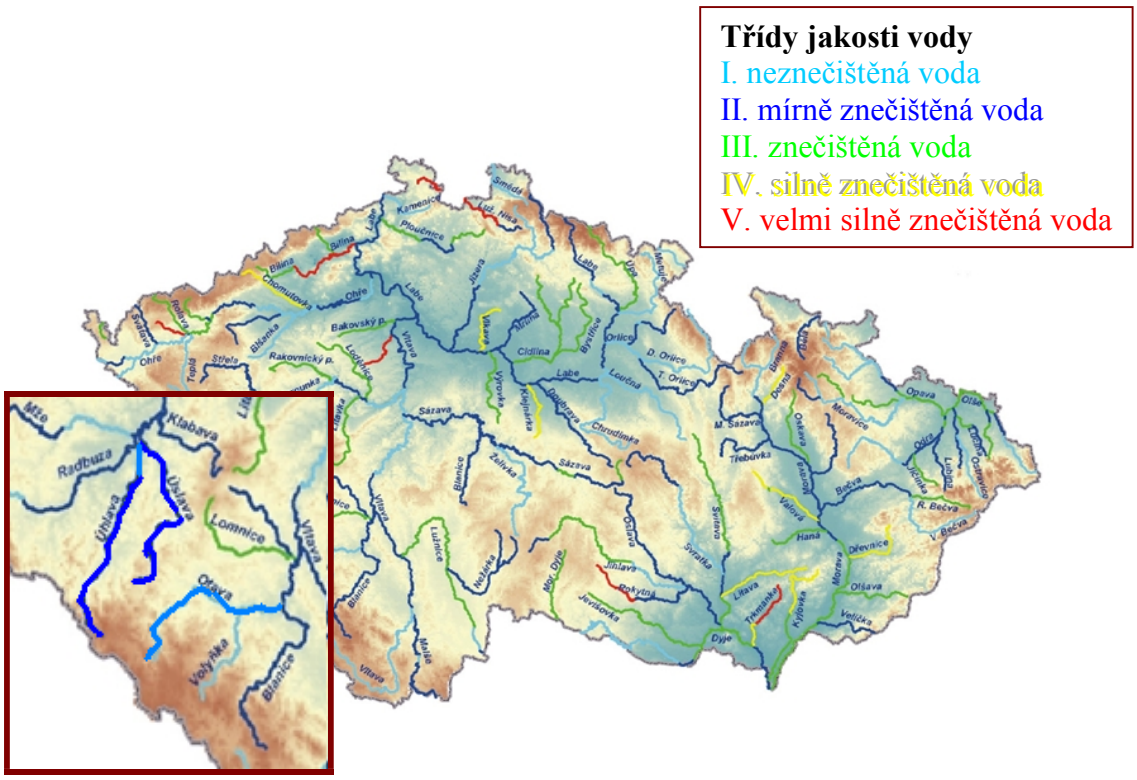
Obr. 32 potok Kouba

Obr. 33 Náhon Blanice

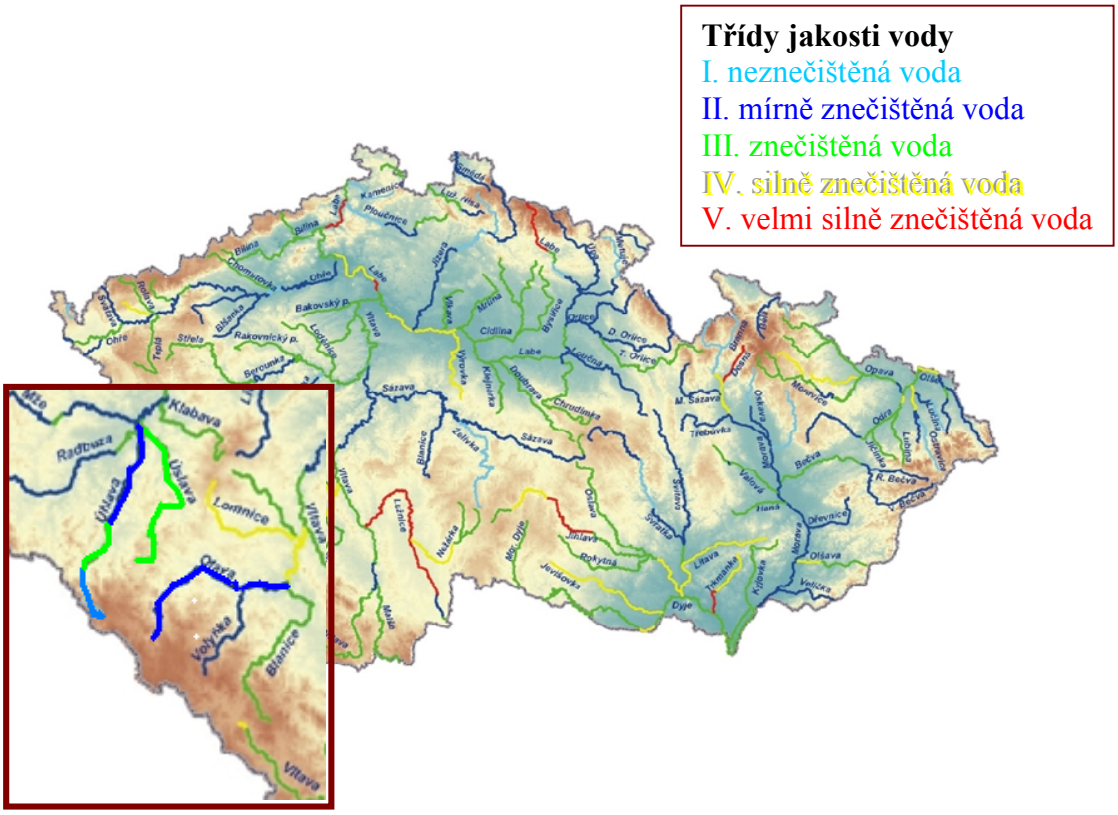
5.6 KVALITA VODY



Obr. 2 Třídy jakosti vod dle ČSN 757221 v r. 2006 (BSK_5)



Obr. 2 Třídy jakosti vod dle ČSN 757221 v r. 2006 (N - NH4)



Obr. 2 Třídy jakosti vod dle ČSN 757221 v r. 2006 ($CHSK_{Cr}$)

6. DISKUZE

Cílem diplomové práce byl monitoring vybraného povodí na území západních Čech s ohledem na případy znečištění vod a vlivu na raky a ostatní vodní organismy. Součástí práce je i zhodnocení vlastních výsledků z testů akutní toxicity vybraných cizorodých látek na modelové druhy raků, dále navržení systému biomonitorování sladkých vod s použitím raků a porovnání dosažených výsledků v České republice a v zahraničí.

Vybranými územími sledování byly zvoleny povodí třech západočeských řek, Úhlavy, Úslavy a Otavy. Důvodem výběru těchto řek byla skutečnost, že se zde nachází množství lokalit s výskytem silné populace raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) a raka říčního (*Astacus astacus*).

Okrajově se zde též vyskytuje rak bahenní (*Astacus leptodactylus*) a dva nepůvodní druhy raků, rak pruhovaný (*Orconectes limosus*) a rak signální (*Pacifastacus leniusculus*). Na některých lokalitách je zaznamenáván sympatrický výskyt našich původních druhů raků s nepůvodními invazními druhy.

Na těchto lokalitách je možnost přenosu smrtelného infekčního onemocnění „račí mor“, které šíří právě nepůvodní druhy raků, rak pruhovaný (*Orconectes limosus*) a rak signální (*Pacifastacus leniusculus*) na naše původní druhy raků rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*), rak říční (*Astacus astacus*) a raka bahenního (*Astacus leptodactylus*), který je též často považován za původní druh.

V diplomové práci je sledováno prostředí ve kterém se raci nacházejí, jejich nároky na prostředí, negativní zásahy do přirozeného prostředí a kvalita vody vybraných povodí. Početní zastoupení jednotlivých druhů raků bylo získáno z nálezové databáze Agentury ochrany přírody a krajiny České republiky a roztříděno do tabulek dle výskytu druhu v určitém povodí.

