

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta**

**Vyhodnocení výskytu morfologicko-anatomických
abnormalit u ryb během vývoje rybího společenstva
zatápěné důlní jámy Chabařovice**

Diplomová práce

Bc. Eliška Kalčíková

Školitel: RNDr. Jiří Peterka, Ph.D.

České Budějovice 2015

Kalčíková, E. 2015: Vyhodnocení výskytu morfologicko-anatomických abnormalit u ryb během vývoje rybího společenstva zatápěné důlní jámy Chabařovice

[Occurrence of abnormalities in fish morphology and anatomy during the fish community succession in post mining lake Chabařovice. Mgr. thesis, in Czech.] 33 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Anotace:

Tato práce se zabývá vyhodnocením výskytu a popisu abnormalit, které se objevily u ryb v hydricky rekultivované důlní jámě Chabařovice během vývoje rybí obsádky. Při vyhodnocení byla použita data převážně z roku 2007, kdy byl výskyt největší, doplněna daty z let 2008 – 2014.

Annotation:

This thesis evaluates the occurrence of abnormalities in fish morphology and anatomy during fish community succession in post mining lake Chabařovice. It also gives description of these abnormalities. The data for this research are especially from 2007, partly supplemented by data from 2008 – 2014.

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

V Českých Budějovicích dne 23. 4. 2015

Bc. Eliška Kalčíková

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala především mému školiteli RNDr. Jiřímu Peterkovi, PhD za cenné rady při vedení této diplomové práce. Mé díky patří také všem členům FishEcU, kteří vždy ochotně odpovídali na mé dotazy, především pak MSc. Danielu Ricardovi, PhD.za pomoc se statistickým zpracováním některých dat. Dále bych chtěla poděkovat všem kamarádům a přátelům, Elišce, Janě, Ivetě, Michalovi, Ivě, Petře, rodině a především Honzovi za morální podporu.

Obsah

1	Úvod – dopady těžby na životní prostředí	1
1.1	Cíle práce	1
1.2	Hypotézy	1
2	Literární rešerše	2
2.1	Povrchová těžba uhlí – revitalizace postiženého území	2
2.2	Lokalita – jezero Chabařovice	3
2.3	Rybí obsádka jezera Chabařovice	4
2.3.1	Monitoring jezera Chabařovice	4
2.3.2	Vývoj rybí obsádky	5
2.4	Abnormality	6
2.5	Typy abnormalit u ryb	6
2.5.1	Kosterní deformity	6
2.5.2	Postižení šupin	7
2.5.3	Deformity ploutví	7
2.6	Příčiny abnormalit	8
2.7	Abnormality u ryb v jezeře Chabařovice	8
3	Metodika	10
3.1	Lokalita	10
3.2	Způsob odlovu	11
3.2.1	Tenatové sítě	11
3.2.2	Elektrolov	11
3.2.3	Plůdkové záťahové sítě	12
3.3	Laboratorní analýzy a zpracování dat	12
3.3.1	Morfometrie	12
3.3.2	Rentgenová diagnostika	14

3.3.3	Analýza šupin	15
3.3.4	Analýza výskytu	16
4	Výsledky.....	19
4.1	Výsledky morfometrie	20
4.2	Výsledky rentgenové diagnostiky.....	22
4.3	Výsledky analýzy šupin	25
4.4	Výsledky analýzy výskytu	26
5	Diskuse	29
6	Závěr.....	33
7	Zdroje	34
7.1	Literatura.....	34
7.2	Zákony	43

1 Úvod – dopady těžby na životní prostředí

Povrchová těžba nerostných surovin má destrukční vliv jednak na krajinu, ale také na flóru i faunu, která v ní žije. Navrácení krajině všech jejích funkcí (estetické, kulturní, ekonomické a především ekologické) by mělo být samozřejmostí. Jezero Chabařovice, dříve uhelná jáma Chabařovice, je prvním velkým projektem hydrické rekultivace v České republice. Na její bezproblémový průběh je kladen velký důraz. V hydricky rekultivované uhelné jámě dolu Chabařovice – dnes jezero Chabařovice, jsou od roku 2007 zaznamenávány u perlínů ostrobřichých a plotic obecných abnormality v šupinném pokryvu, objevily se i deformity na kostře tohoročních perlínů a změny barevnosti u štiky obecné. Všechny výše uvedené abnormality mohou mít příčinu v narušeném prostředí. Vzhledem k důlní minulosti lokality by se měla zvýšená pozornost věnovat cizorodým toxickým látkám, které mohou být příčinou těchto abnormalit. Tato práce se zabývá popisem mnohošupinaté formy kaprovitých ryb a snaží se odhalit závislosti výskytu abnormalit na místě výskytu a ekologických vlastnostech u druhů, u kterých se vyskytly, tak, aby se odhalil případný původce těchto abnormalit.

1.1 Cíle práce

- Zdokumentovat a popsat výskyt morfologicko-anatomických abnormalit
- Odhalit možné závislosti výskytu abnormalit s ohledem na
 - lokalitu a habitatové preference (bentické vs. pelagické habitaty a hloubkový gradient)
 - ekologické vlastnosti (kaprovité vs. okounovité)

Za předpokladu, že se nejedná o křížence a je velmi nepravděpodobný inbreeding.

1.2 Hypotézy

- Výskyt abnormalit není závislý na stanovištních preferencích ryb
- Výskyt abnormalit se projevuje bez ohledu na taxonomickou příslušnost, tzn. u všech druhů stejně, relativně jejich zastoupení ve společenstvu

2 Literární rešerše

2.1 Povrchová těžba uhlí – revitalizace postiženého území

Největší ložiska hnědého uhlí se v České republice nachází v oblasti Sokolovské a Mostecké pánve. Uhelná sloj, která je uložena v různých hloubkách (1–10 m), byla více jak 150 let intenzivně dolovaná nejdříve hlubinnou, později povrchovou těžbou (Bažant 2010).

Povrchová těžba uhlí měla v oblasti Mostecké pánve zásadní vliv jednak na krajinu, ale také na sociálně – ekonomické poměry v celé oblasti. V době největšího rozmachu těžebního průmyslu vznikalo v oblasti mnoho pracovních míst, za kterými se do oblasti stěhovalo velké množství lidí. Po úpadku dominantních průmyslových odvětví (energetika, hutnictví a těžba uhlí) se Podkrušnohoří stalo společně s Ostravským a Moravskoslezským krajem oblastí s největší nezaměstnaností a nejmenší mírou ekonomického rozvoje v České republice (Vráblíková et al. 2009).

Od roku 1991 byly pro oblast Mostecké pánve uloženy limity pro těžbu, která byla definitivně ukončena roku 1997 vládním usnesením (Kroupa 2012). V současné době provozují v oblasti těžbu uhlí dvě společnosti, Mostecká uhelná a. s., provozující doly ČSA a Vršany, a Severočeské doly a. s., které provozují doly Libouš a Bílina (Vráblíková et al. 2008).

Těžba v dole Chabařovice začala v roce 1977, kdy se těžba přesunula z oblasti lomu Barbora a znamenala zánik několika obcí a silné narušení krajiny. Při povrchové těžbě uhlí došlo ke změně hydrologických poměrů, byla zničena přirozená stanoviště i migrační trasy, čímž byla intenzivně narušena celá biosféra (Vráblíková et al. 2008).

Povinnost rekultivovat vychází z Horního zákona (zákon č. 44/1988 Sb. o ochraně a využití nerostného bohatství), ve kterém je uložena povinnost ponechat si pro pozdější rekultivace finanční rezervu. Podle zákona č. 334/92 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu je nezbytné po ukončení těžby vrátit půdě její původní funkci (Vráblíková et al. 2008).

Z výše uvedených důvodů je zřejmé, že rekultivace oblastí po těžbě je nezbytná, aby byla krajině navracena její estetická, ekologická a sociálně - ekonomická funkce. Pro efektivní využívání je důležité, aby tyto oblasti byly užívány k novým činnostem, např. rekreace, turistika, rybolov, sportovní využití (Pecharová et al. 2004).

V České republice je nejpoužívanějším způsobem rekultivace lesnická rekultivace, která se používá především na takových lokalitách, kde není možné použít zemědělskou rekultivaci (Kryl et al. 2002).

Vzhledem ke skutečnosti, že Mostecká pánev byla před těžbou zamokřena, bylo hlavním cílem navrátit do krajiny vodní plochy, a proto byla jako hlavní způsob rekultivace zvolena rekultivace hydrickou cestou (Havel et al. 2010).

Při hydrické rekultivaci vznikají na místě těžby vodní plochy, které se tvarem a průběhem sukcese nijak neliší od přirozených jezer. V porovnání s ostatními způsoby rekultivace je ta hydrickou cestou nejméně finančně náročná. Ve většině případů se v budoucnu počítá s rekreačním a sportovním využitím těchto jezer (Šípek 2006). Právě z důvodu pozdějšího rekreačního využití se klade velký důraz na kvalitu vody, která do jezera přitéká (Kryl et al. 2002; Svoboda 2000).

Vznik důlních jezer musí projít schvalovacím procesem EIA, poté se teprve může přistoupit k sanaci břehů a dna překrytím nepropustnou fólií, utěsněním dna apod. Po sanaci se přistupuje k dotvarování břehové čáry budoucího jezera. Teprve poté může začít samotné napouštění jámy vodou (Svoboda 2000).

2.2 Lokalita – jezero Chabařovice

Jezero Chabařovice, které je teď nově častěji označováno jako jezero Milada, se nachází v oblasti Mostecké pánve, v části Krušnohorské soustavy. Oblast, především Chomutovsko-mostecko-teplická pánev, je nejdůležitější hnědouhelnou oblastí v ČR o rozloze asi 1400 km². Tato sloj vznikla propadem a zaplavováním oblasti ve spodním miocénu (Kvaček et al. 2004).

První návrhy hydrické rekultivace dolu Chabařovice pocházejí již z první poloviny 90. let (Ťuk 2008). V roce 2000 bylo vydáno Okresním úřadem Ústí nad Labem územní rozhodnutí a schválen dokument „Komplexní revitalizace území dotčeného těžební činností Palivového kombinátu Ústí, s.p.“ Tento dokument počítal s převahou hydrické rekultivace na území dolu Chabařovice (Kroupa 2012). Před samotným napouštěním, které bylo zahájeno 15. 6. 2001 bývalým požárním vodovodem z nádrže Kateřina (Ťuk 2008), bylo nutné utěsnit dno a upravit kamenným zásypem svahy tak, aby odolávaly vlnobití. Na místech určených k rekreaci (severní a západní část jezera), byly svahy upraveny pro snadnější přístup do vody (Kroupa 2012). K ochraně břehů a dna byla použita kombinace geotextílie a hydroosevu (Ťuk 2008). Aby se předešlo nadměrnému průtoku jezerem, byla vybudovaná síť potrubí k odvádění a přivádění vody a bylo přeloženo koryto Modlanského potoka (Přikryl, Havel 2010). Pro další rekreační účely bylo okolí jezera Chabařovice ošetřeno lesnickou rekultivací (Kroupa 2012).

Velkým problémem jsou sesuvy svahů téměř po celém obvodu jezera. Proto byla provedená stabilizační opatření spočívající ve vybudování systému odvodnění, pilotních stěn a jiných svahových úprav (Kroupa 2012).

2.3 Rybí obsádka jezera Chabařovice

2.3.1 Monitoring jezera Chabařovice

Vývoj rybí obsádky byl monitorován již od roku 2001 pracovníky Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích a Ústavu biologie obratlovců AV ČR v Brně (Ťuk 2008, Kubečka et al. 2006, Vlasák et al. 2002). Vzorkování probíhalo zejména v litorálních habitatech plůdkovými zátahovými sítěmi a bentickými tenatovými sítěmi a neprobíhalo normovanou vzorkovací metodou. Metody odlovu se navíc v průběhu let měnily, nejsou proto pro interpretaci vývoje rybí obsádky příliš vhodné (Peterka et al. 2012).

Od roku 2005 provádí komplexní průzkumy rybí obsádky pracovníci Hydrobiologického ústavu Biologického centra Akademie věd ČR. Komplexní průzkumy probíhaly a probíhají na konci léta, nebo začátkem podzimu, nejčastěji v září. Ty zahrnují především průzkum všech habitatů jezera, a to mnohoočkovými tenatovými sítěmi, odlov plůdkového společenstva zátahovými a vlečnými sítěmi a hydroakustický průzkum vědeckými echoloty. V některých letech proběhl i přímý vizuální průzkum, nebo noční adultní zátahy. Cílem prováděných průzkumů jezera je zmapovat stav rybí obsádky a navrhnout opatření, kte by pomohla udržet oligotrofní ráz jezera (Kubečka et al. 2007).

Nejintenzivnější komplexní průzkum proběhl v roce 2007. Velká pozornost se při tomto průzkumu soustředila na sledování výskytu tzv. mnohošupinatých forem perlína. Několik desítek mnohošupinatých ryb bylo zafixováno formaldehydem pro podrobnější morfologickou analýzu (Peterka et al. 2008). Použity byly, mimo standartní vzorkování tenatovými sítěmi, i další metody (zátahové sítě, vlečné sítě, elektrolov, vězence i vizuální průzkum).

2.3.2 Vývoj rybí obsádky

Na počátku komplexních průzkumů, tedy v roce 2005, byla litorální společenstva převážně zastoupena perlínem ostrobřichým, který představoval většinu úlovku, a jeho množství se v porovnání s předchozím mapováním výrazně zvýšilo. Jeho masivní výskyt není pro velké vody příliš častý a byl pravděpodobně umožněn imigrací z přítoku a větším množstvím rostlinného substrátu, ve kterém se perlín tře. Stálou součástí úlovku byly také plotice obecná, v malém množství i candát obecný (*Sander lucioperca*), cejnek malý (*Blicca bjoerkna*), bolen dravý (*Leuciscus aspius*), a ježdík obecný (*Gymnocephalus cernuus*). Většina ryb byla starší než stáří jezera, a je proto pravděpodobné, že se ryby do nádrže dostaly z přítoků (Kubečka et al. 2006).

V roce 2005 vykazovala rybí obsádka neharmonické věkové složení, typické pro okounovou fázi vývoje nádrže. Při neharmonickém věkovém složení dominuje jeden, popřípadě několik ročníků okouna a predací kontroluje stavy mladších ročníků. Po několika letech tento dominantní ročník zestárne a přestane být schopný predací snižovat populaci mladších ročníků, vznikne tak další silný ročník a situace se opakuje (Kubečka 1993). V některých případech může dojít k tzv. kolapsu okounové fáze, a to když místo dalšího dominantního ročníku okouna nastoupí dominantní ročník kaprovitých druhů ryb (plotice obecné, cejna velkého, oukleje obecné), které mají stabilnější populaci bez cyklování. Pro jejich negativní vliv na kvalitu vody, ale nejsou v nádržích určených k rekreačním účelům vhodné (Peterka et al. 2012). Kolaps okounové fáze a nástup kaprovité se díky biomelioračním (odstraňování nežádoucích druhů ryb) a biomanipulačním zásahům (vysazováním dravých druhů ryb – štiky obecné a candáta obecného) podařil zpomalit (Peterka et al. 2012).