Na území sledovaných povodí se nachází několik zvláště chráněných území, přírodní památky, přírodní parky, chráněné krajinné oblasti včetně území spadajících do lokalit Natura 2000.

6.1 RAK KAMENÁČ (*AUSTROPOTAMOBIUS TORRENTIUM*)

Rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*) patří k našim původním druhům raků. Jeho výskyt je lokalizován převážně v západní části Čech. Ve sledovaném území se nachází v povodí řeky Úhlavy a Úslavy. V povodí řeky Úhlavy byly monitoringem zjištěny čtyři lokalit s jeho výskytem. Ve všech případech se jedná o malé vodní toky.

Nebílovský potok je dle databáze AOPK ČR méně významným z hlediska výskytu raka kamenáče. Tento potok byl monitorován pouze v roce 2011 a byl zde nalezen pouze jeden jedinec.

Příchovický a Zlatý potok je z hlediska výskytu raka kamenáče velmi významným. Na území Zlatého potoka byla vyhlášena přírodní památka Zlatý potok. Jedná se o toky s přírodním meandrujícím korytem, s tůněmi, proudivými úseky a balvanitým dnem. Koryto je zastíněno lesním porostem, zasahují do něj kořenové systémy stromů poskytující rovněž množství úkrytů pro vodní živočichy (AOPK ČR). PÖCKL (1999) popisuje tyto podmínky prostředí jako vhodné a vyhledávané biotopy pro raka kamenáče. O vhodnosti těchto potoků k výskytu raka kamenáče svědčí i počty nalezených jedinců, kdy bylo opakovaně v roce 2010 a 2011 nalezeno značné množství raků.

Vlčí (Kbelský) potok protéká místy zemědělsky obhospodařovanými loukami a zalesněnou krajinou. Lokalita se vyznačuje hojným výskytem populace raka kamenáče už od roku 2007, kdy zde proběhlo první monitorování.

Koryto řeky Úhlavy není příliš ovlivněno lidskou činností, jak uvádí (HÁNOVÁ *et al*., 2011b). Kvality vody v povodí Úhlavy je z hlediska jakosti vod v parametru BSK_5 zařazena do třídy II. mírně znečištěná voda až IV. silně znečištěná voda. Nejhorší kvalita vody je po zaústění Drnového potoka v Klatovech a nejlepší kvalita je v oblasti pramene a před Plzní. V ukazateli amoniakální dusík ($N\text{-}NH_4$) je Úhlava hodnocena ve třídě II. mírně znečištěná voda, pouze před Plzní je zařazena do třídy I. neznečištěná voda. Hodnocení Úhlavy v ukazateli $CHSK_{cr}$ ukazuje na zařazení do třídy I. až III. Třída I. neznečištěná voda je v oblasti pramene Úhlavy, třída III. znečištěná voda je v okolí města Klatovy a třída II. mírně znečištěná voda je od obce Jíno u Švihova po soutok s Radbuzou v Plzni. Celkové hodnocení kvality vody v řece Úhlavě spadá do třídy II. mírně znečištěná voda, což potvrzuje i SOUKUPOVÁ *et al*. (2011).

Monitoringem povodí řeky Úslavy bylo prokázáno 10 lokalit s výskytem raka kamenáče. Nálezovými místy byly vždy malé vodní toky.

Přešínský potok je malý vodní tok přírodního charakteru, místy s meandrujícím korytem a kamenitým až balvanitým dnem(AOPK ČR). Prameniště potoka je evropsky významná lokalita na které je vyhlášena přírodní památka Prameniště Přešínského potoka. Nachází se zde komplex lučních a lesních společenstev. Plošně rozsáhlý jasanovo-olšový luh v prameništní oblasti Přešínského potoka je níže na toku (cca 1 km) chráněn jako lokalita raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*). Od roku 2007, kdy je tato lokalita pravidelně jednou za dva roky monitorována, je zde potvrzena stabilní populace raka kamenáče.

Potok Bradava je nejvydatnějším přítokem řeky Úslavy. Potok od pramene protéká zalesněnou krajinou, v dolní části pak kulturní krajinou. Lokalita je vyhlášena jako přírodní památka v celé délce toku společně s jejími přítoky Mítovského potoka a Bojovky. Lokalita byla monitorována v roce 2006, 2010 a 2011. Ve sledovaném období zde byla vždy prokázána stabilní populace raka kamenáče. Výskytu takto stabilní populace napomáhá přirozený charakter toku, s meandrujícím korytem a kamenito-písčitým až balvanitým dnem, které poskytuje rakům množství úkrytů. Dalšími chráněnými živočichy, kteří se zde vyskytují je mihule potoční (*Lampetra planeri*) a vranka obecná (*Cottus gobio*).

Mítovský potok je součástí přírodní památky Bradava a zároveň je zde vyhlášena přírodní památka Hořehledy. Přírodní památka byla vyhlášena za účelem ochrany meandrů Mítovského potoka a mokřadních olšin. Lokalita byla sledována v roce 2006, 2010 a 2011. Počty nelezených jedinců naznačují, že se zde nachází silná a stabilní populace raka kamenáče. Nevyšší početnost byla zaznamenána v roce 2010, kdy ve středním úseku Mítovského potoka se nacházelo 160 jedinců. Naopak v roce 2011 se na stejném úseku nacházelo 93 jedinců. Stejná tendenci poklesu počtu nalezených jedinců raka kamenáče byla zaznamenána i u ostatních mapovaných částí toku. Pravděpodobnou příčinou úbytku raků je provádění zásahů na úpravu koryta při protipovodňových úpravách a využívání přilehlých vodních ploch k rybničnímu hospodářství.

Milínovský potok byl mapován v roce 2010 a 2011. Z hlediska počtu nalezených jedinců raka kamenáče lze říci, že je zde výskyt ojedinělí, ale vzhledem k tomu, že je tento potok pravostranným přítokem Bradavy, lze do budoucna předpokládat možnost zvyšování zdejší populace.

Výskyt raka kamenáče v Podhrázském potoce byl v největším počtu zaznamenán ve střední části toku, kde se při mapování v roce 2010 vyskytovalo 65 jedinců a v roce 2011 došlo k poklesu na 20 jedinců.

Monitoring Božkovského potoka byl proveden v roce 2010 a 2011, nejvyšší počet zde nalezených jedinců byl 20 raků. Prameniště potoka se nachází v blízkosti dálnice D5. Ústí potoka je v Plzeňské městské části Božkov. Raci zde byli nacházeni pod kameny a v prostorách pod větvemi. Populace raků je na tomto potoce ohrožena. Důvodem je jednak nedostatek vody v letních měsících, případné znečištění a úpravy koryta Božkovského potoka v rámci stavby rekonstrukce silnice III/18019a.

Bojovka je malý vodní tok s významným výskytem raka kamenáče. Mapování potoka probíhalo v roce 2006, 2010 a 2011. Lokalita je součástí přírodní památky Bradava. Nejvyšší počty nalezených raků byly zaznamenány v roce 2010, kdy v dolním úseku bylo nalezeno 129 jedinců a v horním úseku 101 jedinců. Při monitoringu v roce 2006 byla na této lokalitě zjištěna predace norkem americkým (*Mustela vison*) a počet raků byl na dolním úseku potoka 40 jedinců a na horním úseku 72 jedinců. Při porovnání nálezů v roce 2006 a 2010 je viditelný značný nárůst počtu raků z čehož vyplývá, že predace norkem americkým (*Mustela vison*) ustala. V roce 2011 počty raků opět poklesly na 18 a 22 jedinců.

Kornatický potok a jeho přítok Mešenský potok jsou vyhlášeny přírodní památkou Mešenský potok. Potok je přírodní s meandrujícím korytem, kamenitým až balvanitým dnem a je významný z hlediska výskytu raka kamenáče. Přírodní charakter potoka poskytuje rakům vhodné podmínky. První mapování Mešenského potoka bylo v roce 2006, další pak 2010 a 2011. Zjištěné výsledky naznačují stálou populaci raků vyskytující se na této lokalitě. V budoucnu by se měla věnovat pozornost predaci norkem americkým, který se na tomto území vyskytuje.

Potoky Chocenický a Hádecký se nacházejí v chráněném území. Chocenický potok protéká okrajově přírodním parkem Buková hora. Hádecký potok protéká přírodní památkou Hádky, která spadá do přírodního parku Kornatický potok. Při monitoringu v roce 2010 bylo na lokalitě Hádeckého potoka v jeho horním úseku nalezeno 156 jedinců raka kamenáče. Počty nalezených raků se v roce 2011 oproti roku 2010 značně snížily. Příčinou poklesu stavu raků v Hádeckém potoce může být přítomnost norka amerického, podobně jako je tomu u dalších toků v povodí Bradavy.

Řeka Úslava není významně ovlivněna lidsou činností. V horních partií povodí protéká zalesněnou krajinou, níže pak zemědělskou krajinou s poměrně hustým

osídlením (HÁNOVÁ *et al*. 2011a). Na toku se vyskytuje velký počet migračních bariér, jako jsou například hráze mnoha rybníků, jezy a malé vodní elektrárny. Úslava se v letních měsících potýká s nižší hladinou vody. Soukupová *et al*. (2011) uvádí, že tok je silně eutrofizovaný s bohatým rozvojem fytoplanktonu, což potvrzuje i HAJŠMAN (2011) a dodává, že se kvalita vody v Úslavě dlouhodobě mírně zlepšuje.

Při hodnocení jakosti vody ve studii Svobodové *et al*. (2011) bylo zjištěno na řece Úslavě nejlepších výsledků v ukazateli amoniakální dusík ($N\text{-}NH_4$), kdy byla řeka zařazena do třídy II. mírně znečištěná voda. Nejhorší kvalita vody byla naměřena v ukazatelích BSK_5 a $CHSK_{Cr}$, které zatřiďují řeku Úslavu do třídy III. znečištěná voda. Stejné výsledky potvrzuje i Český hydrometeorologický ústav při hodnocení toků v roce 2006.

6.2 RAK ŘÍČNÍ (*ASTACUS ASTACUS*)

Rak říční je jedním z našich původních druhů raků a patří k nejrozšířenějšímu druhu raka v ČR. Štambergová (2010) potvrzuje hojnost rozšíření tohoto druhu.

Při mapování raka říčního byly nalezeny stabilní populace v povodí řek Otavy a Úslavy. Biotopy rozšíření tohoto druhu se převážně nacházejí v povodí Otavy, kde byl sledován na deseti přítocích. V povodí Úslavy se vyskytuje jen na dvou lokalitách, na potoce Bradava a Chocenickém potoce. V Bradavě bylo provedeno mapování v roce 2008 a 2010, přičemž se zde v roce 2008 nalézali jen dva jedinci a v roce 2010 13 jedinců. Na Chocenickém potoce se v roce 2010 vyskytovalo celkem 7 jedinců. Na obou tocích je tedy sympatický výskyt raka říčního a raka kamenáče. Při monitorování raka kamenáče v roce 2011 nebyl na těchto dvou lokalitách zaznamenán žádný jedinec raka říčního.

Závišínský potok patří k nejvýznamnějším lokalitám v povodí Otavy s výskytem raka říčního. Potok patří k významným evropským lokalitám a je vyhlášen přírodní památkou. Sledování lokality v roce 2011 ukázalo na výskyt 127 jedinců raka říčního. Tento údaj poskytuje obraz o tom, že lokalita poskytuje rakům vhodné prostředí pro jejich život. Současně se zde také vyskytuje chráněná mihule potoční (*Lampetra planeri*) a vranka obecná (*Cottus gobio*).

Lokalita Kalného potoka byla monitorována v roce 2009 a byla zjištěna v horním i dolním úseku potoka stabilní populace raka říčního. Počet nalezených raků byl

v hodním úseku 39 jedinců a v dolním úseku při soutoku Kalného potoka s říčkou Ostružnou v Kolinci 43 jedinců.

Závišínský a Kalný potok patří ve sledovaném roce 2009 k nejvýznamnějším biotopům výskytu raka říčního. V ostatních tocích v povodí Otavy, jako je Kunovický potok, Ostružná, Nezdický potok a řeka Skalice je výskyt raků jen sporadický s jedním až pěti jedinci.

V roce 2006 probíhal monitoring na Novém potoce, kde bylo sledováno celkem 75 jedinců, což naznačuje na stabilní populaci raka říčního. Lokalita by měla být dále mapována, aby se výskyt raků říčních potvrdil.

Rak říční se v povodí Otavy nevyskytuje jen v tekoucích vodách, ale i ve stojatých. Příkladem toho je Lom Mačkov u Blatné a rybník Kotlík v Malonicích u Kolince. V rybníce Kotlík byl nález raka říčního potvrzen už v roce 2005. Počty jedinců, ale nebyly zaznamenány, stejně jako je tomu v roce 2009. Lze předpokládat, že se zde rak říční stále vyskytuje, proto by měla být lokalita nadále sledována. Lom Mačkov je významnou lokalitou sledování populace raka říčního. V roce 2011 zde bylo zaznamenáno 31 jedinců.

Ojedinělou lokalitou v povodí Otavy je rybník U sudu, který se nachází v přírodním parku Písecké hory. V oblasti PP Písecké hory byla provedena reintrodukce raka říčního a to už v roce 2000 na dvou lokalitách a v roce 2001 na další tři lokality. Jak uvádí KOZÁK a POLICAR (2002) celkem bylo vysazeno 212 dospělců. Při monitoringu v roce 2011 bylo nalezeno 204 jedinců. Výsledky ukazují, že populace raka říčního je zde stále zachována.

Kvalita vody v řece Otavě je hodnocena jako nejlepší vzhledem k jakosti vody v Úhlavě a Úslavě. Jak uvádí HÁNOVÁ *et al*. (2011), kvalita vody v Otavě je na vysoké úrovni a totéž potvrzuje i BARTÁČEK *et al*. (2011). Hodnocení jakosti vody v Otavě ukazuje, že patrnější zhoršení je jen v ukazateli BSK_5 a $CHSK_{Cr}$, což potvrzuje BARTÁČEK *et al*. (2011). Podle Českého hydrometeorologického ústavu je Otava v ukazetalích BSK_5 a CHSK zařazena do třídy II. mírně znečištěná voda. Nejlepších výsledků vykazuje ukazatel amoniakální dusík ($N\text{-}NH_4$), podle kterého je Otava zařazena do třídy I. neznečištěná voda.

6.3 RAK BAHENNÍ (*ASTACUS LEPTODACTYLUS*)

Výskyt Raka bahenního (*Astacus leptodactylus*) v povodí řeky Otavy byl potvrzen v lomu Mačkov u Blatné. V roce 2011 zde bylo nalezeno 16 jedinců. Na této lokalitě je zjištěn i výskyt raka říčního (*Astacus astacus*). Další lokalitou kde se tento druh raka výskytu je Lom Hromady u obce Kozárovice na Příbramsku. Oba lomy, jak Mačkovský, tak lom Hromady slouží jako vhodné lokality k potápění. I přesto, že monitorování těchto lokalit bylo provedeno pouze v roce 2011, byl hojný výskyt populace raka bahenního několikrát potvrzen právě potapěči.

6.4 RAK PRUHOVANÝ (*ORCONECTES LIMOSUS*)

Výskyt raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) byl Agenturou ochrany přírody a krajiny České republiky potvrzen v roce 2009 pouze na jedné lokalitě v povodí řeky Úhlavy. Jedná se o lokalitu zatopeného lomu Starý Klíčov na Domažlicku, kde byl současně zaznamenán výskyt raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*), raka říčního (*Astacus astacus*) a raka bahenního (*Astacus leptodactylus*), i když výskyt těchto našich původní druhů raků byl pouze sporadický. V případě takto sympatrického výskytu nepůvodního druhu raka s původními druhy raků, je nezbytné sledování této lokality a při monitoringu provést opatření proti šíření onemocnění řačím morem.