Úspěšná reprodukce dravých ryb v jezeře byla zaznamenána v roce 2007 a od té doby se od dalšího vysazování těchto ryb upustilo (Peterka et al. 2011).

V letech 2007 – 2009 došlo ke kolapsu populací všech tří nejvýznamnějších druhů, starší ročníky ryb vymřely a byly nahrazeny novými. To potvrdil i vizuální průzkum, při kterém byly zaznamenány mrtvé ryby na dně jezera. V roce 2007 se navíc objevilo větší množství plůdku, který tak potvrdil nástup nových ročníků. Na rozdíl od perlína a plotice jevil okoun pomalý nástup těchto nových ročníků s malým přežíváním do staršího věku. Postupně tak okoun ztratil dominantní zastoupení v dnových habitatech a stabilizace okounové fáze se doposud zcela nezdařila (Peterka et al. 2012, Peterka et al. 2013).

Rybí společenstvo jezera Chabařovice se v průběhu vývoje zformovalo do rybiho společenstva s převahou pěti druhů ryb – okouna říčního (*Perca fluviatilis*), štiky obecné (*Esox*

lucius), sumce velkého (*Silurus glanis*), perlína ostrobřichého (*Scardinius erythrophthalmus*) a plotice obecné (*Rutilus rutilus*), a příležitostným či doplňkovým výskytem dalších pěti druhů ryb a jednoho křížence (Peterka et al. 2012).

2.4 Abnormality

Ryby jsou často, díky svému vysokému postavení v trofické úrovni a tedy vysoké schopnosti bioakumulace cizorodých toxických látek, používány jako bioindikátory stavu prostředí. Případné zatížení prostředí, v němž žijí, se u nich navíc projevuje již při nízkých koncentracích škodlivých látek v prostředí a změny jsou na první pohled lehce odhalitelné (Andrade et al. 2004). Reakcí na tato znečištění mohou být různé typy abnormalit, které mohou vést, ať už přímo nebo nepřímo, ke smrti, nebo znemožňují jedinci dobré prospívání (Boglione et al. 2001; Issa 2008).

Abnormality ve formě deformit páteře či čelistí, poškození skřelí, zdvojených ploutví, deformit hlavy a očí (Al-Harbi 2001; Bruno 1990; Cunningham et al. 2005; Issa, 2008) byly zaznamenány u různých druhů ryb (Easa et al. 1989). Vedle polutantů mohou být ale příčinou abnormalit také genetické procesy, parazitismus, nebo například nedostatek vitamínů (Koumoundouros et al. 1997; Orska 1962).

2.5 Typy abnormalit u ryb

2.5.1 Kosterní deformity

Mezi kosterní deformity patří lordóza, kyfóza, skolióza (Boglione et al. 2001; Eissa et al. 2009), malformace obratlů (Boglione et al. 2001; Mehrdad et al. 2011; Yershov 2008), abnormality čelistí (Costa, Peneda 1989; Mehrdad et al. 2011), microcefálie (zakrnělý růst hlavy) (Shah 1984).

Přesný původ kosterních abnormalit se podařilo odhalit při laboratorních experimentech, kdy bylo okounovcům mozambickým (*Oreochromis mossambicus*) podáváno krmivo s přísadkou metyltestosteronu (Clemens, Inslee 1968), samcům okounovce nilského (*Oreochromis niloticus*) bylo před třením injekčně podáno 50 mg methyl-methansulfonátu (Shah 1984) a také u ryb, které byly záměrně infikovány plísní *Aspergillus ochraceus* (Eissa et al. 2009).

Mimo laboratorní prostředí nebyl přesný původ abnormalit prokázán. Jako možné příčiny se v literatuře vyskytují: polutanty, nedostatek živin, genetická porucha, nebo fyzikální vlivy prostředí (tepelný šok, proud působící na vyvíjející se zárodky) (Milton 1971; Vogel 2000). Kosterní abnormality se často objevují v průmyslových oblastech (Costa, Peneda 1989), v řekách, které jsou znečištěné odpadními vodami, nebo splachy ze zemědělství s výskytem pesticidů, dioxinů, polychlorovaných bifenylnů nebo těžkých kovů (Sun et al. 2009).

Jedním z typů kosterních abnormalit jsou abnormality ve vývoji čelisti. Patří mezi ně obrácená ústa (Shah 1984), deformace spodní čelisti (Clemens, Inslee 1968), nebo vyčnívající čelist (Sun et al. 1998, 2009; Tave et al. 2011). Tyto abnormality mají různý původ. Byly například nalezeny u ryb ze znečištěných řek na Tchaj-wanu (vyčnívající čelist), nebo se objevily po podání steroidů samcům před pářením (deformace čelisti).

2.5.2 Postižení šupin

Šupinné abnormality se vyskytují v několika variantách, šupiny mohou buďto chybět úplně (Yamamoto 1977), jsou větší nebo menší než je jejich běžná velikost (Tomita 1992), mají větší poloměr zakřivení, nebo není v pořádku šupinný vzorec (Browder et al. 1993). V takovém případě jsou šupiny obráceny dorzálně nebo ventrálně oproti normálnímu směru růstu (Corrales et al. 2000; Jawad, Al-Mamry 2011). V některých případech se vyskytuje nepravidelné vykreslení postranní čáry, které se vyskytuje společně s deformitou páteře (Bereither-Hahn, Zylberberg 1993), nebo tzv. siamské (zdvojené) šupiny, které jsou tvořeny ze dvou samostatných celků k sobě přirostlých (Jawad 2005).

2.5.3 Deformity ploutví

Deformity ploutví byly pozorovány u tilápií modrých (*Oreochromis aureus*) z řeky St. John na Floridě a okounovce nilského. U těchto typů deformit chybí rybám ploutev úplně, nejčastěji prsní, ale i hřbetní, řitní, či břišní, nebo jim chybí u hřbetní ploutve pouze jeden nebo druhý tvrdý paprsek (Guilherme 1992, Pasnik et al. 2007)

Chybějící ocasní násadec, celá ploutev nebo její deformace byla zaznamenána u okounovce nilského, tito jedinci měli jen 26 obratlů a posledních šest obratlů bylo deformovaných (Tave et al. 2011).

2.6 Příčiny abnormalit

V mnoha publikacích se diskutuje možný původ kosterních i jiných deformit, ale jejich přesná příčina nebyla zatím odhalena. Jako nejpravděpodobnější příčiny se často objevují přítomnost těžkých kovů (arsenu, kadmia, mědi, olova, rtuti, nebo zinku) (Bengtsson 1975); přítomnost organofosfátů (Mount, Stephen 1967), organochlorovaných látek (Couch et al. 1977); přítomnost mykotoxinů a mykóz, (Couch et al. 1977; Decostere et al. 2004; Eissa et al. 2009 Halver et al. 1969; Hilger et al. 1991; Noga et al. 1988;); genetické příčiny (Tave et al. 1982); bakteriální infekce (Decostere et al. 2004, Pasnik et al. 2007); nedostatek vitamínů, především vitamínu C (Dabrowski et al. 1988) nebo naopak jejich nadbytek, například přítomnost většího množství vitamínu A (Lim, Lovell 1978); vážná zranění (Gunter, Ward 1961; Møllergaard, Bagge 1998); silný proud, nebo náhlá změna teploty v průběhu raného vývoje (Backiel et al. 1984); parazité jako například žahavci z rodu *Myxobolus cerebralis* (Treasurer 1992); nebo onemocnění způsobené *Icthyophonus hoferi* (Bailey 2004); či inbreeding (Ponyton 1987).

K objasnění příčin abnormalit byl plůdek dánía pruhovaného (*Danio rerio*) vystaven sedmi různým polycyklickým aromatickým uhlovodíkům. U tohoto plůdku se po vystavení chemikáliím objevila deformace hrudníku a ocasu. Byl pozorován i plicní edém či srdeční vady a prokazatelně byl plůdek menšího věku (Tave et al. 2011).

2.7 Abnormality u ryb v jezeře Chabařovice

Od roku 2007 jsou v jezeře opakovaně zaznamenán výskyt perlínů (Obr. 1) a v menším množství i plotic (Obr. 2) se zmnoženým šupinným pokryvem tzv. mnohošupinaté formy (Kubečka et al. 2007, Peterka et al. 2010). V roce 2007 byl tento výskyt poměrně častý, až 11,5 % a poté došlo k téměř úplnému vymizení této abnormality a opětovně byla zpozorována až v roce 2012.



Obr. 1.: Srovnání mnohošupinné (vlevo) a normální formy perlína ostrobřichého.



Obr. 2.: Plotice se zmnoženým šupinným pokryvem.

Kromě abnormalit v šupinném pokryvu se v jezeře objevilo v roce 2009 větší množství tohoročních jedinců s křivicí (Obr. 3 a 4) a zaznamenáván je také opakovaný výskyt odchylek ve zbarvení štik tzv. cyanózní štiky (*Esox lucius*), tedy jedinců s nápadně modrozeleným zbarvením těla (Obr. 5 a 6).

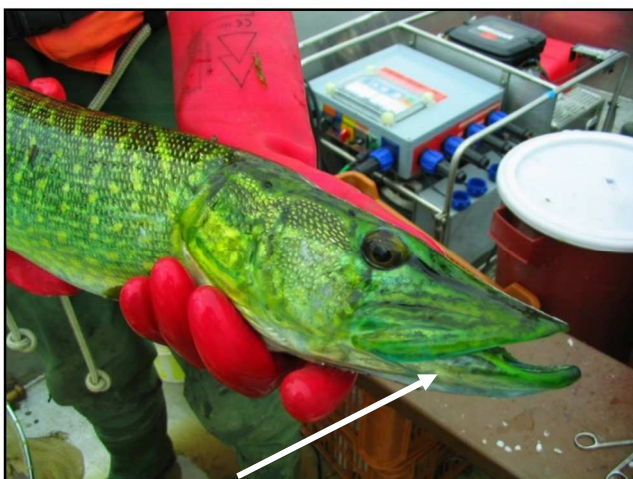
U mnohošupinatých forem nebylo molekulárně-genetickou analýzou prokázáno mezidruhové křížení (Piálek, Říčan 2009). Vzhledem k důlní minulosti jezera a poměrně častým případům výskytu abnormalit vyvolaných z prostředí nalezených v literatuře, se jako možná příčina abnormalit nabízí cizorodé toxické látky.



Obr. 3.: Tohoroční jedinec perlína s křivicí páteře.



Obr. 4.: Tohoroční jedinec perlína s křivicí páteře



Obr. 5.: Štika s modrozeleným zbarvením (cyanózní štika) z roku 2007.



Obr. 6.: Štika s modrozeleným zbarvením (cyanózní štika) z roku 2012.

3 Metodika

3.1 Lokalita

Vzorky mnohošupinatých ryb pocházejí z jezera Chabařovice, které se nachází na místě bývalého dolu poblíž města Ústí nad Labem (cca 5 km). Jezero vzniklo řízenou a biologicky monitorovanou hydričnou rekultivací. Jeho průměrná hloubka je 14,1 m, plocha 245,9 ha a objem 35,7 milionů m³.

Kontrolní vzorky perlinů pak pocházejí z vodárenských nádrží Nýrsko, Klíčava, Želivka a Lázeckého rybníka.

Nádrž Nýrsko se nachází v podhůří Šumavy nedaleko obce Nýrsko. Stavba nádrže byla dokončena roku 1969 a slouží jako zdroj pitné vody. Délka nádrže je 3,4 km, plocha 142 ha, objem 1 mil. m³ (Šimice 2010) S ohledem na lokalitu, ve které se nádrž nachází a také na využití této nádrže jako zdroje pitné vody, se předpokládá, že je velmi nepravděpodobné zatížení cizorodými toxickými látkami. Z tohoto důvodu byla nádrž vybrána jako zdroj kontrolní skupiny ryb.

Ze stejného důvodu byla pro odlov ryb vybrána i nádrž Klíčava, která se nachází ve středních Čechách a která byla postavena v 50. letech jako zdroj pitné vody. Maximální hloubka nádrže je 35 m, průměrná 13 m (Pivnička 1992).

Další nádrž, ve které byly provedeny odlovy pro kontrolní skupinu ryb, je nádrž Želivka, která leží jižně od Prahy. Nádrž vznikla mezi léty 1970 až 1974 jako zdroj pitné vody pro Prahu, v současné době má plochu 1400 ha (Kružíková et al. 2011).

Poslední lokalitou odlovu byl pak Lázenský rybník, který se nachází na horním toku Litavky. Objem rybníka je 0,83 mil. m³ a plocha 15,5 ha. Rybník byl vybudován mezi léty 1818-1822 jako zásobárna vody pro doly a hutě.

3.2 Způsob odlovu

3.2.1 Tenatové sítě

Odlovy v jezeře Chabařovice probíhaly v průběhu standartního komplexního průzkumu prováděného Hydrobiologickým ústavem Akademie věd ČR každoročně na přelomu srpna a září. V roce 2007 proběhly odlovy tenatovými sítěmi v srpnu (Peterka et al. 2008). Byly k nim použity standardní nordické tenatové sítě (ČSN 75 7708 2005) umístěné vždy před soumrakem do bentických a pelagických habitatů. Vytaženy pak byly po rozednění. Vzorkování probíhalo v hloubkových vrstvách 0 – 3, 3 – 6, 6 – 9 a 9 – 15 m na dvou až čtyřech lokalitách, v severní, jihovýchodní, jihozápadní a střední části jezera. Základní stavební jednotkou každé sítě je 2,5 m dlouhé bloky z tenatoviny s očky o různých velikostech. V každé tenatové síti je k sobě našito 16 panelů velikostí oček od 5,5 do 135 mm, které jdou po sobě v náhodném pořadí. Jednotlivé panely jsou dlouhé 40 m a jsou k sobě připojeny 30 m dlouhou šňůrou, tvoří tak sadu o délce 250 m.

3.2.2 Elektrolov

Odlov elektrickým proudem proběhl v roce 2007 během červnového a srpnového průzkumu. K lovu pomocí elektrického proudu byla použita speciální elektrolovná loď (pramice s elektrickým agregátem EL65 II GI f. Hans Grassl produkujícím 300-600 V stejnosměrný a 600 V pulzní proud o intenzitě 3-9 A).

3.2.3 Plůdkové záťahové síť

Tohoroční ryby byly v roce 2009 loveny záťahovou sítí ze silikonového tylu s velikostí oček 1 x 1,35 mm o délce 10 m a výše 2 m. Síť byla rozdána ve vzdálenosti 10 m od břehů a pomocí 10 metrů dlouhých lan byla přitažena ke břehu. Touto metodou byla prolovená plocha 100 m² Plůdkové záťahy byly provedeny po 21. hodině a proběhlo celkem 20 záťahů po celé délce břehu jezera (Peterka et al. 2010).

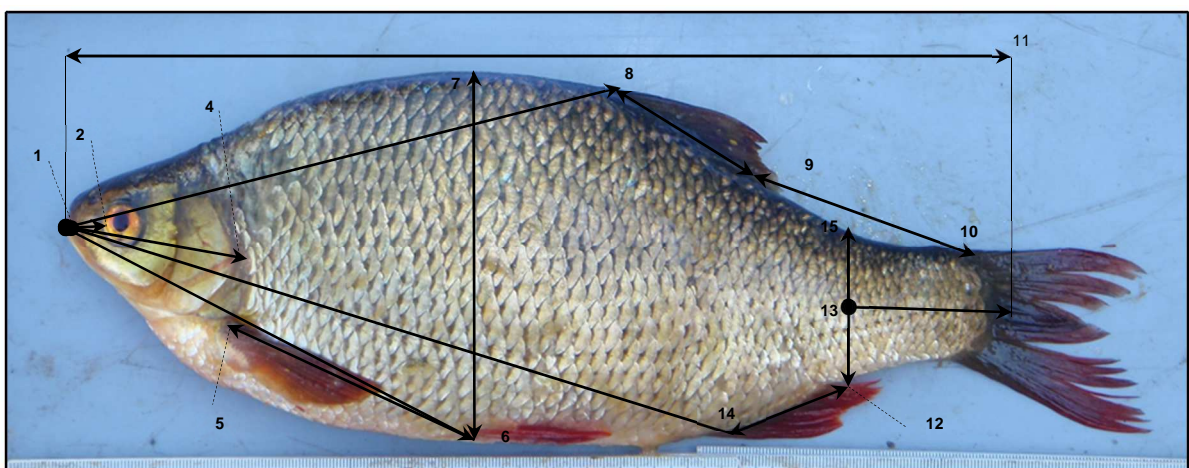
3.3 Laboratorní analýzy a zpracování dat

3.3.1 Morfometrie

Pro vyloučení případného mezidruhového křížení a popisu abnormalit byla v laboratoři provedena morfometrická analýza perlínů z jezera Chabařovice. Ryby z jezera Chabařovice byly na základě vizuálních odlišností - zmnožené šupiny, zmenšené šupiny a nepravidelnosti v rozmístění šupin do dvou skupin. První skupinu tvořily ryby s projevem mnohošupinatosti (celkem 21 jedinců – 14 ryb pocházejících z odlovu tenatovými sítěmi v roce 2007, 5 jedinců bylo odloveno v roce 2008 a 2 jedinci jsou z elektrolovu v roce 2014). Druhou skupiny pak tvořily ryby bez projevu této abnormality (34 ryb bez zjevných šupinných abnormalit – 14 ulovených ryb tenatovými sítěmi v roce 2007, 19 ryb pocházelo z tenatových sítí z roku 2008, 1 jedinec byl odloven elektrolovem v roce 2014) a perlínů nalovených v jiných nádržích (47 jedinců). Ryby byly měřeny pomocí odpichovátka a takto získané hodnoty byly přeneseny na milimetrovou stupnici.

Celkem bylo měřeno 11 rozměrů na těle ryby a byly počítány šupiny nad, v a pod postranní čárou, a tvrdé a měkké paprsky řitní ploutve (Obr. 7) na 129 jedincích perlína ostrobřichého. Naměřené údaje byly zaznamenány do tabulky.

- Délka těla (*Longitudo corporis*) (Obr. 1.: 1–11): vzdálenost od rypce po konec ošupení na kořeni ocasu.
- Výška těla (*Altitudo corporis*) (Obr. 1.: 6–7): délka svislice od báze břišní ploutve nahoru.
- Délka hlavy (*Longitudo capitis*) (Obr. 1.: 1–4): od vrcholu rypce po konec skřelí.
- Předhřbetní vzdálenost (*Distantia praedorsalis*) (Obr. 1.: 1–8): vzdálenost mezi rypcem a bází hřbetní ploutve.
- Předbřišní vzdálenost (*Distantia praeventralis*) (Obr. 1.: 1–6): vzdálenost od vrcholu rypce po bázi břišní ploutve.
- Předřitní vzdálenost (*Distantia praeanalís*) (Obr. 1.: 1–14): vzdálenost mezi vrcholem rypce a bází řitní ploutve.
- Vzdálenost insercí párových ploutví (*Distantia inter*) (Obr. 1.: 5–6).
- Délka ploutve hřbetní (*Longitudo pinnae dorsalis*) (Obr. 1.: 8–9).
- Délka ploutve řitní (*Longitudo pinnae analis*) (Obr. 1.: 12–14).
- Délka ocasního násadce (*Distantia pedunculi caudae*) (Obr. 1.: 11–18): délka od báze řitní ploutve (přibližně vprostřed ocasního násadce) do konce šupinného pokryvu.
- Výška ocasního násadce (*Altitudo pedunculi caudae*) (Obr. 1.: 12–15): je měřena v místě báze řitní ploutve.
- Počet šupin nad postranní čárou.
- Počet šupin pod postranní čárou.
- Počet šupin v postranní čáře.
- Počet měkkých a tvrdých paprsků v řitní ploutvi (Baruš, Oliva 1995).



Obr. 7.: Schéma měření morfologických znaků na příkladu mnohošupinatého jedince perlína ostrobřichého.

Aby se zabránilo zkreslení výsledku z důvodu rozdílnosti v délkách těl (*longitudo corporis*) ryb jednotlivých skupin (ryby z jezera M a ryby z kontrolní skupiny), byly do analýzy zahrnuty pouze ryby z kontrolní skupiny, jejichž délka těla byla větší než 200 mm. Ke statistické analýze bylo proto použito pouze 102 jedinců. Naměřené hodnoty byly vztaženy k délce těla (*longitudo corporis*) a byla ověřena normálnost dat pomocí Shapiro–Wilkova testu. Relativní data plastického měření, vztažena na délku těla, byla transformována arcsinovou transformací, data o meristických znacích a délka těla byla transformována logaritmicou transformací a vyhodnocena pomocí programu STATISTICA 10 a Canoco 5. Pro otestování zdali se jednotlivé skupiny ryb (mnohošupinné ryby z jezera Chabařovice, nemnohošupinné ryby z jezera Chabařovice a ryby z kontrolní skupiny mezi sebou liší v morfometrii byla provedena mnohorozměrná analýza – redundanční analýza (RDA) (Lepš, Šmilauer 2003). Dále byla provedena analýza variance (Anova) k testování délek těl ryb a pro ostatní data o morfologii ryb byla provedena analýza kovariance (AnCova), kde nám jako vysvětlující proměnné složila délka těla ryb a skupina ve které se jedinec nachází (Chabařovice mnohošupinné, Chabařovice normální, kontrolní skupina). Analýza variance byla provedena s 5 % hladinou významnosti a z důvodu Bonferroniho korekce hladiny významnosti byly analýzy kovariance provedeny s 0,3 % hladinou významnosti.

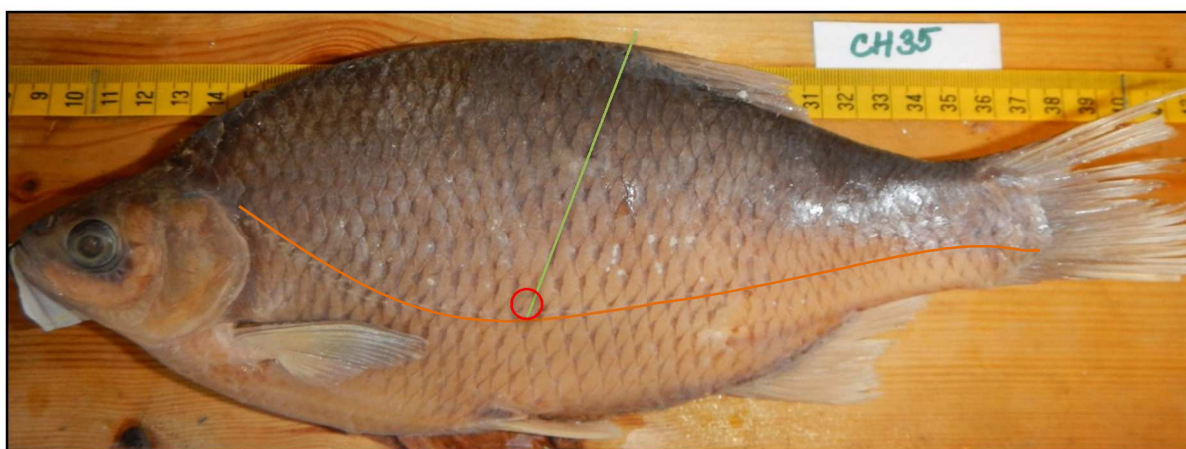
3.3.2 Rentgenová diagnostika

Pro odhalení kosterních deformit u mnohošupinných ryb byly pořízeny rentgenové snímky s použitím rentgenového přístroje Gierth RHF 200 M v ordinaci MVDr. Ladislava Lapáčka a v ordinaci MVDr. Vladimíra Vavřína. Zrentgenováno bylo 10 náhodně vybraných ryb z nádrže Nýrsko a 25 kusů náhodně vybraných ryb z jezera Chabařovice, které byly odloveny v roce 2007 – 15 ryb bez výskytu abnormalit a 16 mnohošupinných perlínů. Po vyvolání snímků byly snímky zdigitalizovány a poslány Mgr. Oldřichu Říčanovi, Ph.D. k podrobné analýze.

3.3.3 Analýza šupin

Při morfometrickém měření byly rybám na levém boku pod postranní čárou odebrány šupiny k určení věku ryb. Věk byl určen u ryb z jezera Chabařovice a u ryb z nádrže Nýrsko a Klíčava. Pod mikroskopem byla pozorována rozhraní mezi letním a zimním přírůstkem tzv. anuly. Počet anulů v šupině představuje věk ryby (Jůza 2003). Při určování věku by bylo možné zachytit i případné změny v morfologii šupin.

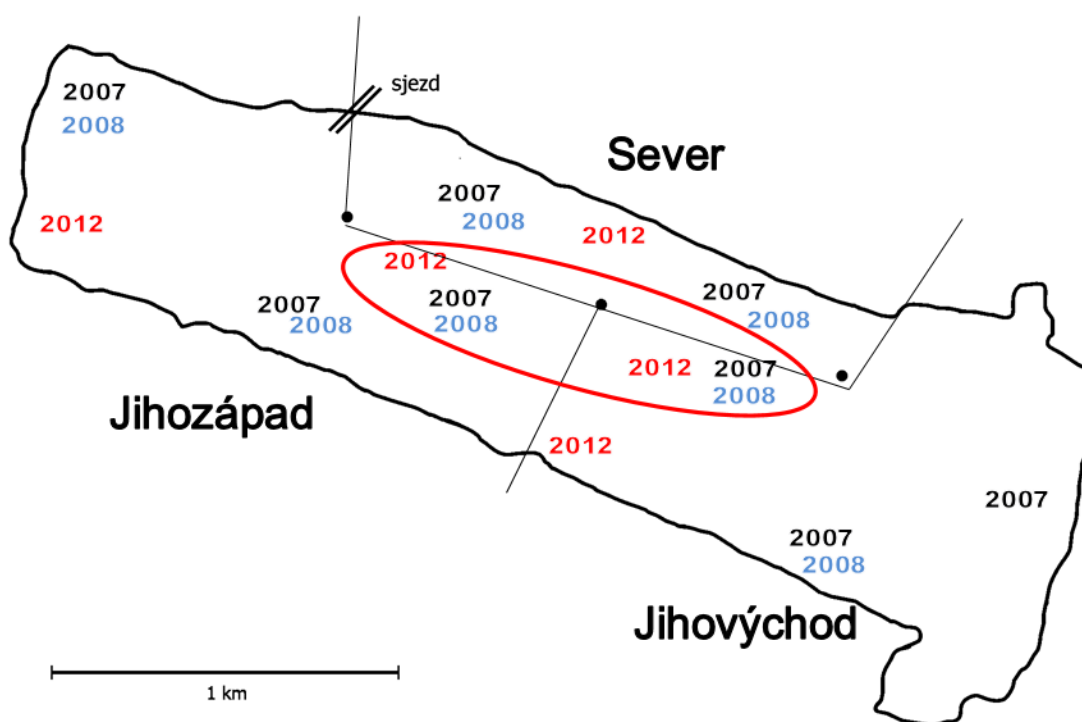
U 10 mnohošupinných ryb na jezeře Chabařovice a deseti jedinců bez zmnoženého šupinného pokryvu byla odebrána poslední šupina nad postranní čárou u spojnice hřbetní ploutve postranní čára (Obr. 8.) a bylo provedeno měření velikosti šupin. U šupin byl měřen poloměr šupiny, tedy vzdálenost od středu anulů k největšímu výběžku. Velikost šupin byla porovnána pomocí analýzy kovariance (AnCova), jako pomocná vysvětlující proměnná byla v tomto případě použita délka těla a zda se jedná o ryby mnohošupinné nebo nemnohošupinné. Celá analýza byla provedena v programu Statistica 10.



Obr. 8.: Schéma místa odběru šupiny (červeně) na postranní čáře (oranžově) na příkladu mnohošupinatého jedince perlína ostrobřichého.

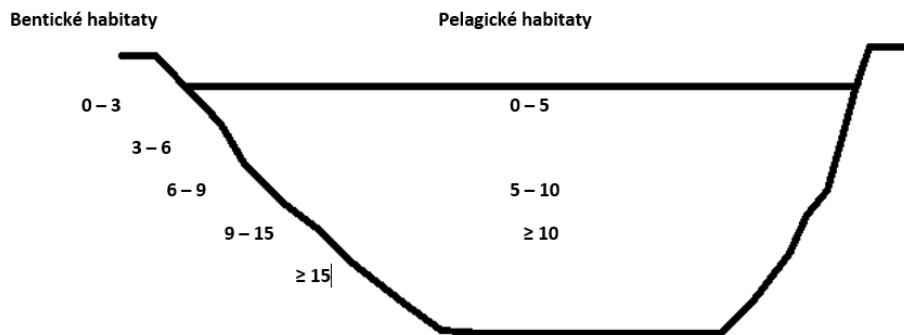
3.3.4 Analýza výskytu

Pro odhalení možné závislosti výskytu šupinných abnormalit na lokalitě či hloubce byla zpracována data z terénních protokolů. K analýze závislosti výskytu abnormalit na lokalitě byla použita data z tenatových sítí z odlovů z roku 2007 a 2008, kdy byly lokality odlovů stejné (Obr. 9). Pro účely této analýzy byla data rozdělena podle místa výskytu do 4 částí: jihovýchodní, jihozápadní, jižní a střední část jezera Chabařovice, která zahrnuje pelagické odlovy (v mapě zakroužkováno červeně).