6.5 RAK SIGNÁLNÍ (*PACIFASTACUS LENIUSCULUS*)

Místa výskytu raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*) byla potvrzena AOPK ČR v roce 2006 a 2008 na potoce Kouba u obce Sruby na Domažlicku. Zaznamenán zde byl zároveň výskyt raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) a raka říčního (*Astacus astacus*). Populace raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*) je zde přítomna v hojném počtu. Hrozí zde přenos račího moru na původní raky raka kamenáče a raka říčního.

Dalším místem nálezu tohoto druhu raka jsou rybníky Zlatý a Pod Mandou. Tyto lokality jsou součástí přírodního parku Písecké hory. Na obou rybnících je pod vedením Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického prováděna reintrodukce raka

říčního již od roku 2000. Rak signální byl také nalezen při monitoringu řeky Blanice ve Vodňanech v roce 2009, kde se v místě Blanického náhonu vyskytovali 4 jedinci.

6.6 HODNOCENÍ VÝSKYTU POPULACÍ RAKŮ V ČR A EVROPĚ

Ochranou raků se stejně tak jako u nás zabývají další země Evropské unie. Pro ochranu a zachování jednotlivých druhů původních raků existuje v Evropě systém CRAYNET, který se zabývá sociálně kulturními aspekty při projednávání strategií k ochraně raků. Velká pozornost se zde věnuje hlavně ochraně raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*). Snahou je získat informace o stavu raka kamenáče v jednotlivých zemích, vyvinout nové záchranné programy a zajistit funkční právní systém k ochraně raků (SOUTY-GROSSET, 2005).

Šířením raků v Evropě se zabývají jednotlivé země především v posledních dvaceti letech. HOLDICH (2002a) uvádí, že každá Evropská země má alespoň jeden původní druh raka a jeden druh nepůvodní. V současné době je vysoká úroveň zájmu o ochranu raků. Země si uvědomují, že musí podniknout určité kroky k ochraně původních druhů raků, z nichž některé druhy jsou na pokraji vyhynutí. HOLDICH (2002a) dále uvádí seznam druhů původních v Evropě a nepůvodních.

Původní raci v Evropě jsou *Astacus astacus* (Linnaeus), *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz), *Astacus pachypus* (Rathke), *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet), *Austropotamobius torrentium* (Shrank).

Nepůvodní raci v Evropě jsou *Orconectes limosus* (Rafinesque), *Pacifastacus leniusculus* (Dana), *Procambarus clarkii* (Girard), *Cherax destructor* (Clark).

Jako příklad lze uvést druhy raků vyskytující se na území států sousedících s Českou republikou. V Rakousku je původním druhem raka rak říční (*Atacus astacus*), rak bahenní (*Astacus leptodactylus*), *Austropotamobius pallipes* a rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*), nepůvodní je rak pruhovaný (*Orconectes limosus*) a rak signální (*Pacifastacus leniusculus*). V Německu jsou původní druhy raků stejné jako v Rakousku, nepůvodní druhy jsou rak pruhovaný (*Orconectes limosus*), rak signální (*Pacifastacus leniusculus*), *Procambarus clarkii* a *Cherax destruktor.* Polsko má dva původní druhy a to raka říčního (*Atacus astacus*) a raka bahenního (*Astacus leptodactylus*), nepůvodní druhy jsou stejně jako v ČR rak pruhovaný (*Orconectes limosus*) a rak signální (*Pacifastacus leniusculus*). Slovensko má pouze původní druhy

raků, raka říčního (*Atacus astacus*), raka bahenního (*Astacus leptodactylus*) a raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*).

Rak říční (*Astacus astacus*) je původním rakem také ve Skandinávských a dalších severských zemí Evropy. Koncem 19. století se do těchto zemí začal ze severní Ameriky šířit *aphanomyces astaci*, parazit, způsobující račí mor. Značnou měrou docházelo také ke znečišťování vodních toků, které má společně s račím morem za následek ubývání populace raka říčního (*Astacus astacus*) (HARLIOG˘LU, 2004).

V Německu, podobně jako v dalších státech, je situace stejná. Populace původních druhů raků zde byly stabilní, ale po zavlečení nepůvodních druhů raků se populace snížily díky přenosu račího moru. Dále k tomu samozřejmě přispěly také nevhodné zemědělské postupy, které také měly negativní dopad (HOLDICH, 2002a).

V České republice, konkrétně ve sledovaném území, jsou populace raků ohroženy zejména necitlivými úpravami koryt vodních toků, dále intenzivním využíváním vodních ploch k rybářským účelům a na místech, kde se setkávají původní druhy raků s nepůvodními, tak přenosem račího moru. Kvalita vody má v posledních letech trend zvyšování úrovně a tak lze přepokládat, že případné úhyny raků by mohly být způsobeny pouze v případě havárie. Nasvědčuje tomu i fakt, že ve sledovaném povodí řek Úhlavy, Úslavy a Otavy nebyl za poslední roky zaznamenán žádný úhyn raků a to ani vlivem možného přenosu onemocnění račím morem.

Monitorované lokality poskytují vhodné prostředí jak z hlediska nabídky potravy a rozmnožování, tak i přítomností potřebných úkrytů. Většina ze sledovaných lokality se nachází ve zvláště chráněném území a poskytují tak rakům přirozené podmínky. O přirozeném charakteru většiny z uvedených lokalit svědčí i to, že se zde vyskytují i další druhy chráněných živočichů, jako příklad lze uvést mihuly potoční (*Lampetra planeri*) a vranku obecnou (*Cottus gobio*).

7. ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá problematikou výskytu raků vybraného povodí s ohledem na vliv člověka působící na sladkovodní ekosystémy v České republiky. V práci je rovněž provedeno zhodnocení výsledků vlastních testů akutní toxicity vybraných látek na modelovém organismu. Součástí diplomové práce je shrnutí dosavadních výsledků o výskytu raků v České republice a porovnání s výsledky v zahraničí.

Výsledky dlouhodobého monitoringu vypovídají o skutečnosti, že se na území západních Čech v povodí řek Úhlavy, Úslavy a Otavy nacházejí významné lokality s výskytem původních druhů raků, raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) a raka říčního (*Astacus astacus*). V menší míře se zde také vyskytuje rak bahenní (*Astacus leptodactylus*). Ve sledovaném území se nalézají velmi cenné lokality s výskytem raků, na které se vztahuje systém Natura 2000. Po vyhodnocení výsledků z databáze AOPK ČR lze říci, že početnost raků je vyšší právě na těchto chráněných lokalitách, které rakům poskytují vhodné přirozené podmínky.

Existuje zde lokality, na kterých je zaznamenán sympatrický výskyt našich původních raků s raky nepůvodními. Těmto lokalitám by měla být věnována velká pozornost, protože nepůvodní druhy raků, rak pruhovaný (*Orconectes limosus*) a rak signální (*Pacifastacus leniusculus*) jsou přenašeči smrtelného onemocnění, které přenáší parazit *Aphanomyces astaci,* zvané račí mor. Původní druhy raků jsou velice citlivý k jakýmkoliv změnám prostředí.

Možnost využití raků jako bioindikátorů, ale není jednoznačné. Provedenými testy akutní toxicity na modelových organismech, raku pruhovaném (*Orconectes limosus*) a raku signálním (*Pacifastacus leniusculus*) byla potvrzena jejich snížená citlivost k exponovaným látkám. Tyto testy se u původních druhů raků, raku kamenáči (*Austropotamobius torrentium*), raku říčnímu (*Astacus astacus*) a raku bahennímu (*Astacus leptodactylus*) neprovádějí z důvodu jejich ochrany. Proto není etické provádět pomocí chráněných druhů raků aktivní biomonitoring.

Ve studii vlivu jakosti vody na výskyt původních druhů raků, bylo zjištěno, že rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*) a rak říční (*Astacus astacus*) mají stejné nároky na kvalitu vody a navíc bylo zjištěno, že se v mnoha případech oba druhy vyskytovaly i v tocích s nevyhovujícími podmínkami. V těchto případech se jedná pouze o krátkodobý jev, protože v takto nevyhovujících podmínkách se populace raků

značně oslabuje. Důvodem proč se raci vyskytují i ve znečištěných tocích je přirozený charakter toku a široká potravní nabídka. Objektivním hodnocením výskytu raků by mohl být pasivní monitoring, který by se zakládal na pravidelnosti sledování jednotlivých lokalit a vyhodnocování kvality vody v tocích a vodních nádržích.

8. SEZNAM LITERATURY

ANDĚRA, Miloš a Petr ZAVŘEL. *Šumava – příroda, historie, život.* Praha: Nakladatelství Baset, 2003, s. 145-147. ISBN 80-7340-021-9.

BARTÁČEK, Jan, Kateřina SOUKUPOVÁ a Magdaléna BALEJOVÁ. *Zpráva o hodnocení jakosti povrchových vod v oblasti povodí Horní Vltavy za období 2009-2010.* Praha: Povodí Vltavy, 2011, s. 33-34.

DOLNÝ, Aleš a Zdeněk ĎURIŠ. Výskyt ohrožených bezobratlých na důlních odkalištích v Karviné. *Živa*, 2001, č. 6, s. 268-270. ISSN 0044-4812.

DORN Nathan J., Raul URGELLES and Joel C. TREXLEX. *Evaluating active and passive sampling methods to quantify crayfish density in a freshwater wetland.* Florida: The North American Benthological Society, 2005, s. 346-355.

DYK, Václav. Rak říční jako ukazatel čistoty vody. *Památka a příroda*. 1977, 10, s. 32-35. ISSN 0139-9853.

ĎURIŠ, Zdeněk, Ivona HORKÁ, Pavel KOZÁK, Tomáš POLICAR, Lenka FILIPOVÁ, Monika ŠTAMBERGOVÁ a Adam PETRUSEK. Distribution of the invasive spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus)* in the Czech Republic - history and present. *Meeting on European Crayfish as Heritage Species.* Florence: Universitá degli Studi di Firenze, 2005, s. 16. ISSN 0767-2861.

ĎURIŠ, Zdeněk a Ivona HORKÁ. *Rešerše biologie a ekologie raků v České republice.* Nepublikovaná zpráva. Praha: Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka, 2005, s. 31.

FILIPOVÁ, Lenka, Eva KOZUBÍKOVÁ a Adam PETRUSEK. *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817). In: MLÍKOVSKÝ, Jiří a Petr STÝBLO. *Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky*. Praha: ČSOP, 2006a, s. 237-239. ISBN 80-86770-17-6.

FILIPOVÁ, Lenka, Adam PETRUSEK, Pavel KOZÁK a Tomáš POLICAR. Pacifastacus leniusculus (Dana, 1852) – rak signální. In: MLÍKOVSKÝ, Jiří a Petr STÝBLO. *Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky*. Praha: ČSOP, 2006b, s. 239-240. ISBN 80-86770-17-6.

FISCHER, David, Vladimír BÁDR, Pavel VLACH a Jana FISCHEROVÁ. Nové poznatky o rozšířené raka kamenáče v ČR. Praha: Academia. *Živa*, 2004, 52(2), s. 79-81. ISSN 0044-4812

FÜDERER, L., L. EDSMAN, D.M. HOLDICH, P. KOZÁK, Y. MACHINO, M. PÖCKL, B. RENAI, J.D. REYNOLDS, H. SCHULZ, R. SCHULZ, D. SINT, T. TAUGBOL a M.C. TROUILHÉ. Indigenous crayfish habitat and threats. In: SOUTY-GROSSET, C., D. M. HOLDICH, P.Y. NOEL, J. D. REYNOLDS and P. H. HAFFNER, (eds.)*, Atlas of crayfish in Europe.* Paris*:* Publications Scientifiques du Muséum national d´Histoire naturele*,* 2006, s. 25-48.

GOLDMAN, Charles Remington. Ecology and physiology of the California crayfish *Pacifastacus leniusculus* (Dana) in relation to its suitability for introduction into European waters. California: *Freshwater Crayfish,* 1973, s. 106-120. ISBN 08-7055-4387

HAGER, J. Edelkrebse: *Biologic, Zucht, Bewirtschaftung. Praxisbuch.* Stuttgart: Leopold Stocker Verlag, 1996. 128 s.

HAJŠMAN, Jan. 4. Průvodce naučnou stezkou údolím Úslavy. Plzeň: Útvar koncepce a rozvoje města Plzně, 2011, s. 3-5. ISBN 978-80-260-0201-7

HARLIOG˘LU, Muzaffer Mustafa. The present situation of freshwater crayfish, Astacus leptodactylus (Eschscholtz, 1823) in Turkey. *Aquaculture*, 2004, s. 181-187.

HÁNOVÁ, Kateřina, Milan HLADÍK, Robin HÁLA, Martin TOMEK a Kateřina HALAMKOVÁ. *Studie proveditelnosti zprůchodnění migračních překážek na vodních tocích v povodí Vltavy. 3. hodnocení – Úslava.* Praha: Povodí Vltavy, 2011a. 9-10 s.

HÁNOVÁ, Kateřina, Milan HLADÍK, Robin HÁLA, Martin TOMEK a Kateřina HALAMKOVÁ. *Studie proveditelnosti zprůchodnění migračních překážek na vodních tocích v povodí Vltavy. 3. hodnocení - Úhlava, Radbuza*. Praha: Povodí Vltavy, 2011b. 9-10 s.

HÁNOVÁ, Kateřina, Milan HLADÍK, Robin HÁLA, Martin TOMEK a Kateřina HALAMKOVÁ. *Studie proveditelnosti zprůchodnění migračních překážek na vodních tocích v povodí Vltavy. 3. hodnocení - Otava*. Praha: Povodí Vltavy, 2011c. 9-10 s.

HENTTONEN, P. and J. V. HUNER, The introduction of alien species of crayfish in Europe: A historical introduction. In: Gherardi, F., D. M. Holdich. *Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation?* Brookfield, Rotterdam, A.A.Balkema, 1999, s. 13-22.

HOLDICH, David Malcolm, H. ACKEFORS, F. GHERARDI and W. D. ROGERS. Native and alien crayfish in Europe: Some conclusions. In: Gherardi, F., D. M. Holdich. *Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation?* Brookfield, Rotterdam, A.A.Balkema, 1999, s. 281-294.

HOLDICH, David Malcolm. Distribution of crayfish in Europe and some adjoining countries. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 2002a, s. 611-650.

HOLDICH, David Malcolm. *Biology of Freshwater Crayfish*. Oxford, London: Blackwell Science Ltd., 2002b, 512 s. ISBN 0-632-05431-X

HOLDICH, David Malcolm. Crayfish in Europe – an overview of taxonomy, legislation, distribution, and crayfish plague outbreaks. In: Holdich, D. M., P. J.

Sibley. *Management & Conservation of Crayfish, Proceedings of a conference held on 7th November 2002 at the Nottingham Forest Football Club*, Nottingham, UK: Environment Agency, 2003, s. 15-34.

HOLDICH, David Malcolm, P. HAFFNER, P. NOËL, J. CARRAL, L. FÜDERER, F. GHERARDI, Y. MACHINO, J. MADEC, M. PÖCKL, P. ŚMIETANA, T. TAUGBOL and E. VIGNEUX. Species files. In: SOUTY-GROSSET, C., D. M. HOLDICH, P. NOËL, J. D. REYNOLDS, P. HAFFNER *(eds)*. *Atlas of Crayfish in Europe*. Paris: Publications Scientifiques du MNHN, 2006. s. 49-130.

HOLZER, Miloš. Raci v České republice. *Ochrana přírody*, 2000. 55, 10: s. 291-294. ISSN 1210-258X

HORKÁ, Ivona. *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) - rak bahenní. - In: Mlíkovský Jiří a Petr Stýblo (eds.). *Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky.* Praha: ČSOP, 2006, s. 229-231. ISBN 80-86770-17-6.