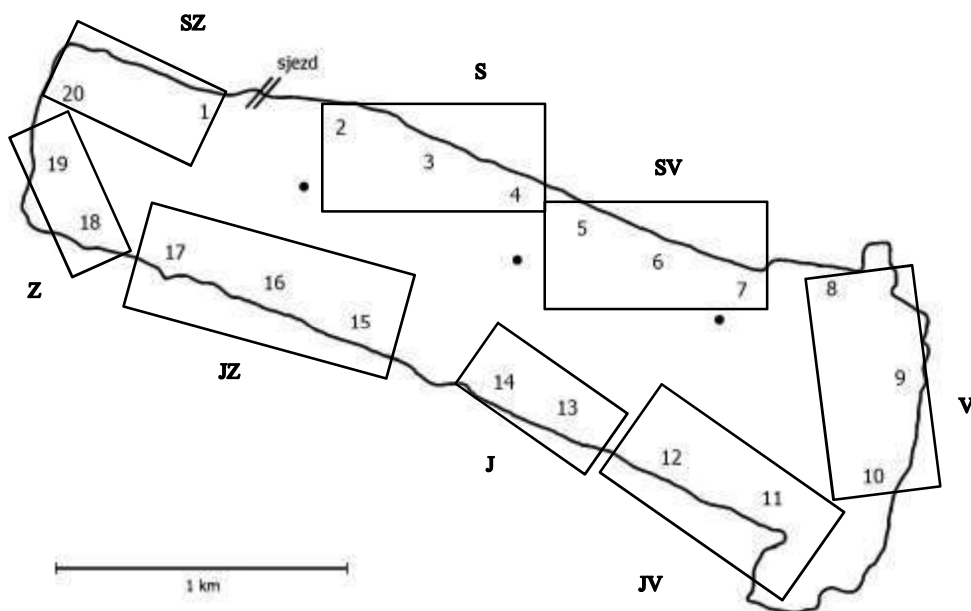
Obr. 9.: Rozmístění tenatových sítí 2007 – 2012.

Ke zjištění případné závislosti výskytu abnormalit na hloubce byla použita data z odlovů tenatovými sítěmi z let 2007, 2008 a 2012, kdy byly zaznamenány abnormality. Odlovy probíhaly v bentických v hloubkách 0 – 3, 3 – 6, 6 – 9 a 9 – 15 m, v pelagických habitatech poté v hloubkách 0 – 5 m epipelagické (v grafu EPI) a 5-10 M v mezopelagické (v grafu MEZO). Pro účely analýzy nebyla použita data z bentických tenat v hloubkách 9 – 15 m a ≥ 15 m, a v hloubkách ≥ 10 m v pelagických habitatech, kde se nevyskytovali žádní perlíni nad 230 mm. Rozmístění tenatových sítí je znázorněno na schématu (Obr. 10.).



Obr. 10.: Schéma rozmístění tenetových sítí v bentickém a pelagickém habitatu.

Byla také provedena analýza výskytu plůdků s deformitami páteře. Data o jejich výskytu pocházejí z nočních plůdkových zátahů provedených 8. září 2009. V případě plůdkových zátahů bylo jezero rozděleno do 8 částí (sever, severovýchod, východ, jihovýchod, jih, jihozápad, západ, severozápad) (Obr. 11)

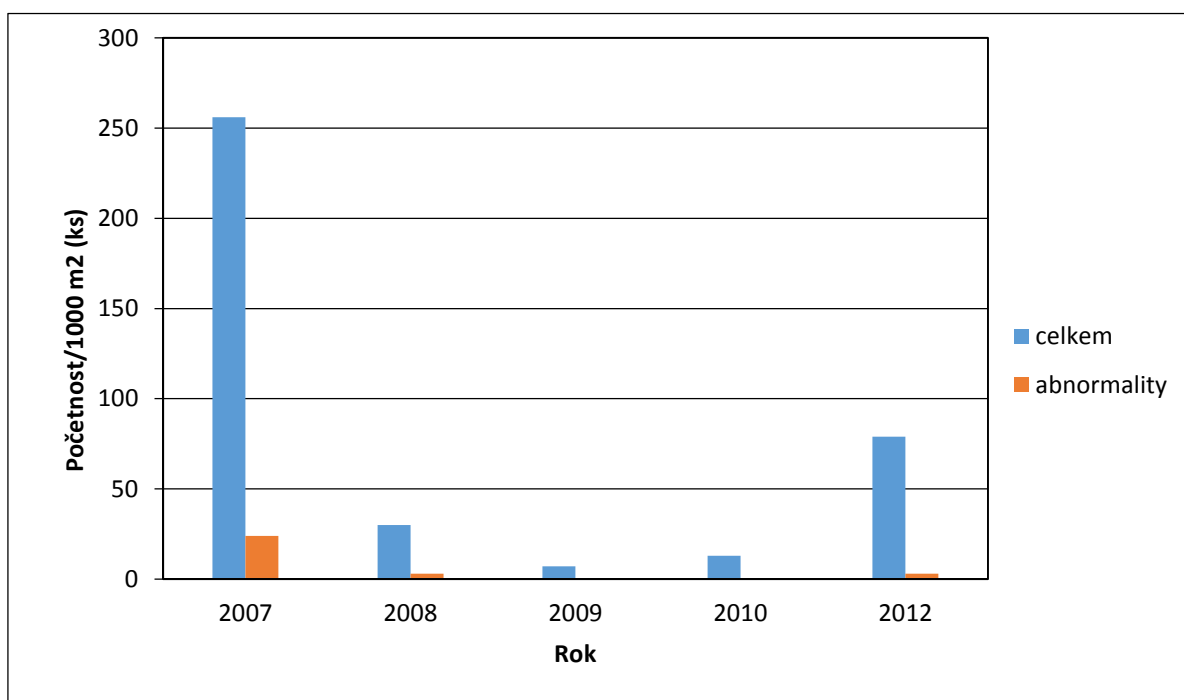


Obr. 11.: Přehled lokalit plůdkových zátahů.

Data o výskytu mnohošupinných perlínů i tohoročních perlínů s výskytem deformity páteře byla zpracována pomocí programu STATISTICA 10. Pro analýzu byly použity kontingenční tabulky.

4 Výsledky

Od roku 2007 do roku 2012 bylo na jezeře Chabařovice tenatovými sítěmi odloveno 364 jedinců perlína ostrobřichého s délkou těla přesahujícími 230 mm. Mezi těmito jedinci se vyskytovalo 30 jedinců, u kterých byly zaznamenány odchylky v šupinném vzorci. Vedle perlínů ostrobřichých byly odchylky v šupinném vzorci zaznamenány i u plotice obecné. Mnohošupinné formy plotice a perlína byly prvně zaznamenány v roce 2007, následně pak i v roce 2008, poté došlo k jejich vymizení a opětovně byl tento fenomén zaznamenán zas až v roce 2012. Vymizení abnormalit v roce 2009, 2010 bylo pravděpodobně způsobeno kolapsem populace přestárých ročníků a malým počtem odlovených velkých jedinců vůbec. V roce 2011 neproběhl komplexní průzkum rybí obsádky a není proto známý počet jedinců ani výskyt abnormalit. Z obrázku 12 je patrné, že vymizení abnormalit přesně odpovídá letům, ve kterých došlo k poklesu celkového počtu odlovených perlínů nad 230 mm.



Obr. 12.: Počet odlovených jedinců perlína ostrobřichého s délkami nad 230 mm v jednotlivých letech, vztaženo na 1000 m² instalovaných tenatových sítí.

4.1 Výsledky morfometrie

Z analýzy kovariance jednotlivých morfometrických parametrů je patrné, že ryby z nádrže Chabařovice, mnohošupinné a normální, se mezi sebou liší jen v počtu šupin nad, v a pod postranní čarou. Jedinci z kontrolní skupiny se od jedinců mnohošupinných liší ve výšce těla a patrný je i rozdíl v délce těla.

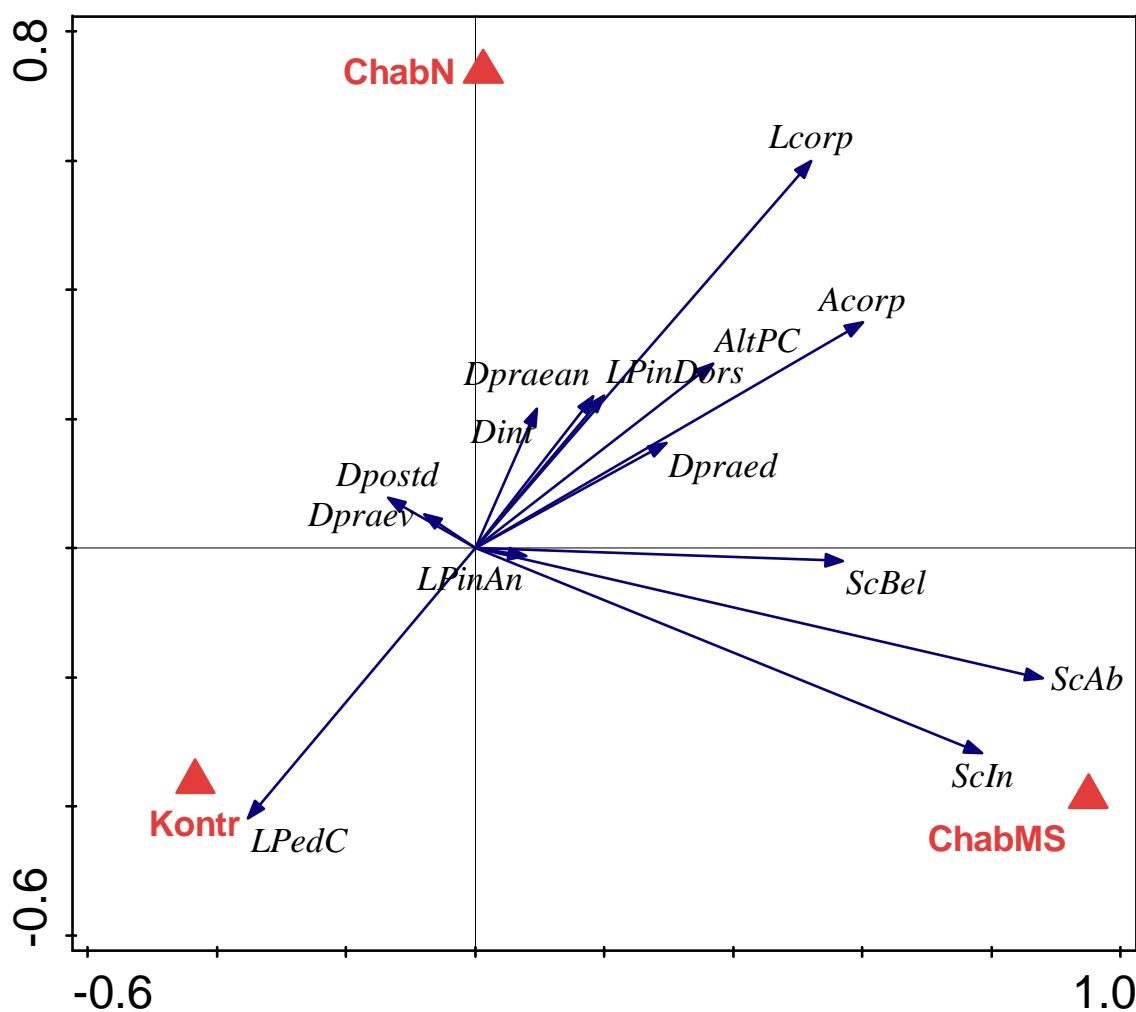
Tab. I.: Výsledky morfometrického měření. Analýza kovariance jednotlivých morfometrických parametrů mnohošupinných a nemnohošupinných ryb z jezera Chabařovice.

Meristické/plastické znaky	Chabařovice MŠ			Chabařovice			AnCova/Anova	
	průměr	s. d.	N	průměr	s. d.	N	F	p
Délka těla	267,71	28,09	21	276,22	45,68	34	3,79	0,057
Výška těla	0,41	0,02	21	0,40	0,06	34	1,74	0,193
Délka hlavy	0,22	0,02	21	0,20	0,03	34	0,90	0,347
Předhřbetní vzdálenost	0,61	0,02	21	0,60	0,09	34	0,00	0,989
Předbřšní vzdálenost	0,49	0,02	21	0,49	0,08	34	0,14	0,715
Předřitní vzdálenost	0,74	0,05	21	0,74	0,11	34	0,00	0,979
Vzdálenost insercí párových ploutví	0,28	0,02	21	0,29	0,05	34	0,15	0,701
Délka ploutve hřbetní	0,14	0,01	21	0,14	0,02	34	0,25	0,622
Délka ploutve řitní	0,15	0,01	21	0,14	0,03	34	0,02	0,891
Délka ocasního násadce	0,17	0,02	21	0,16	0,03	34	1,30	0,259
Výška ocasního násadce	0,17	0,02	21	0,16	0,03	34	0,11	0,742
Počet šupin v postranní čáře	48,86	3,77	21	42,06	7,17	34	138,19	0,000
Počet šupin nad postranní čarou	11,76	1,41	21	8,48	1,85	34	242,16	0,000
Počet šupin pod postranní čarou	4,71	1,01	21	3,95	0,88	34	28,16	0,000
Počet tvrdých paprsků	1,31	0,48	16	1,39	0,53	15	1,00	0,326
Počet měkkých paprsků	11,44	0,81	16	10,96	2,46	15	0,04	0,845

Tab. II.: Výsledky morfometrického měření. Analýza kovariance jednotlivých morfometrických parametrů u mnohošupinných ryb z jezera Chabařovice a kontrolní skupiny z nádrže Nýrsko, Želivka a rybníku Láz.

Meristické/plastické znaky	Chabařovice MŠ			Kontrola			AnCova/Anova	
	průměr	s. d.	N	průměr	s. d.	N	F	p
Délka těla	267,71	28,09	21	221,66	17,81	47	69,24	0,000
Výška těla	0,41	0,02	21	0,36	0,02	47	13,51	0,000
Délka hlavy	0,22	0,02	21	0,23	0,01	47	0,06	0,804
Předhřbetní vzdálenost	0,61	0,02	21	0,59	0,02	47	2,94	0,091
Předbřšní vzdálenost	0,49	0,02	21	0,50	0,02	47	2,15	0,148
Předřitní vzdálenost	0,74	0,05	21	0,73	0,02	47	0,04	0,849
Vzdálenost insercí párových ploutví	0,28	0,02	21	0,28	0,02	47	3,40	0,070
Délka ploutve hřbetní	0,14	0,01	21	0,13	0,01	47	1,11	0,297
Délka ploutve řitní	0,15	0,01	21	0,14	0,01	47	0,08	0,783
Délka ocasního násadce	0,17	0,02	21	0,19	0,02	47	3,27	0,075
Výška ocasního násadce	0,17	0,02	21	0,15	0,01	47	1,43	0,237
Počet šupin v postranní čáře	48,86	3,77	21	41,17	1,17	47	68,49	0,000
Počet šupin nad postranní čarou	11,76	1,41	21	7,47	0,58	47	156,12	0,000
Počet šupin pod postranní čarou	4,71	1,01	21	3,53	0,50	47	8,43	0,005
Počet tvrdých paprsků	1,31	0,48	16	1,64	0,49	47	0,41	0,525
Počet měkkých paprsků	11,44	0,81	16	11,47	1,00	47	0,86	0,356

Provedená redundanční analýza prokázala rozdíly v morfometrii mezi jednotlivými skupinami (Chabařovice mnohošupinné, Chabařovice nemnohošupinné, Kontrolní skupina) ($F = 44,4$; $p = 0,002$). Vysvětlená variabilita je v této analýze 46,2 %. Z ordinačního diagramu (Obr. 13) je patrné, že mnohošupinné ryby z jezera mají větší počet šupin (ScAb, ScIn, ScBel) než ostatní skupiny. Kontrolní skupina (Kontr) se projevuje větší délkou ocasního násadce (LPedC). Obě skupiny ryb z jezera Chabařovice mají oproti těm z kontrolní skupiny větší délku (LCorp) i výšku těla (ACorp) a širší ocasní násadec (AltPC).