CHOBOT, Karel: Mapování raků v AOPK ČR. *Ochrana přírody*. Časopis státní ochrany přírody, 2006. roč. 61, č.2, s. 57-59. ISSN 1210-258X

CHOBOT, Karel a Monika ŠTAMBERGOVÁ. Mapa rozšíření *Pacifastacus leniusculus* v České republice. In: Zicha O. (ed.) Biological Library – BioLib, 2012. Citováno 26.04.2012. Dostupné na: <http://www.biolib.cz/cz/taxonmap/id12/>

CHOBOT, Karel a Monika ŠTAMBERGOVÁ. Mapa rozšíření *Orconectes limosus* v České republice. In: Zicha O. (ed.) Biological Library – BioLib, 2012. Citováno 26.04.2012. Dostupné na: <http://www.biolib.cz/cz/taxonmap/id128/>

CHOBOT, Karel a Monika ŠTAMBERGOVÁ. Mapa rozšíření *Austropotamobius torrentium* v České republice. In: Zicha O. (ed.) Biological Library – BioLib, 2012. Citováno 26.04.2012.
Dostupné na: <http://www.biolib.cz/cz/taxonmap/id129/>

CHOBOT, Karel a Monika ŠTAMBERGOVÁ. Mapa rozšíření *Astacus leptodactylus* v České republice. In: Zicha O. (ed.) Biological Library – BioLib, 2012. Citováno 26.04.2012. Dostupné na: <http://www.biolib.cz/cz/taxonmap/id130/>

CHOBOT, Karel a Monika ŠTAMBERGOVÁ. Mapa rozšíření *Astacus astacus* v České republice. In: Zicha O. (ed.) Biological Library – BioLib, 2012. Citováno 26.04.2012. Dostupné na: <http://www.biolib.cz/cz/taxonmap/id131/>

CHVOJKOVÁ, Eva, Ondřej VOLF a Jan DUŠEK. *Splouvání Teplé Vltavy – hodnocení vlivů na vybrané zvláště chráněné živočichy*. Praha: Povodí Vltavy, 2008, s. 22-23.

KOZÁK, Pavel, J. POKORNÝ, Tomáš POLICAR a Jan KOUŘIL. *Základní morfologické znaky k rozlišení raků v ČR*. Edice metodik. Vodňany: VÚRH JU, 1998. 20 s. ISBN 80–85887–22-3.

KOZÁK, Pavel a Tomáš POLICAR. Tolerance of noble crayfish (Astacus astacus) and signal crayfish (Pacifastacus leniusculus) juveniles to short-term temperature shock. In: MÁCHOVÁ, Jana, Zdeňka SVOBODOVÁ a Tomáš RANDÁK. *Sb. referátů z konf. Toxicita a biodegrabilita odpadů a látek významných ve vodním prostředí,* Vodňany, 2001, s. 154-159.

KOZÁK, Pavel, Zdeněk ĎURIŠ a Tomáš POLICAR. The stone crayfish (*Austropotamobius torrentium)* (Schrank) in the Czech Republic. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 2002, s. 707-713. ISSN 0767-2861.

KOZÁK, Pavel, Tomáš POLICAR a Jana RŮŽIČKOVÁ. Vyhodnocení úspěšnosti reintrodukce raků v Přírodním parku Písecké hory. In: Vykusová, Blanka. *VII. Česká ichtyologická konference. 6.-7.5.2004*, Vodňany, 2004a, s. 42-46. ISBN 80-85887-50-9.

KOZÁK, Pavel, Jana MÁCHOVÁ a Tomáš POLICAR. The effect of chloride content in water on the toxicity of sodium nitrite for spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus* Raf.). Vodňany: University of South Bohemia České Budějovice, Research institute of Fish Culture and Hydrobiology at Vodňany, 2004b. s.1-14.

KOZÁK, Pavel, Tomáš POLICAR a Zdeněk ĎURIŠ. Migratory ability of *Orconectes limosus* through a fishpass and notes on its occurrence in the Czech republic. Bulletin Français de la Pęche et de la Pisciculture, 2004c, s. 367-374. ISSN 0767-2861.

KOZÁK, Pavel, Miloš BUŘIČ a Tomáš POLICAR. The fecundity, time of egg development and juveniles production in spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) under controlled conditions. Bulletin Francais de la Pêche et de la Pisciculture. 2004d, s. 380-381. ISSN 0767-2861.

KOZÁK, Pavel, Miloš BUŘIČ a Tomáš POLICAR. The fecundity and juveniles production in spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*). Bulletin Francais de la Pêche et de la Pisciculture, 2006, s. 1171-1182. ISSN 0767-2861.

KOZÁK, Pavel, Miloš BUŘIČ a Tomáš POLICAR. *Základní principy a metody lovu raků.* Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích a Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, 2007a. 1-16 s. ISBN 80-85887-22-3.

KOZÁK, Pavel, Miloš BUŘIČ a Tomáš POLICAR. *Metodika lovu raků*. Edice metodik. Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích a Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, 2007b, č. 81, s. 10-19. ISBN 978-80-85887-65-5.

KOZÁK, Pavel, Tomáš POLICAR, Miloš BUŘIČ a Antonín KOUBA. *Základní morfologické znaky k rozlišení raků v ČR*. Edice metodik. Druhé přepracované vydání. Vodňany: VÚRH JU, 2008a. 1-27 s. ISBN 80–85887–22-3.

KOZÁK, Pavel, Miloš BUŘIČ, Antonín KOUBA a Tomáš POLICAR. *Metodika chovu raka říčního*. Edice metodik. Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích a Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, 2008b. 5-10 s. ISBN 978-80-85887-76-7.

KOZUBÍKOVÁ, Eva, Adam PETRUSEK, Zdeněk ĎURIŠ, Pavel KOZÁK, S. GEIGER, R. HOFFMANN a B. OIDTMANN. The crayfish plague in the Czech Republic - review of recent suspect cases and a pilot detection study. Bulletin Français de la Pęche et de la Pisciculture, 2006, s. 1313-1323. ISSN 0767-2861.

KOZUBÍKOVÁ, Eva a Adam PETRUSEK. Račí mor – přehled dosavadních poznatků o závažném onemocnění raků a zhodnocení situace v České republice. BulletinVÚRH Vodňany, 2009, 45 (2-3), s. 34-53. ISSN 0007-389X.

KRUPAUER, Vladimír. *Zlatý rak*. The golden crayfish. Nakladatelství České Budějovice, Czechoslovakia, 1968, s. 109.

LOHNISKÝ, Karel. Raci v našich vodách. Crayfish in our waters. *Rybářství,* 1983, č. 6, s. 128-129.

MAHOVSKÁ, Ivana. Toxicita vybranách látek na raka pruhovaného (*Orconectes limosus*). Bakalářská práce. České Budějovice: Jihočeská unuverzita, FROV, 2010, s. 39.

MATĚNA, Josef. Raci v České republice. *Rybářství*, 1995, č. 3, 72 s. ISSN 0373-675X.

PEAY, Stephanie, N. GUTHRIE, J. SPEES, E. NILSSON and P. BRADLEY. The impact of signal crayfish (Pacifastacus leniusculus) on the recruitment of salmonid fish in a headwater stream in Yorkshire, England. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems, 2009, s. 2-15.

PETRUSEK, Adam, Lenka FILIPOVÁ, Zdeněk ĎURIŠ, Ivona HORKÁ, Pavel KOZÁK, Tomáš POLICAR a Monika ŠTAMBERGOVÁ.(2006): Distribution of the invasive spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus)* in the Czech Republic: history and present. Bulletin Francais de la Pêche et de la Pisciculture, 2006, s. 903-918.

PETRUSKOVÁ, Tereza, David FISCHER, Monika STRAMBERGOVÁ, Adam PETRUSEK, a Eva KOZUBÍKOVÁ. Praktická ochrana raků. Praha: AOPK ČR, 2006, s. 13.

POLICAR, Tomáš a Pavel KOZÁK. *Výskyt raků v ČR*. Bulletin VÚRH JU Vodňany, 2000, roč. 36, č.1/2, s. 18-22.

POLICAR, Tomáš, Jana MÁCHOVÁ, Pavel KOZÁK a Blanka VYKUSOVÁ. The acute toxicity of herbicide reglone, pesticide sumithion super and standard P-Nitrophenol to juvenilie signal crayfish (*pacifastacus leniusculus* D.).

University of South Bohemia České Budějovice, Research institute of Fish Culture and Hydrobiology at Vodňany, 2001, s. 160-167.

POLICAR, Tomáš a Pavel KOZÁK. Vliv metody odlovu a ročního období na velikost a složení úlovku raka říčního (*Astacus astacus* L.) ve Svštlohorské nádrži v CHKO Šumava. Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích a Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech. Aktuality Šumavského výzkumu II.sborník referátů z konference, 2004, s. 180-184.

PÖCKL, Manfred. Distribution of crayfish species in Austria with special reference to introduced species. *Freshwater Crayfish*, 1999, 12, s. 733 – 750.

SOUTY-GROSSET, C. Introduction: The EU-Network craynet – impacts on Fundamentals questions. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 2005, s. 495-503.

SLÁDEČEK, V. Rak říční – Astacus astacus Linné. Souborný referát, 1988, 27 s.

ŠTAMBERGOVÁ, Monika, Jitka SVOBODOVÁ a Eva KOZUBÍKOVÁ. *Raci v České republice.* Metodika AOPK ČR. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2009, 255 s. ISBN 978-80-87051-78-8.

SOUKUPOVÁ, Kateřina, Jan BARTÁČEK a Magdaléna BALEJOVÁ. *Zpráva o hodnocení jakosti povrchových vod v oblasti povodí Berounky za období 2009-2010*. Praha: Povodí Vltavy, 2011, s. 29-30,33.

SVOBODOVÁ, Jitka, Monika ŠTAMBERGOVÁ, Pavel VLACH, Jiří PICEK, Karel DOUDA a Martina BERÁNKOVÁ. Vliv jakosti vody na populace raků v České republice – porovnání s legislativou ČR. *Vodohospodářské technicko – ekonomické informace.* Praha: VÚV T.G.Masaryka, 2008, roč. 50, s. 1-4. ISSN 0322-8916.

SVOBODOVÁ, Jitka, Pavel VLACH a David FISCHER. Legislativní ochrana raků v České republice a ostatních státech Evropy. *Vodohospodářské technicko – ekonomické informace*. Praha: VÚV T.G.Masaryka, 2010, roč. 52, s. 1-4. ISSN 0322-8916.

VLACH, Pavel, David FISCHER a Lukáš HULEC. Microhabitat preference of the stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*). Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems, 2009, 13 s.

Povodí Vltavy. Plán oblasti povodí Berounky. Část A, popis oblasti povodí. Praha, 2009a, s. 1-38.

Povodí Vltavy. Plán oblasti povodí Horní Vltavy. Část A, popis povodí. Praha, 2009b, s. 1-44.

TNV 75 2321. *Zprůchodňování migračních bariér rybími přechody*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2011, s. 3.

Internetové zdroje:

MAPY.CZ. 2012. [online]. [cit. 10.4. 2012]. Dostupné z WWW:

<http://www.mapy.cz/ >

ČHMÚ. 2012. Výběr profilů jakosti povrchových vod. [online]. [cit. 25.4. 2012]. Dostupné z WWW:

< http://hydro.chmi.cz/isarrow/index.php?ag=pov&tema=ch_jakdat >

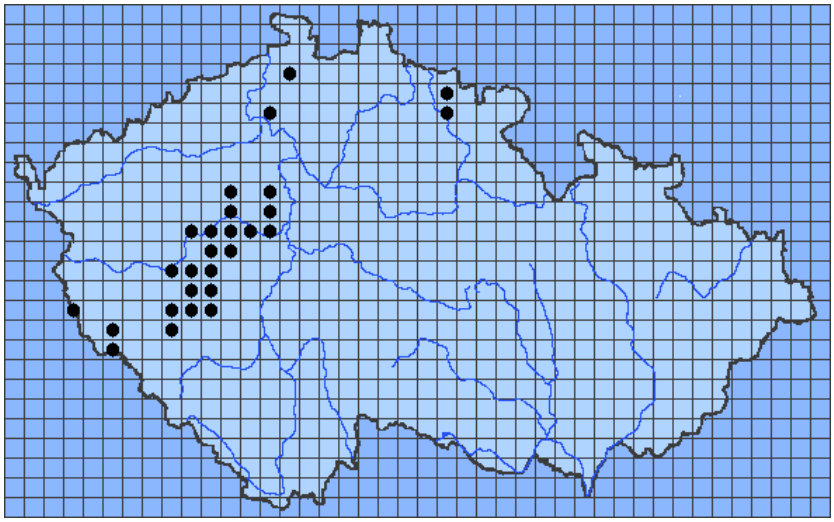
AOPK ČR. 2012. Evropsky významné lokality. [online]. [cit. 10.4. 2012]. Dostupné z WWW:

<http://www.nature.cz/natura2000-design3/sub-text.php?id=1805>

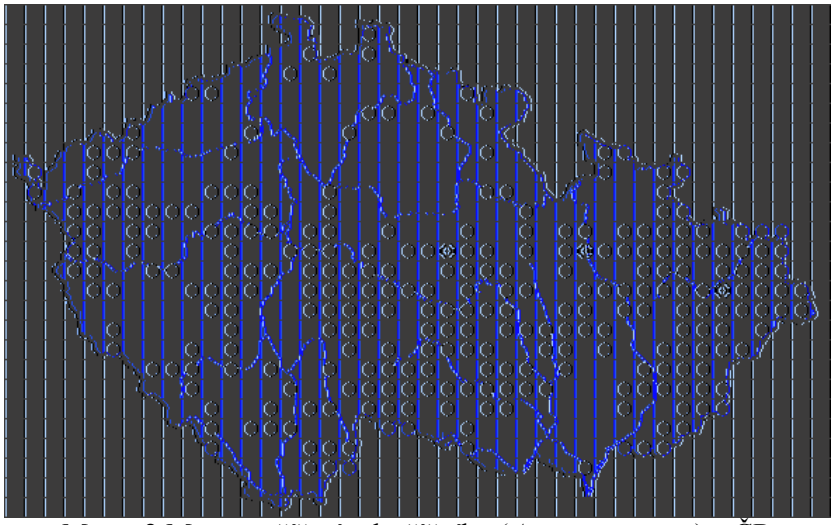
VÚV TGM. 2012. Charakteristiky toků a povodí ČR**.** [online]. [cit. 12.4. 2012]. Dostupné z WWW:

<http://www.dibavod.cz/24/charakteristiky-toku-a-povodicr.html?>

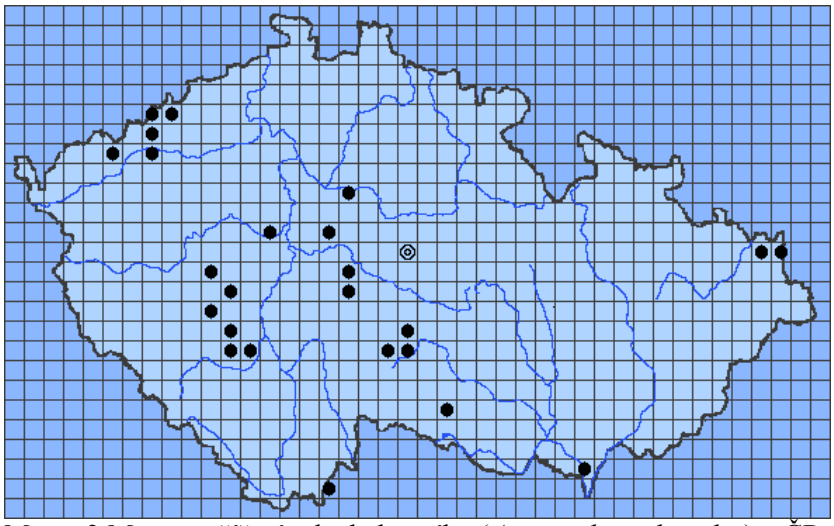
9. PŘÍLOHA



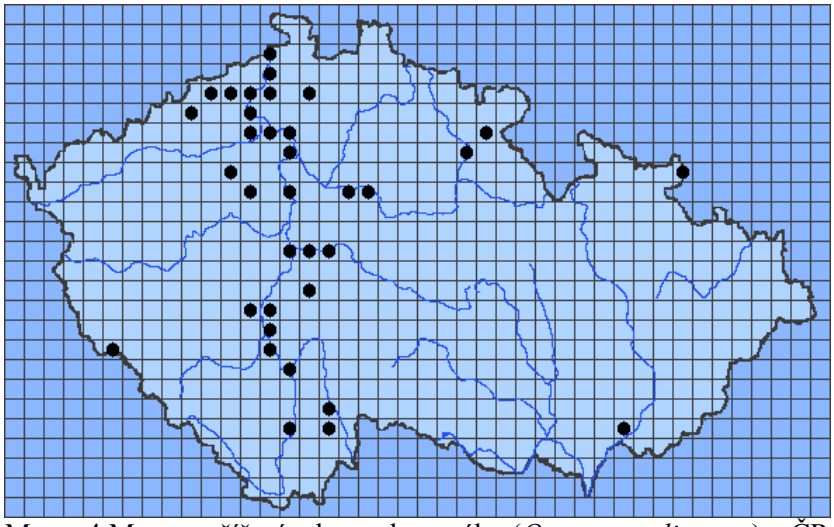
Mapa. 1 Mapa rozšíření raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) v ČR



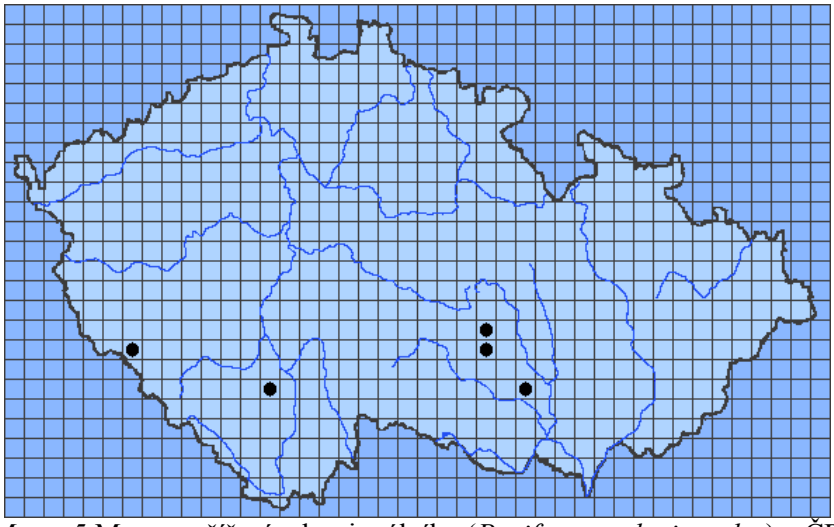
Mapa. 2 Mapa rozšíření raka říčního (*Astacus astacus*) v ČR



Mapa. 3 Mapa rozšíření raka bahenního (*Astacus leptodactylus*) v ČR



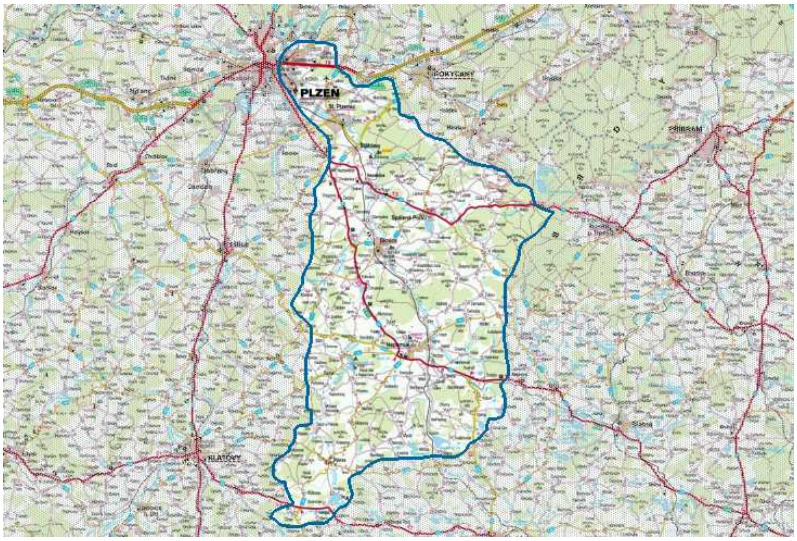
Mapa. 4 Mapa rozšíření raka pruhovaného (*Orconectes limosus*) v ČR



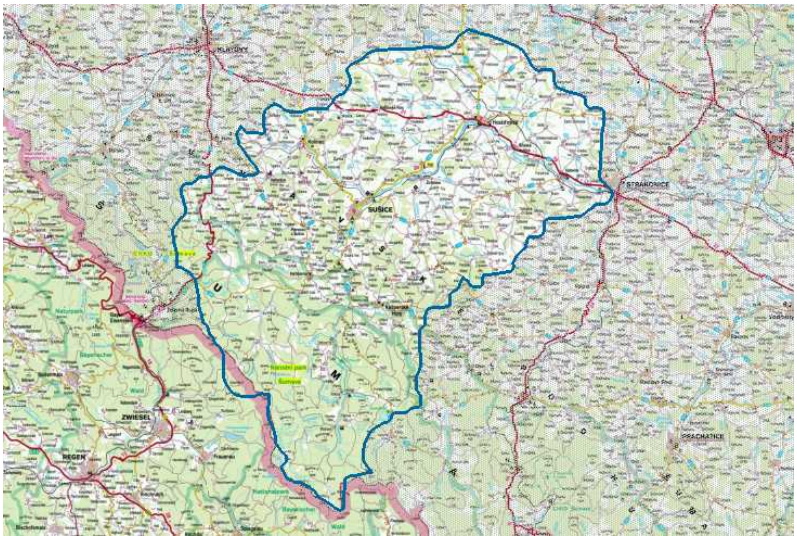
Mapa. 5 Mapa rozšíření raka signálního (*Pacifastacus leniusculus*) v ČR

Mapa 6. Povodí Úhlavy (*Úhlava po vzdutí nádrže Nýrsko*)

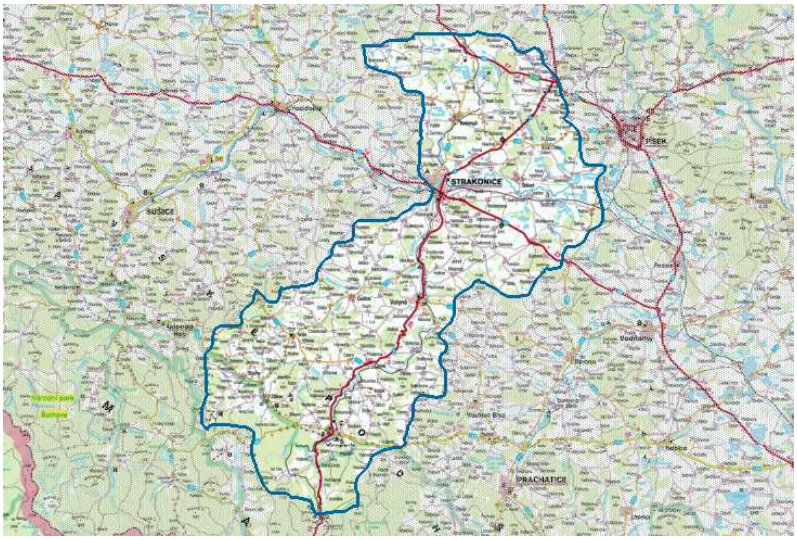
Mapa 7. Povodí Úhlavy (*Úhlava po ústí do Radbuzy*)



Mapa 8. Povodí Úslavy



Mapa 9. Povodí Otavy (*Otava po Volyňku*)



Mapa 10. Povodí Otavy (*Volyňka a Otava od Volyňky po Blanici*)