Obr. 13.: Ordinační diagram provedené redundanční analýzy meristických a plastických znaků u ryb z jednotlivých skupin Chabařovice mnohošupinné (ChabMS), Chabařovice normální (ChabN) a Kontrolní skupina (Kontr) z nádrže Nýrsko, Klíčava, Želivka a rybníku Láz.

Rozdílnost v šupinném pokryvu také ilustrují níže uvedené šupinné vzorce jednotlivých skupin ryb (Chabařovice normální, Chabařovice mnohošupinné, kontrolní skupina). Zatímco rozmezí počtu šupin v kontrolní skupině a rozmezí počtu šupin ve skupině nemnohošupinných ryb z jezera Chabařovice se překrývá. Rozmezí počtu šupin u mnohošupinných ryb z jezera Chabařovice je vyšší než u obou skupin nemnohošupinných ryb a jejich počet se téměř nepřekrývá. Velké rozdíly v počtu šupin jsou poté především v postranní čáře a nad postranní čárou. K překryvu dochází pouze v případě počtu šupin pod postranní čárou, kde je šupin méně a tím je možná i menší variabilita v případě zmnožení.

Kontrolní skupina

$$38 \frac{6-8}{3-4} 44$$

Chabařovice nemnohošupinné

$$37 \frac{7-9}{3-5} 43$$

Chabařovice mnohošupinné

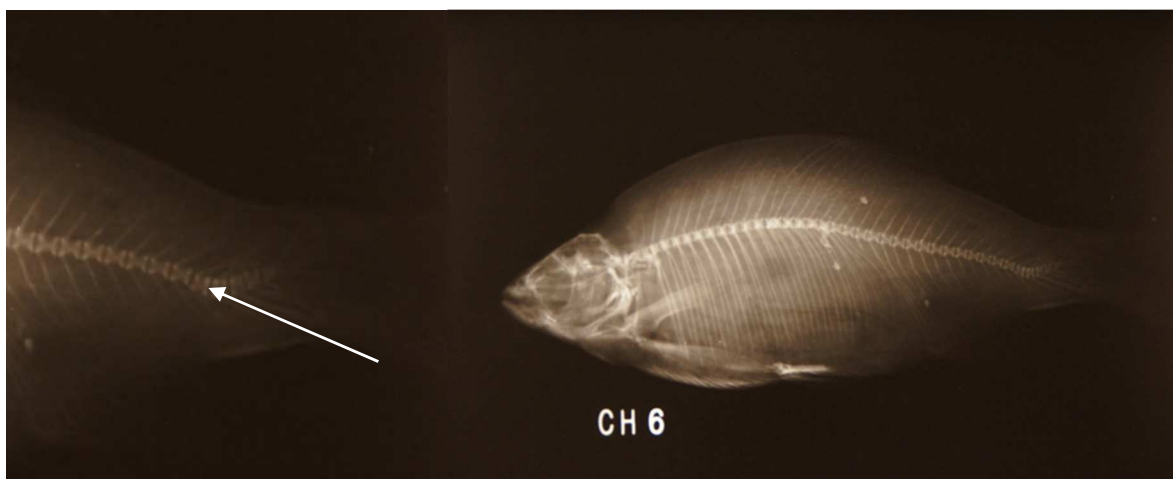
$$44 \frac{10-15}{3-7} 55$$

4.2 Výsledky rentgenové diagnostiky

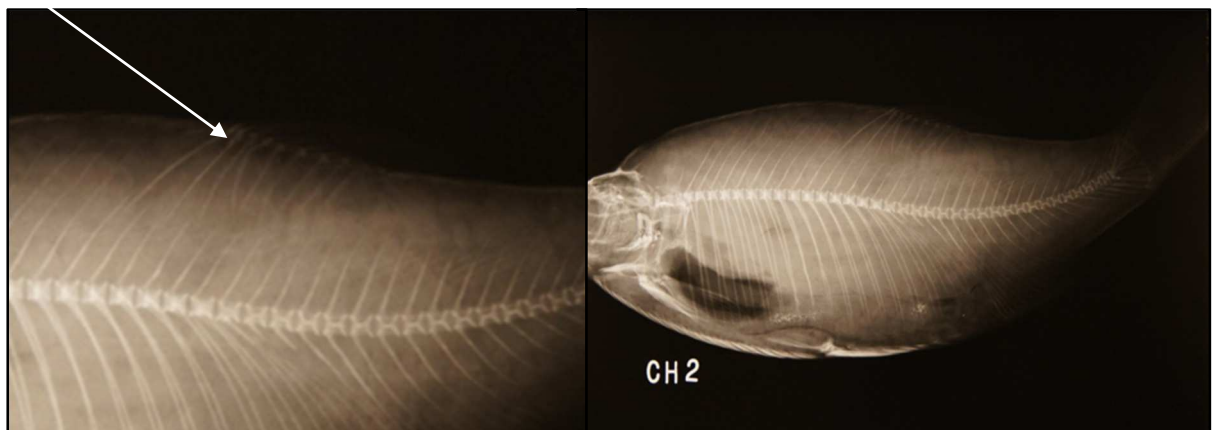
U ryb nalovených v jezeře Chabařovice byl zaznamenán poměrně častý výskyt kosterních abnormalit (36 %) všech ryb z jezera Chabařovice, u kterých byla provedena rentgenová diagnostika. Z 13 mnohošupinných perlínů se kosterní abnormality vyskytovaly u 4 jedinců (31 %) a u perlínů mnohošupinatosti se kosterní abnormality vyskytovaly u 5 jedinců z 12 (42 %). U ryb z nádrže Nýrsko se u zrentgenovaných ryb žádné kosterní abnormality nevyskytovaly. Popis odhalených kosterních abnormalit je uvedený v tabulce (Tab. III.). Mezi kosterními abnormalitami se nejčastěji objevilo zalomení páteře (Obr. 14.), nepravidelní rozestoupení předních čtyř pterygiophor hřbetní ploutve (Obr. 15.), nebo nepravidelně rozestoupené obratle Weberova aparátu (Obr. 16.).

Tab. II.: Kosterní abnormality zjištěné u ryb (ID) z jezera Chabařovice.

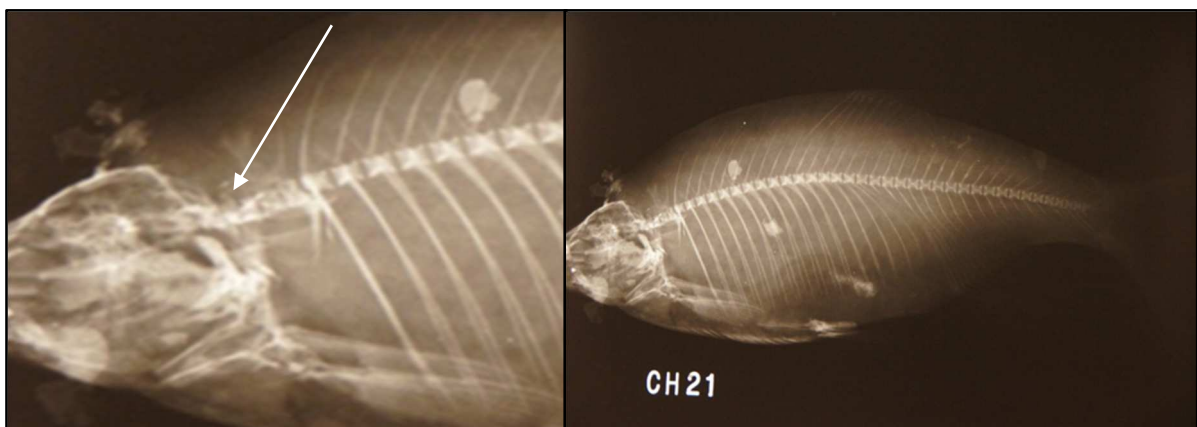
ID	Nález
CH2	Nepravidelně rozestoupené přední čtyři pterygiophory hřbetní ploutve
CH6	Zalomení páteře
CH15	Zalomení páteře
CH18	Poslední břišní obratle nesoucí žebra blízko u sebe
CH19	Zalomení páteře
CH20	Zalomení páteře
CH21	Menší a nepravidelně rozestoupené obratle Weberova aparátu
CH23	Zalomení páteře v prvních 4 ocasních obratlech
CH26	Zalomení páteře ve 3. abdomiálním obratli nesoucím žebra Zalomení páteře v 5. ocasním obratli od konce Posledních 5 obratlů jsou malé s menšími rozestupy



Obr. 14.: Ukázka kosterní abnormality – zalomení páteře. Rentgenový snímek perlína ostrobřichého z jezera Chabařovice s výskytem šupinných abnormalit.



Obr. 15.: Ukázka kosterní abnormality – nepravidelné rozestoupení předních čtyř pterygiophor hřbetní ploutve. Rentgenový snímek perlína ostrobřichého z jezera Chabařovice bez výskytu šupinných abnoramlit.

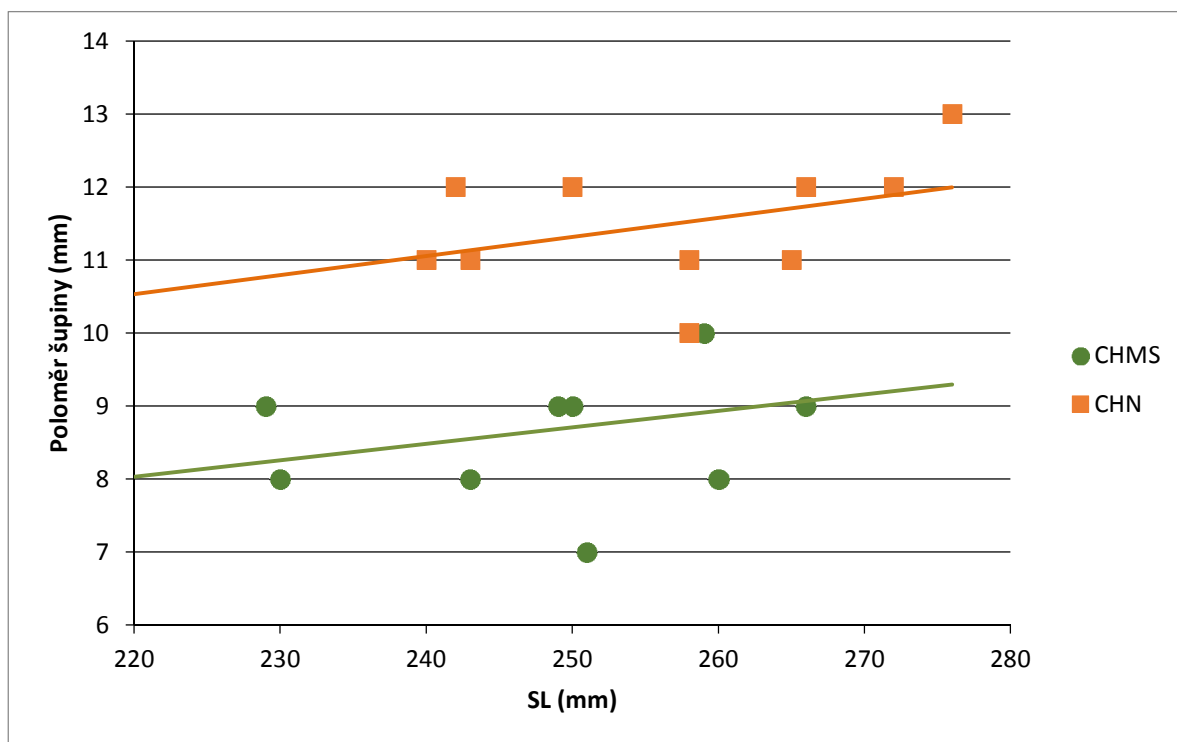


Obr. 16.: Ukázka kosterní abnormality nepravidelné rozestoupení obratlů Weberova aparátu. Rentgenový snímek perlína ostrobřichého z jezera Chabařovice bez výskytu mnohošupinatosti.

4.3 Výsledky analýzy šupin

Průměrný věk ryb z jezera Chabařovice přesahoval 4 roky (4,09, směrodatná odchylka: 0,66). Průměrný věk měřených ryb z nádrže Klíčava byl 6,5 (směrodatná odchylka: 1,81) a z nádrže Nýrsko 2,24 (směrodatná odchylka: 1,61). Nebyly zaznamenány žádné abnormality v morfologii šupin u mnohošupinatých ryb.

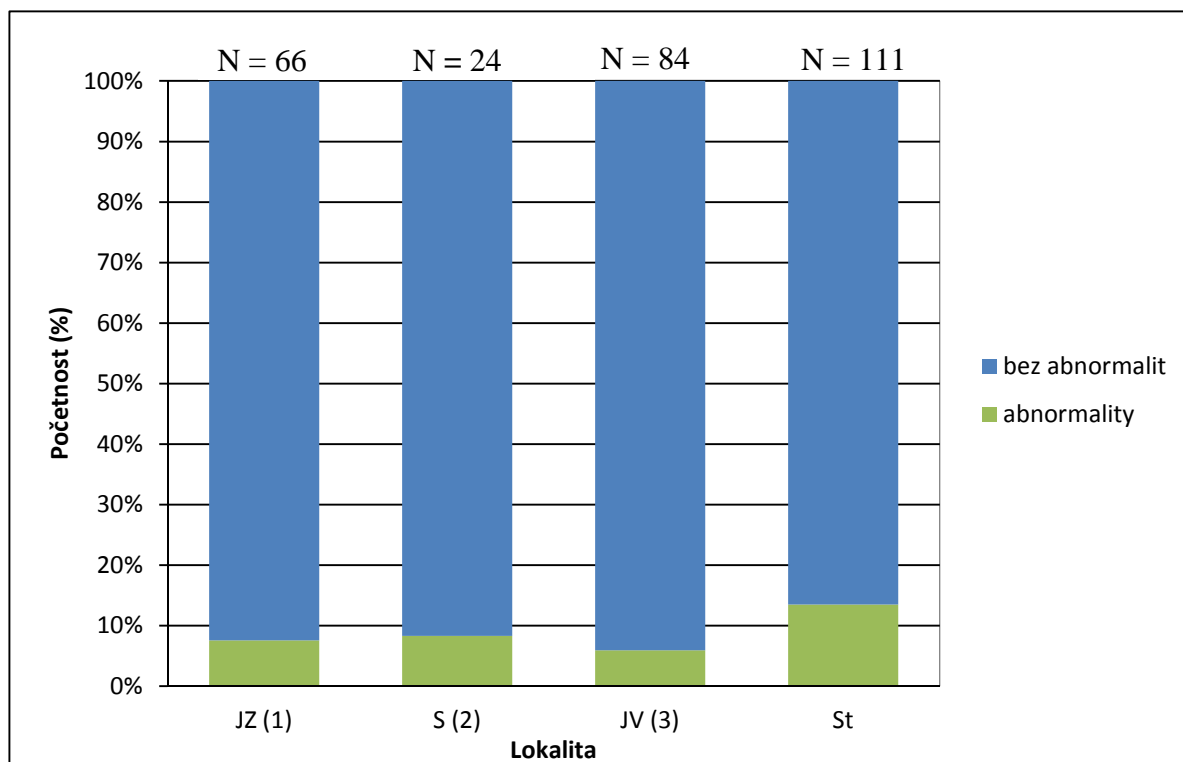
Z provedené analýzy kovariance naměřených poloměrů šupin z přesně daného místa nad postranní čarou jasně vyplývá, že šupiny u mnohošupinných ryb z jezera Chabařovice jsou prokazatelně menší ($F_{(1, 17)} = 41,40$, $p < 0,00$) než šupiny z ryb z jezera Chabařovice bez projevu mnohošupinatosti. Graf (Obr. 17.) ukazuje, že šupiny odebrané u mnohošupinných jedinců jsou menší než šupiny odebrané u jedinců bez abnormalit, ale jejich velikost je stejně tak závislé na velikosti těla (SL) jako u normálních jedinců.



Obr. 17.: Závislost poloměru šupin na velikosti ryb z jezera Chabařovice se zmnoženým tělním pokryvem (CHMS) a s normálním tělním pokryvem (CHN). Přímky ukazují lineární závislost velikosti šupin na délce těla ryby (CHMS: $y = 0,0226x + 3,0643$; $R^2 = 0,0886$, CHN: $y = 0,0226x + 3,0643$; $R^2 = 0,0886$)

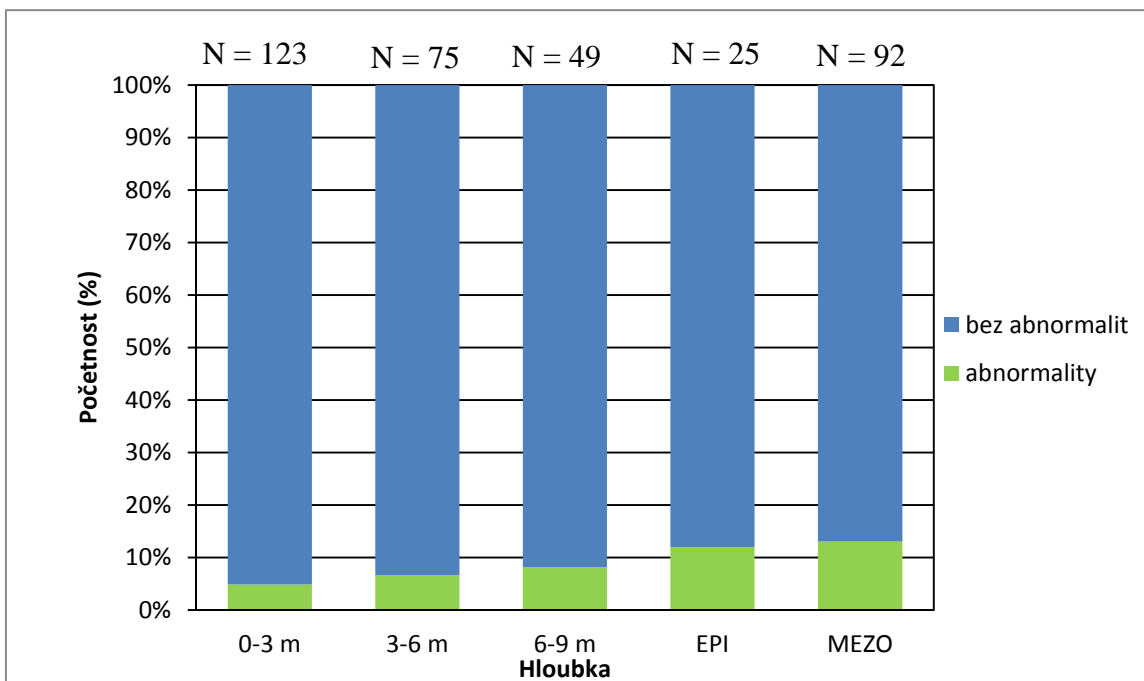
4.4 Výsledky analýzy výskytu

V letech 2007 a 2008 bylo na jezeře Chabařovice odchyceno celkem 285 jedinců perlína ostrobřichého s délkou těla přesahující 230 mm. Z tohoto počtu ryb bylo u 27 jedinců zaznamenána mnohošupinatost. Z grafu relativního zastoupení abnormalit (Obr. 18) je zjevné, že výskyt mnohošupinných forem se v těchto letech v jednotlivých částech jezera (JZ, JV, S, Střed) prokazatelně nelišil ($\chi^2 = 3,64$; $df = 3$; $p = 0,3$).



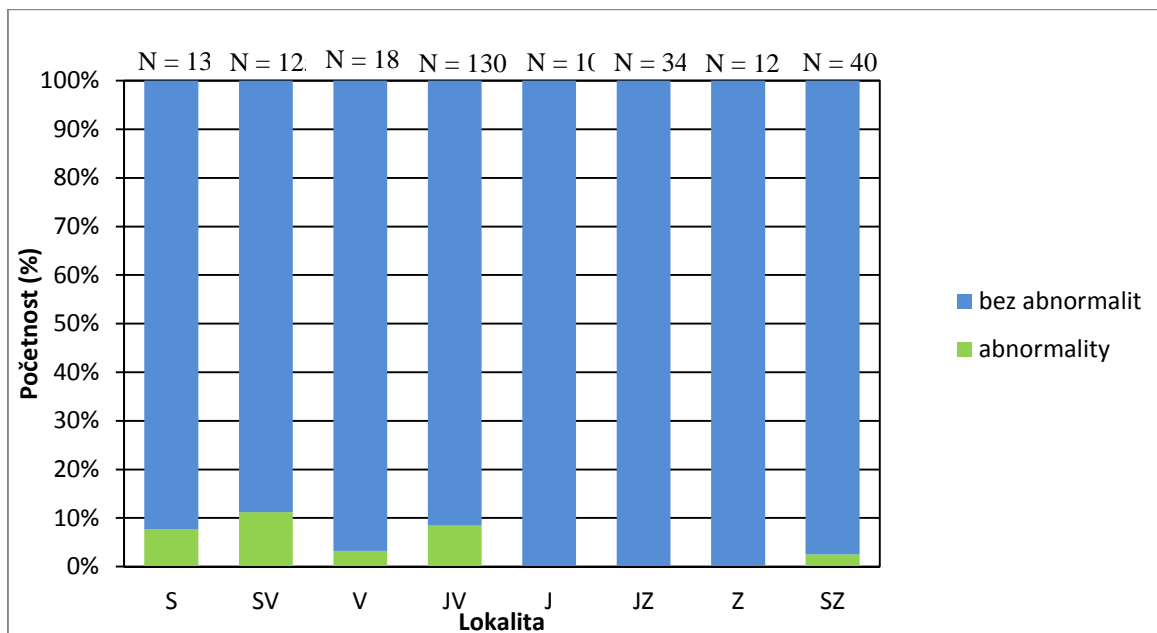
Obr. 18.: Relativní zastoupení jedinců s abnormalitami v jezeře Chabařovice na jednotlivých lokalitách.

Výskyt abnormalit se ani v závislosti na hloubce prokazatelně nelišil ($\chi^2 = 5,36$, $df=4$, $p = 0,25$, toto ilustruje i graf (Obr. 19).



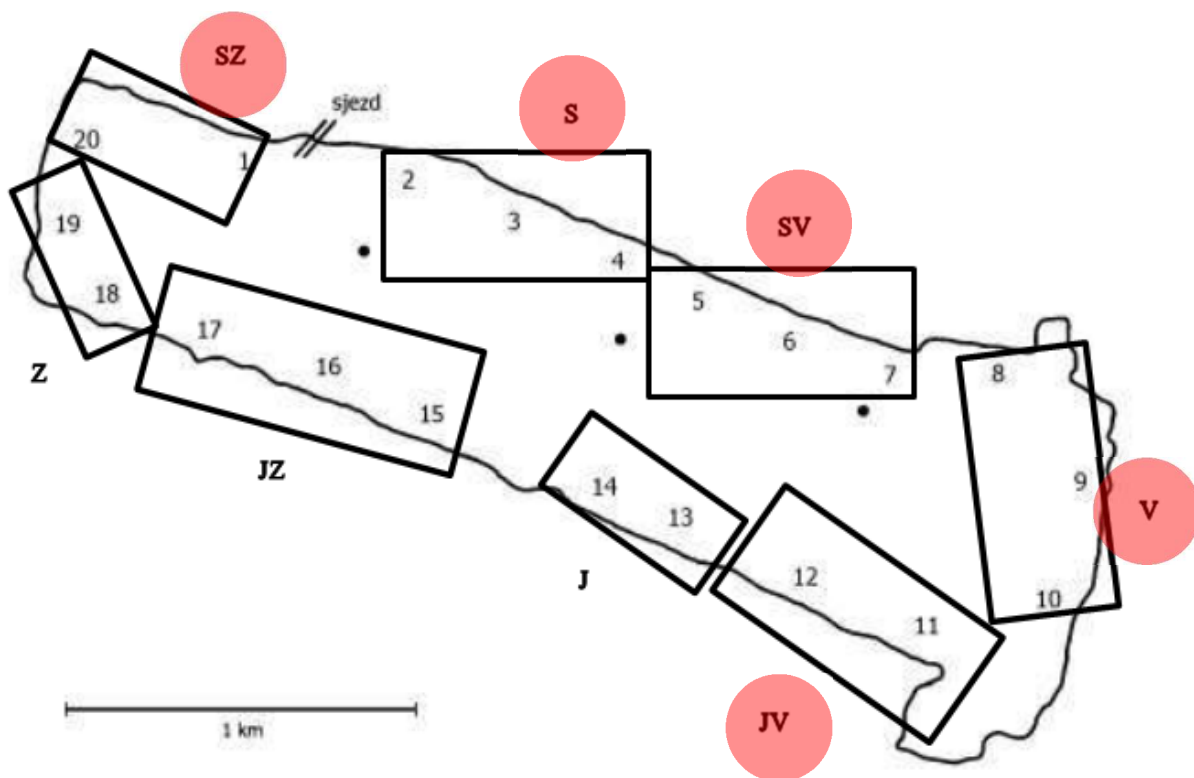
Obr. 19.: Relativní zastoupení jedinců perla s abnormalitami v jednotlivých hloubkách.

Výskyt plůdků s deformitou páteře je prokazatelně závislý na lokalitě (Chi – kvadrát = 14,36, df = 7, p = 0,04) (Obr. 20).



Obr. 20.: Relativní zastoupení plůdků s deformitami páteře na jednotlivých lokalitách jezera Chabařovice.

V J, JZ, Z a SZ části se abnormality nevyskytovaly vůbec. Nejvíce ryb (185 jedinců) bylo odloveno ve východní části jezera. Na mapě (Obr. 21) jsou vyznačeny (červeně) lokality s výskytem deformit páteře.



Obr. 21.: Výskyt kosterních abnormalit u plůdku perlína ostrobřichého v roce 2009.

5 Diskuse

Změna v šupinném vzorci je nejčastěji se vyskytující abnormalitou na jezeře Chabařovice. Tato abnormalita postihuje celý povrch těla a jedinci postižení touto formou abnormality mají v postranní čáře, nad postranní čarou a pod postranní čarou více šupin než perlíni bez abnormality.

Morfometrická analýza plastických a meristických znaků neukázala až na jedinou výjimku žádné rozdíly v celkové morfologii ryb mnohošupinných a normálních, a to jak z jezera Chabařovice, tak z nádrží Nýrsko, Klíčava, Želivka a rybník Láz. Potvrzeny byly pouze odchylky v počtu šupin a jedinou výjimkou byla délka a výška těla mezi mnohošupinnými jedinci z jezera Chabařovice a jedinci z kontrolní skupiny z nádrží Nýrsko, Klíčava, Želivka a rybníku Láz. Rozdíl v délce těla (chabařovičtí perlíni v průměru o 25 % větší) a s tím související rozdíl ve výšce těla (chabařovičtí perlíni v průměru o 39 % vyšší), byl dán pravděpodobně nízkou celkovou biomasou ryb v jezeře Chabařovice v roce 2007 a relativně velkým podílem makrofyt v jezeře. V důsledku toho se ryby z tohoto jezera těšily velkému množství potravy, a jsou proto větší a mohutnější, což se částečně projevilo na zjištěných rozdílech v morfologii.

Podobné abnormality v šupinném pokryvu ve smyslu jejich změny růstu, či špatného postavení, jsou velmi vzácné. Zaznamenány byly například u jedinců smuhy *Scianenops ocellatus* v Texasu (Gunter 1948), u jazyka *Zebrias japonicus* v Japonsku a u mořanů *Lagodon rhomboides* v zálivu Biscayne na Floridě. V případě těchto abnormalit se postižení šupinného vzorce týkalo jen malé části těla, nejčastěji báze ocasního násadce, přičemž šupiny byly otočené proti směru normálního růstu (Corrales et al. 2000). V případě zachycené abnormality v zálivu Biscayne se navíc ukázalo i zmenšení velikosti šupin (Corrales et al. 2000). Pro zjištění, zdali se šupiny u mnohošupinných ryb z jezera Chabařovic liší jen počtem, nebo zdali jde o zmnožení na úkor velikosti šupin, byla provedena analýza jejich velikosti. Ta jasně prokázala, že zmnožení šupin s sebou nese i zmenšení poloměru.

Na jezeře Chabařovice byly v roce 2009 kromě abnormalit v šupinném pokryvu zaznamenány navíc tohoroční jedinci perlína s křivicí páteře. Důvodem, proč byla tato abnormalita zaznamenána právě v tomto roce, byl pravděpodobně již zmiňovaný kolaps populace tří nejpočetnějších druhů ryb, perlína, plotice a okouna. Pokles se týkal přestárých ročníků těchto ryb a v roce 2009 proto značně poklesla početnost velkých jedinců okouna, který za normálních okolností predují na tohoročních jedincích. Právě tento propad v početnosti velkých piscivorních ryb umožnil přežívání tohoročních jedinců perlína ve větším množství a tím i zaznamenání kosterních abnormalit.

Výskyt kosterních abnormalit u dospělých jedinců potvrdila rentgenová diagnostika. Kosterní abnormality se objevují rovnoměrně u všech jedinců nezávisle na abnormalitách v šupinném pokryvu a nevyskytovaly se u žádného jedince z nádrže Nýrsko.

Kosterní abnormality se často objevují u kříženců (Tave et al. 2011). Mezi druhové křížení je v případě kaprovitých ryb poměrně běžné, protože mají tendenci vytírat se ve společnosti jiných druhů ryb, v případě perlína cejna a plotice a výsledkem tohoto reprodukčního chování jsou poté kříženci (Nzau Matondo et al. 2013). Kříženci se pak svojí morfologií nacházejí na rozhraní těchto dvou druhů (Stanley, Jones 1975). Vycházela jsem tedy z předpokladu, že pokud by došlo ke zkřížení s druhem ryby, která by měla v šupinném vzorci více šupin než perlín, byly by výsledkem tohoto křížení jedinci se zmnoženým šupinným pokryvem. Protože by právě tito jedinci vykazovali i odchylky v celkové morfologii, provedla jsem u ryb se zmnoženým šupinným pokryvem morfometrickou analýzu a naměřené hodnoty jsem porovnávala s jedinci bez zmnoženého tělního pokryvu. Vzhledem k tomu, že se mnohošupinné a nemnohošupinné ryby v celkové morfometrii nelišily, nejedná se o křížence, což potvrdila i molekulárně – genetická analýza z roku 2009 (Piálek, Říčan 2009).

Výskyt abnormalit je častější v umělých chovech, než v přírodě (Cahu et al. 2003). Jako nejpravděpodobnější příčinou vzniku abnormalit je v umělých líhních a chovech inbreeding, infekce a nedostatečná výživa embryí po vykulení (Aunsmo et al. 2009, Bardon et al. 2009). V přirozených lokalitách je situace jiná, inbreeding je velmi nepravděpodobný, a příčiny se proto častěji hledají ve vlivu prostředí (Kessabi et al. 2009, Lemly 2002, Tave et al. 2011). Genetické rozboru tilapií *Oreochromis aureus* ze studie Tave et al. 2011 ukazují, že pouze 1/3 abnormalit byla dědičná a v jednom případě se jednalo o abnormalitu způsobenou inbreedingem. Všechny ostatní abnormality byly způsobeny vlivem prostředí (Tave et al. 2011).

Zjištění konkrétní příčiny abnormality ovšem není jednoduché, v přírodě je to takřka nemožné (Corrales et al. 2000). Většina výzkumů se opírá pouze o spekulace nad možnými příčinami, popřípadě odhalí soubor látek, či faktorů, které mohou abnormality způsobovat (Corrales et al. 2000). V literatuře se jako nejpravděpodobnější příčina abnormalit často objevuje působení mutagenů či teratogenů. Mezi mutageny jsou nejčastěji zastoupeny těžké kovy (olovo, kadmium, rtuť) (Bentsson, Larsson 1986), pesticidy, polycyklické aromatické uhlovodíky, polychlorované bifenylly (Corrales et al. 2000). V případě jezera Chabařovice ovšem provedené analýzy svaloviny štiky, okouna, perlína a bolena z let 2006, 2009 a 2010 neprokázaly překročení přípustného množství cizorodých látek ve svalovině, tedy ani zvýšený výskyt těžkých kovů v jezeře (Uhlířová 2009 a 2010).

K odhalení konkrétní příčiny vzniku abnormalit by zajisté napomohlo objevení případné závislosti výskytu abnormalit na lokalitě, kde by se poté hledaly odchylky od prostředí mezi místem s abnormalitami a bez a abnormalit. V některých případech mají abnormality skutečně jasnou prostorovou závislost. Výskyt jedinců halančička *Aphanius fasciatus* s abnormalitami byl častější v místě u tuniského pobřeží, kde se také podařilo zachytit vyšší koncentrací těžkých kovů a polycyklických aromatických uhlovodíků než v kontrolní lokalitě mimo průmyslovou zónu (Kessabi et al. 2012). Korelace mezi výskytem abnormalit a degradací životního prostředí byla zaznamenána i u ryb postižených šupinami otočenými proti normálnímu směru růstu. Výskyt těchto abnormalit byl častější v severní části zálivu Biscayne, která je více znečištěna cizorodými látkami. V jezeře Chabařovice nebyla zjištěna žádná lokální závislost výskytu abnormalit, velmi těsně signifikantní byla jen u nálezu tohoročních ryb s křivicí. Lokalita, kde se abnormality nevyskytovaly, byla ale zároveň lokalitou, kde v roce 2009 bylo největší zastoupení dna bez vegetace. Je tedy možné, že zde měly vzhledem k absenci úkrytu ryby s křivicí výrazně menší přežívání v důsledku vyšší úspěšnosti predace. Což podporuje i skutečnost, že lokality bez výskytu abnormalit, byly také lokality, ve kterých byl nejmenší počet ulovených tohoročních jedinců celkově. Abnormality se proto velice pravděpodobně vyskytují nezávisle na lokalitě a případný zdroj znečištění, popř. dalších příčin abnormalit je přítomen v celém jezeře. Vzhledem k tomu, že se kosterní abnormality nevyskytovaly u kontrolní skupiny z nádrže Nýrsko, je velmi pravděpodobné, že ryby z jezera Chabařovice jsou vystaveny blíže neurčené formě stresu (chemickému nebo fyzickému). A je proto možné, že šupinné a kosterní abnormality z tohoto jezera mají stejný mechanismus vzniku.

Za období vzniku různých typů abnormalit se často považuje embryonální stádium vývoje, kdy se zakládá kostra a vyvíjí epidermis (Taki 1938, Gunter 1948), což dokazují i mnohé experimenty (Aydin 2012, Bengtsson 1975, Couch et al. 1977, Holm et al. 2005, Mehrle, Mayer 1977). Je proto důležité zaměřit se na toto období jako na období možného vzniku abnormalit.

Přestože nebyla zjištěná prostorová závislost výskytu ani šupinných, ani kosterních abnormalit, nevyskytují se abnormality u všech druhů stejně. Abnormality ve formě zmnoženého šupinného pokryvu a deformit páteře byly zjištěny pouze u kaprovitých ryb (perlín a plotice). Nebyly ale zjištěny žádné abnormality u okouna, ač zejména v prvních letech napouštění jezera to byl nejpočetnější druh. Kaprovité ryby jsou velmi tolerantní skupina ryb k případným cizorodým látkám v prostředí (Welch, Lindell 1980). Je tedy zarážející, že v případě jezera Chabařovice se abnormality objevují zrovna u této skupiny ryb a ne u okounovitých, kteří jsou ke znečištěnému prostředí tolerantní méně. Je proto důležité zaměřit se na rozdílnosti v ekologických vlastnostech těchto dvou taxonomických skupin. Vzhledem k tomu, že původ

šupinných a kosterních abnormalit je často hledán v ranně juvenilních fázích života ryby, je proto důležité zaměřit se na odlišnosti v ekologii právě v těchto fázích života. A zde mezi oběma skupinami zásadní rozdíly skutečně jsou. Zatímco u kaprovitých ryb probíhá vytírání a embryonální fáze se odehrává na živé vegetaci (Baruš, Oliva 1995), okounovití se vytírají na mrtvou vegetaci, nebo substrát a embryonální fáze pak probíhá v pelagiálu, kam se embryo přesune ihned po vykulení (Čech et al. 2010). Vzhledem k tomu, že juvenilní fáze je pro vznik abnormalit klíčová, je tedy možné, že právě tyto odchylky v chování způsobily, že se abnormality vyskytují jen u plotic a perlínů.

Při hledání případného zdroje abnormalit jsem se zaměřila především na živou vegetaci, ve které kaprovité ryby tráví velkou část rané fáze života a která mohla hrát na klíčovou roli při vzniku abnormalit v juvenilních stádiích. Jako zdroj případných cizorodých látek v rostlinách by se nabízely cizorodé látky, které se v lokalitě nacházejí po důlní činnosti. Vzhledem k tomu, že se abnormality objevují právě na jezeře Chabařovice, tedy v jezeře, které bylo nejaktivněji na hydrickou rekultivaci připravované, a neobjevuje se na žádném dalším jezeře, je nepravděpodobné, že by důvodem vzniku abnormalit byla důlní minulost jezera. Naopak právě průběh příprav může být důvodem přítomnosti abnormalit. Důlní jáma Chabařovice byla v rámci příprav masivně pokryta geotextilií v kombinaci s hydroosevem. V případě ostatních doposud hydricky rekultivovaných důlních jam nebylo použití geotextilie tak významné. Vegetace vyrůstající přímo z geotextílie může být zdrojem a prostředkem pro zkoncentrování případných cizorodých látek vyluhujících se z geotextílie, které se pak v juvenilních stádiích dostaly i k jikrám a juvenilním stádiím ryb. Fakt, že geotextilie hrála důležitou roli v ekosystému, částečně potvrzuje i výskyt odchylek od zbarvení objevené u štiky, které je nápadně podobné barvě této geotextilie. Tato odchylka je s největší pravděpodobností způsobena mimikry, ale ukazuje na význam geotextilie. Případný vliv geotextilie na vznik abnormalit ale nelze potvrdit, protože není známé složení geotextilie, látky, které abnormality způsobují, ani mechanismus, kterými by se látky do těla rostlin, a později i do těla ryb, dostaly. Potvrzení, nebo vyvrácení této hypotézy vyžaduje experimentální otestování.

6 Závěr

- Stejně jako molekulárně genetická analýza, ani morfometrická analýza neprokázala mezidruhové křížení.
- U ryb z jezera Chabařovice se projeví abnormality v šupinném pokryvu, kdy došlo ke zmnožení a zmenšení šupin.
- U ryb z jezera Chabařovice výskyt kosterních abnormalit nezávisle na mnohošupinatosti a mají pravděpodobně stejný mechanismus vzniku při expozici v juvenilní fázi života.
- Neprokázala se stanovištní závislost výskytu abnormalit. Závislost velmi těsně signifikantní jen u výskytu tohoročních ryb s křivicí páteře, pravděpodobně je ale tato skutečnost způsobena jinými faktory.
- Abnormality jsou s největší pravděpodobností závislé na ekologických vlastnostech druhu.

7 Zdroje

7.1 Literatura

- Al-Harbi A. H. (2001): Skeletal deformities in cultured common carp *Cyprinus carpio*. Asian fisheries science journal, 14: 247–254.
- Andrade V. M., Silva J., Silva F. R., Heuser V. D., Dias J. F., Yoneama M. L., Freitas T. R. O (2004): Fish as Bioindicators to Assess the Effects of Pollution in Two Southern Brazilian Rivers Using the Comet Assay and Micronucleus Test. Environmental and Molecular Mutagenesis 44: 459–468.
- Aunsmo, A., Ovretveit, S., Breck, O., Valle, P. S., Larssen, R.B., Sandberg, M.,(2009): Modelling sources of variation and risk factors for spinal deformity in farmed Atlantic salmon using hierarchical- and cross-classified multilevel models. Prev. Vet. Med. 90: 137–145.
- Aydin I. (2012): The External Abnormalities of Hatchery – Reared Black Sea Flounder (*Platichthys flesus luscus Pallas, 1814*) in Turkey. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 12: 127-133.
- Backiel T., Kokurewicz B., Ogorzalek A. (1984): High incidence of skeletal anomalies in carp, *Cyprinus caprio*, reared in cages in flowing water. Aquaculture, 43: 369–380.
- Bailey T. A. (2004): Ichthyophonous Disease in American Fisheries Society-Fish Health Section (AFS-FHS) FHS Blue Book. Suggested Procedures for the Detection and Identification of Certain Finfish and Shellfish Pathogens. AFS-FHS. Bethesda, Maryland.
- Bardon, A., Vandeputte, M., Dupont-Nivet, M., Chavanne, H., Haffray, P., Vergnet, A., Chatain, B.(2009): What is the heritable component of spinal deformities in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Aquaculture 294: 194–201.
- Baruš V., Oliva, O. (1995): Fauna ČR a SR – Mihulovci a ryby. 1. díl. Academia Praha, 623, 698 s. ISBN 80-200-0501-3

- Bažant V. (2010): Růstové vlastnosti dřevin na výsypkových stanovištích Mostecké pánve (Severočeské hnědouhelné pánve), Disertační práce. FLD ČZU, Praha, 118 s.
- Bengtsson B. E. (1975): Vertebral damage in fish induced by pollutants. In: Koeman, J. H., Strick, J. J. T. W. A. (Eds.), Sublethal effects of toxic chemicals.
- Bengtsson B. E., Larson A. (1986): Vertebral deformities and physiological effects in four – horn sculpin (*Myoxocephalus quadricornis*) after long – term exposure to a simulated heavy metal – containing effluent. *Aquat. Toxicology* 9: 215 – 229.
- Bereiter-Hahn J., and L. Zylberberg (1993): Regeneration of teleost fish scale. *Comparative Biochemistry and Physiology* 105A: 625-641.
- Boglione C., Gagliard, F., Scardi M., Cataudella S., (2001): Skeletal descriptors and quality assessment in larvae and post-larvae of wild-caught and hatcheryreared gilthead sea bream (*Sparus aurata* L. 1758). *Aquaculture* 192: 1–22.
- Browder J. A. Harper D. E. Kandrashoff M.G., Kandrashoff W. (1993): A major developmental defect observed in several Biscayne Bay. Florida. *Environmental Biology of Fishes* 37: 181-188.
- Bruno D. W. (1990): Jaw deformity associated with farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Veterinary Record* 126: 402–403.
- Cahu C., Infante J. Z., Takeuchi T. (2003): Nutritional components affecting skeletal development in fish larvae. *Aquaculture* 227: 24 – 258.
- Clemens H. P., Inslee T. (1968): The production of unisexual broods by *Tilapia mossambica* sex-reversed with methyl testosterone. *Transactions of the American Fisheries Society* 97: 18-21.

- Corrales J., Beth Nyea L., Baribeaua S., Gassmanb N. J., Schmalea M. C. (2000):
 Characterization of scale abnormalities in pinfish, *Lagodon rhomboides*, from Biscayne Bay, Florida. *Environmental Biology of Fishes*, 57: 205–220.
- Costa M. B., Peneda M. C. (1989): Heavy metal detection in the sediment-water components of Sado estuary by multielemental analysis. *Environmental Technology Letter* 10: 697-705.
- Couch J., Winstead J. T., Goadman L. R. (1977): Kepone induced scoliosis and its histological sequences in fish. *Science* 197: 585–587
- Cunningham M. E., Markle D. F., Wartal V. G., Kent M. L., Curtis L.R. (2005): Patterns of fish deformities and their association with trematode cyst in the Willamette River. *Environmental Biology of Fishes* 73: 9–11.
- Čech M., Peterka J., Říha M., Draštík V., Kratochvíl M., Kubečka J., (2010): Deep spawning of perch (*Perca fluviatilis*, L.) in the newly created Chabařovice Lake, Czech Republic. *Hydrobiologia* 649: 375-378.
- ČSN 75 7708 (2005): Jakost vod – Odběr vzorků ryb tenatními sítěmi.
- Dabrowski K., Hinterleither S., Sturmhuber C., El-Fiky N., Wieser W. (1988): Do carp larvae require vitamin C?. *Aquaculture* 72: 295–306
- Decostere A., Hermans K., Haesebrouck F., (2004): Piscine mycobacteriosis: a literature review covering the agent and the diseases it causes in fish and humans. *Vet. Microbiol.* 99: 159–166
- Easa S., Faisal M., Ibrahim M., (1989): Preliminary report on skeleton deformities among brackish water fish in Egypt. *Egyptian Veterinary Medical Association* 49: 65–71.
- Eissa A. E., Moustafa M., El – Hussein I. N., Saeid S., Saleh O., Borhan, T., (2009): Identification of some skeletal deformities in freshwater teleosts raised in Egyptian aquaculture. *Chemosphere*, 77: 419–425.

- Guilherme L. C. (1992): Teste de progênie em *Oreochromis niloticus* (Trewavas, 1982) submetidos a inversão sexual. *Cienc Pratica Lavras* 16: 283-287.
- Gunter, G. (1948): A discussion of abnormal scale patterns in fishes, with notice of another specimen with reversed scales *Copeia* 1948: 280–285.
- Gunter G., Ward J. W. (1961): Some fishes that survive extreme injuries, and some aspects of tenacity of life. *Copeia* 19: 456–462
- Halver J. E., Ashley L. M., Smith R. R. (1969): Ascorbic acid requirement of coho salmon and rainbow trout. *Trans. Amer. Fish. Soc* 98: 762–771.
- Havel L., Přikryl I., Vlasák P., Kohušová K. (2010): Hydrická rekultivace zbytkových jam po těžbě hnědého uhlí I. *Limnologické noviny* 2010-3.
- Hilger I., Ullrich S., Anders K. (1991): A new ulcerative flexibacteriosis-like disease ('yellow pest') affecting young Atlantic cod *Gadus morhua* from the German Wadden Sea. *Diseases of Aquatic Organisms* 11: 19–29.
- Holm J., Palace V., Siwik P., Sterling G., Evans R., Baron C, Werner J, Wautier K. (2005): Developmental effects of bioaccumulated selenium in eggs and larvae of two salmonid species. *Environmental Toxicology and Chemistry* 24: 2373- 2381.
- Issa A. M. A. (2008): Studies on the most prevailing problems associated with fish anomalies in Lake Tamsah. Master Thesis. Faculty of Veterinary Medicine, Suez Canal University.
- Jawad L. A. (2005): Scale deformities in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (*Acrinopterygii: Cichlidae*) from Sudan. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 35 (1): 61–63.
- Jawad L. A., Al – Mamry J. (2011): Scale deformities in Rohu *Labeo rohita* (*Osteichthyes cyprinidae*) Ser. hist. nat.: 21(2).
- Jůza T. (2003): Růst vybraných druhů ryb v různých typech vod ČR, Bakalářská práce, Biologická fakulta Jihočeské Univerzity, České Budějovice, 75 s.

- Kessabi K., Annabi A. Hassine A. I. H., Bazin I., Mnif W., Said K., Messaoudi I. (2013): Possible chemical causes of skeletal deformities in natural populations of *Aphanius fasciatus* collected from the Tunisian coast. *Chemosphere* 90: 2683–2689.
- Koumoundouros G., Gagliardi F., Divanach P., Boglione C., Cataudella S., Kentouri M. (1997): Normal and abnormal osteological development of caudal fin in *Sparus aurata* L. *Aquaculture* 149: 215–226.
- Kroupa F. (2012): Historie a současnost. In Šutera a kol (eds.): Příroda nádrže Milada – území po zatopení dolu Chabařovice, Lesnická práce s. r. p. 9 – 15, 208 s.
- Kružíková K., Dušek L., Jarkovský J., Hejtmánek M., Vostradovský J., Poleszczuk G., Svobodová Z. (2011): Long – Term Monitoring of Mercury Content in Fish From the Želivka Reservoir – Syndrom of Newly Filled Reservoir, *Int. J. Electrochem. Sci.* 6: 5956–5967.
- Kryl V., Fröhlich E., Sixta J. (2002): Zahlazení hornické činnosti a rekultivace, VŠB - Technická univerzita Ostrava, Ostrava, 80 s.
- Kubečka J. (1993): Night inshore migration and capture of adult fish by shore seining. *Aquaculture and Fisheries Managment* 24: 685-89.
- Kubečka J., Prchalová M., Draštík V., Jůza T., Peterka J., Říha M., Vašek M. (2006): Komplexní průzkum rybí obsádky nádrže Chabařovice v roce 2005, Zpráva HbÚ pro Palivový kombinát Ústí, s. p., 23 s.
- Kubečka J., Peterka J., Draštík V., Jůza T., Prchalová M., Říha M. (2007): Komplexní průzkum rybí obsádky nádrže Chabařovice v roce 2006, Zpráva HbÚ pro Palivový kombinát Ústí, s. p., 19 s.
- Kvaček Z., Dvořák Z., Mach K., Sakala, J. (2004): Třetihorní rostliny severočeskéhnědouhelné pánve, Granit s.r.o., Praha.

- Lemly, A. D. (2002): Symptoms and implications of selenium toxicity in fish: The Belews Lake case example. *Aquatic Toxicology* 57: 39-49.
- Lepš J., Šmilauer P. (2003): *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Lim C., Lovell R. T. (1978): Pathology of vitamin C deficiency syndrome in channelcatfish (*Ictalurus punctatus*). *J. Nutr.* 108: 1137–1146
- Mehrdad Y., Mehdi R. Mahsa A. (2011): A Radiographical Study on Skeletal Deformities in Cultured Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Iran, Faculty of Veterinary Medicine, Islamic Azad University - Shahrekord Branch, Shahrekord, Iran.
- Mehrle P. M., Mayer J. F. L. (1977): Bone development and growth of fish as affected by toxaphene. In: Suffet I. H. (Ed.): *Fate of pollutants in air and water environments*. Part 2. Wiley Interscience Publishers, New York, New York, USA.
- Møllergaard, S., Bagge O. (1998): Fishing gear-induced skin ulceration in Baltic cod, *Gadus morhua* L. *Journal of Fish Diseases* 21: 205–213.
- Milton J. B. (1971): Meristic abnormalities in *Fundulus heteroclitus*. Technical Report No. 9. Marine Science Research Centre, State University of New York.
- Mount D. I., Stephen C. E., (1967): A method for establishing acceptable toxicant limits for malathion in fish. *Trans. Am. Fish. Soc.* 96: 185–193.
- Noga E. J., Levine J. F., Dykstra M. J., Hawkins J. H. (1988): Pathology of ulcerative mycosis in Atlantic menhaden *Brevoortia tyrannus*, *Diseases of Aquatic Organisms* 4: 189-197.
- Nzau Matondo B., Ovidio M., Philippart J. C., Poncin P. (2013): Spawning behaviour and mating success in hybrids of silver bream (*Blicca bjoerkna* L.) and rudd (*Scardinius erythrophthalmus* L.) in an experimental environment *Animal Biology* 63 119 –130 s.

- Orska J. (1962): Anomalies in the vertebral columns of the Pike *Esox lucius*. Acta Biologica Cracovtenym Series for Zoology 5: 327-345.
- Pasnik D. J., Evans J. J. Klesius P. H. (2007): Development of skeletal deformities in a Streptococcus agalactiae-challenged male Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodfish and in its offspring. Bull Eur Assoc Fish Pathol 27: 169-176.
- Pecharová E., Pechar L., Broumová H., Wotavová K., Hais M., Šmahel L., Procházka J., Sýkorová Z., Vácha A., Havelka L., Sklenička P., Pixová K., Svoboda I., Trpák P., Trpáková I., Příkryl I., Drábek K. (2004): Aspekty dlouhodobé udržitelnosti při obnově podkrušnohorské krajiny, MŽP ČR, Praha, 130 s.
- Peterka J., Kubečka J., Čech M., Draštík V., Frouzová J., Jůza T., Prchalová M. (2008): Průzkumy rybí obsádky jezera Chabařovice v roce 2007, Akademie věd ČR, Hydrobiologický ústav, České Budějovice, 23 s.
- Peterka J., Kubečka J., Draštík V., Jůza T., Frouzová J., Čech M., Prchalová M. (2010): Komplexní průzkum rybí obsádky jezera Chabařovice v roce 2009, Akademie věd ČR, Hydrobiologický ústav, České Budějovice, 23 s.
- Peterka J., Kubečka J., Draštík V., Čech M., Blabolil P., Frouzová J., Jůza T. (2011): Komplexní průzkum rybí obsádky jezera Chabařovice v roce 2010, Akademie věd ČR, Hydrobiologický ústav, České Budějovice, 19 s.
- Peterka J., Kubečka J., Draštík V., Čech M., Jůza T., Frouzová J., Prchalová M., Říha M., Blabolil P., Bouše E., Hohausová E., Jankovský M., Jarolím O., Kočvara L., Kratochvíl M., Muška M., Richta J., Sajdllová Z., Soukalová K., Tušer M., Vašek M., Vejřík L., Veselý L., Uhlířová A., Uhlíř F., Adámek Z., Jurajda P., Havel L., Vlasák P. (2012): Ryby nádrže Milada. In Šutera a kol (eds.): Příroda nádrže Milada – území po zatopení dolu Chabařovice, Lesnická práce s.r.p, 92 – 111. 208 s.
- Peterka J., Draštík V., Soukalová K., Kubečka J. (2013): Komplexní průzkum rybí obsádky jezera Chabařovice v roce 2012, Akademie věd ČR, Hydrobiologický ústav, České Budějovice, 15 s.

- Piálek, L., Říčan O. (2009): Analýza hybridismu tzv. mnohošupinaté formy perlína ostrobřichého (*Scardinius erythrophthalmus*) a plotice obecné (*Rutilus rutilus*) z jezera Chabařovice. Zpráva PřF JU pro Palivový kombinát Ústí n. L, České Budějovice, 4 s.
- Pivnička K. (1992): The Klíčava Reservoir, Czechoslovakia: a 30 year study of the fish community. Fisheries research 14: 1- 20.
- Ponyton S. H., (1987): Vertebral column abnormalities in brown trout, *Salmo trutta* L. Fish Dis. 10: 53–57.
- Přikryl I., Havel L. (2010): Hydrická rekultivace zbytkových jam po těžbě hnědého uhlí II - Barbora a Chabařovice, Limnologické noviny, roč. 2010 č. 4., Česká limnologická společnost, Praha s. 1-6
- Shah M. S. (1984): Genetic studies in *Poecilia* and *Tilapia*. Ph.D. Dissertation, University of Wales. Swansea. Wales. GB.
- Stanley J. G., Jones J. B. (1975): Morphology of androgenetic and gynogenetic grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Valencienne). J. Fish. Biol. 9: 523 – 528.
- Sun P. L., Brown-Peterson N. J., Hawkins W. E., Overstreet R. M., Krol R. M., Tsaio S. H., Zhu Y. (1998): Morphological and histological abnormalities in tilapia (*Oreochromis spp.*) from two contaminated rivers in southern Taiwan. Environmental Science & Technology 6: 129-152.
- Sun P. L., Hawkins W. E., Overstreet R. M., Brown-Peterson N. J. (2009): Morphological deformities as biomarkers in fish from contaminated rivers in Taiwan. International Journal of Environmental Research and Public Health 6: 2307-2331.
- Svoboda I. (2000): Rekultivace území po těžbě uhlí povrchovým způsobem In: IUAPPA [online], Praha 2000 [cit 6. 11. 2012], Dostupné z WWW <http://www.umad.de/infos/iuappa/pdf/A10.pdf>

- Šimice D. (2010): Kvalita vody a vodní turistika na vybraných západočeských řekách. Diplomová práce. FTVS UK. Praha.
- Šípek V. (2006): Rekultivace, tečka za těžbou uhlí. Vesmír 85 č. 5, s. 304-305
- Taki, I. (1938): On the abnormal arrangement of scales and colour bands in a sole (*Zebrias*), with special reference to its adverse scales. Journal of Science of the Hiroshima University, Ser.B, Div. 16 (3): 1–14.
- Tave D, Bartels J. E., Smitherman R. O., (1982): Stumpbody *Sarotherodon aureus* (Steindachner) (= *Tilapia aurea*) and tail-less *S. niloticus* (L.) (= *T. nilotica*): two vertebral anomalies and their effects on body length. Journal of Fish Diseases 5: 487-494.
- Tave D., Jae-Yoon J., Dong-Soo K. (2011): Gross Abnormalities in Tilapia, Fisheries and aquatic sciences 14(2): 148.
- Tomita H. (1992): Rs-2 and mo mutants in the medaka (*Oryzias latipes*). 63rd Annu. Meet, of the Zoological Society of Japan. Sendai (Japan).
- Treasurer J. (1992): Vertebral anomalies associated with *Myxobolus* sp. In perch, *Perca fluviatilis* L. *Scottish loch*. Bull. Europ. Assoc. Fish Pathol. 12: 61–63
- Ťuk J. (2008): Vývoj ichtyofauny nově napouštěné nádrže Chabařovice. Diplomová práce, ZF JU, České Budějovice, 48 s.
- Uhlířová, A. (2009): Vyhodnocení analýz rybí tkáně. Palivový kombinát Ústí, Ústí n. L., 5 s.
- Uhlířová, A. (2010): Vyhodnocení analýz rybí tkáně. Palivový kombinát Ústí, Ústí n. L., 3 s.
- Vlasák, P., Adámek, Z., Havel, L., Jurajda, P. (2002): Zatápění zbytkové jámy Chabařovice. Zpráva VÚV TGM pro MŽP ČR, 40 s.
- Vogel G. (2000): Zebrafish earns its stripes in genetic screens. Science 288: 1160–1161.

Vráblíková J., Farský M., Zahálka J., Jeřábek M., Jirásek P., Blažková M., Šoch M., Neruda M., Seják J., Dejmál I. (2008): Revitalizace antropogenně postižené krajiny v Podkrušnohoří, I. část Přírodní a sociálně ekonomické charakteristiky disparit průmyslové krajiny v Podkrušnohoří, FŽP UJEP Ústí nad Labem, Ústí nad Labem, 182 s.

Vráblíková J., Vráblík P., Seják J. (2009): Metodika revitalizace krajiny v postižených regionech Podkrušnohoří. FŽP UJEP, Ústí nad Labem, Ústí nad Labem, 77 s.

Welch E. B., Lindell T. (1980): Ecological Effect of Waste Water. Cambridge University Press. 318 – 319 p.

Yamamoto T. O. (1977): Inheritance of nacreous-like scaleness in the Ginbuna, *Carassius auratus langsdorfii*. Japanese Journal of Genetics 52(5): 373-377.

Yershov P. N. (2008): The Vertebral Abnormalities in Eelpout (*Zoarces viviparus*). Proceedings of the Zoological Institute RAS 12: 74–82.

7.2 **Zákony**

Zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon)