



Fakulta rybnářství  
a ochrany vod  
Faculty of Fisheries  
and Protection  
of Waters

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice



Fakulta rybnářství  
a ochrany vod  
Faculty of Fisheries  
and Protection  
of Waters

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

---

## Výživa reofilních kaprovitých ryb

---

K. Roy, L. Kajgrová, P. Dvořák, J. Mráz



ISBN 978-80-7514-143-9





Fakulta rybnářství  
a ochrany vod  
Faculty of Fisheries  
and Protection  
of Waters

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

# Výživa reofilních kaprovitých ryb

---

K. Roy, L. Kajgrová, P. Dvořák, J. Mráz

Vodňany, 2022



EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství

**Vydání a tisk publikace byly uskutečněny v rámci Operačního programu  
Rybářství 2014–2020:**

*„Metodika IX“ č. CZ.10.5.109/5.2/4.0/20\_017/0001096*

**Obsahová část metodiky je výsledkem řešení výzkumných projektů:**

**MZe ČR Projekt NAZV (QK1920326) – 50 %**

**MZe ČR projekt NAZV (QK1810296) – 25 %**

**MŠMT projektů CENAKVA (LM2018099) – 15 %**

**a GAJU (GAJU 020/2020/Z) – 10 %**



č. 192

ISBN 978-80-7514-143-9

## **OBSAH**

<b>1. CÍLE METODIKY</b>	<b>7</b>
<b>2. VLASTNÍ POPIS METODIKY</b>	<b>7</b>
2.1. Úvod	7
2.2. Parma obecná jako modelový druh	9
2.3. Výpočet optimální úrovně živin v krmivu	14
2.4. Výběr vhodného krmiva	16
2.5. Růstový experiment: optimální výživa parmy obecné v umělém chovu	22
2.6. Obecná diskuze	30
<b>3. SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“</b>	<b>32</b>
<b>4. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY</b>	<b>32</b>
<b>5. EKONOMICKÉ ASPEKTY</b>	<b>33</b>
<b>6. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISIJÍCÍ LITERATURY</b>	<b>33</b>
<b>7. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE</b>	<b>38</b>



### 1. CÍLE METODIKY

Cílem metodiky je demonstrovat, jak navrhnout optimální výživu reofilních kaprovitých ryb chovaných v umělých podmínkách. Většinou se jedná o druhy, u nichž je nedostatek údajů o jejich výživě a nutričních požadavcích. Dosavadní způsob chovu je založen na krmení krmiva určeného pro fylogeneticky příbuzného kapra obecného (*Cyprinus carpio* L.), jehož nutriční požadavky jsou standardizovány. Metodika poukazuje na to, že krmivo pro kapra nemusí být pro reofilní kaprovité ryby vždy optimální a navrhuje, jak vybrat nejlepší krmivo (s optimální úrovní živin pro vybraný druh). Při výběru vhodného krmiva jsme vycházeli z výpočtů založených na živinovém složení těla reofilních kaprovitých ryb, složení přirozené potravy a standardizovaných nutričních požadavků fylogeneticky příbuzných. Rovněž jsme optimalizovali rozhodnutí managementu týkající se samotného krmení na základě optimálních podmínek v přirozeném prostředí (teplota, průtok vody, změna složení potravy v průběhu ontogenetického vývoje atd.) a výsledků metaanalýzy publikované literatury zaměřené na růst těchto ryb chovaných v umělých podmínkách při dosavadním způsobu chovu (konvenční chov) (krmivo, teplota, hustota obsádky, proudění vody atd.). V mnoha aspektech studie nabízí nové informace, které by bylo možné přímo využít při probíhajících pokusech o znovuoobnovení populací reofilních kaprovitých ryb, nebo lze navrhaný rámec použít na jiných místech či situacích, kdy je práce s nedostatkem dat nezbytná a nevyhnutelná.

### 2. VLASTNÍ POPIS METODIKY

#### 2.1. Úvod

Sladkovodní ryby jsou nejohroženější skupinou mezi obratlovci, přičemž 39 % všech evropských druhů ryb hrozí vyhynutí (Mueller a kol., 2018). V minulosti reofilní ryby, jako například pstruh obecný (*Salmo trutta* L.), lipan podhorní (*Thymallus thymallus* L.), ostroretka stěhovavá (*Chondrostoma nasus* L.) a parma obecná (*Barbus barbus* L.), dominovaly v horních úsecích mnoha evropských řek. V současné době je jejich lov v takových úsecích omezen jen na několik kusů. V hlavních středoevropských řekách byly nejmarkantnější poklesy u litofilních druhů lipanového až parmového pásma vodních toků, jako například pokles lipana podhorního, ostroretky stěhovavé a parmy obecné. Nevýhodou je i jejich delší doba dosažení pohlavní dospělosti oproti menším druhům ryb (Mueller a kol., 2018). Proto jsme se zaměřili právě na reofilní kaprovité ryby.

V současnosti v Evropě probíhají záchranné programy obnovy populací reofilních ryb (Antognazza a kol., 2016). Většina populací říčních druhů ryb je pravidelně dosazována násadou z akvakulturních chovů a líhní. Ryby se nasazují jako jikry v očních bodech, jako váčkový plůdek nebo se nechávají dolíhnout v aparátech přímo v toku, popřípadě jsou vysazovány starší věkové kategorie (1+) (Kamiński a kol., 2010; Antognazza a kol., 2016; Bašič a Britton 2016; García-Vega a kol., 2020). Rozhodnutí o tom, jaká velikost násadového materiálu bude pro vysazení zvolena, předchází mnoho kompromisů, protože líhně například nemají dostatečnou kapacitu či vhodné přepravní zařízení. Nezbytné je zohlednit i podmínky prostředí v lokalitě vysazení, dostupnost přirozené potravy, přítomnost dravců či kompetiční tlak dalších jedinců apod. (Fushimi, 2001; Brown a Day, 2002; Huntingford, 2004; Thompson a kol., 2020; Hasegawa a kol., 2021). Vzhledem k ekonomice chovu a logistice dávají producenti násadového materiálu přednost vysazování, potažmo přepravě menších velikostí ryb (Fushimi, 2001; Brown a Day, 2002), avšak rozmach mimosezónních výtěrů nabízí nové možnosti (Thompson a kol., 2020). Nicméně, dosazování volných vod násadami ryb z umělých chovů neprobíhá vždy úspěšně (García-Vega a kol., 2020). Největším problémem pro násady ryb je náhlý přechod z řízeného farmového chovu na přirozený způsob života, bez vhodné aklimatizace a v nevhodné kondici, jež může být způsobena i nevhodnou výživou (Brown a Day, 2002). Kvalita výživy násadových ryb v umělém chovu je často opomíjená, a proto nekvalitní. Nekvalitní výživa vede k morfologickým změnám ryb, nedostatku určitých živin (Porak a kol., 2002; Wintzer a Motta, 2005; Dinken a kol., 2020) a následně i úhynům ryb po vysazení. Tyto úhyny (většinou do několika dnů po vysazení) jsou přiřazeny nevhodným podmínkám prostředí, nicméně, důvodem může být právě nevhodná výživa (u ryb nemusí být detekovány vnější deformity). Úhyny mohou být i následkem nedostatečné adaptace na přirozené podmínky bez ohledu na výživu v umělém chovu. Nutriční požadavky pro reofilní kaprovité ryby nejsou standardizovány, na rozdíl od jiných v akvakultuře chovaných ryb. Dosavadní způsob chovu reofilních kaprovitých ryb je většinou založen na použití krmiva určeného pro kapra obecného. Kapr obecný je fylogeneticky příbuzný reofilním kaprovitým rybám, nicméně jejich nutriční požadavky se mohou zásadně lišit.

Názory na to, zda může být dosazování volných vod řešením, se rozcházejí (Einum a Fleming, 2001), zejména přihlédneme-li k faktu, že na mnoha lokalitách nedochází k obnově původních stanovišť vysazovaných ryb (Brown a Day, 2002; Geist a Hawkins, 2016). Nicméně, důsledky mortality nelze ignorovat ani ze strany chovu násad. Například příliš malá velikost při vysazení v kombinaci s vysokou mortalitou, tj. vysazení váčkového plůdku místo rychleného plůdku (Bilton a kol., 1982; Hyvärinen a Vehanen, 2004; García-

## VÝŽIVA REOFILNÍCH KAPROVITÝCH RYB

Vega a kol., 2020; Hasegawa a kol., 2021), nebo ztráta přirozených reflexů (či jiné behaviorální a ekologické deficity) způsobené umělým odchovem (Brown a Day, 2002; Huntingford, 2004). Několik studií potvrzuje hypotézu „větší velikost je lepší“ v kontextu přežití po vysazení do volné vody (Bilton a kol., 1982; Sogard, 1997; Lorenzen, 2000; Brown a Day, 2002; Hyvärinen a Vehanen, 2004; Shiau a kol., 2020; Thompson a kol., 2020). Předpokládáme, že ryby, které jsou chovány v umělých podmínkách kratší dobu, a tedy jsou méně ovlivněny umělým chovem, mají větší šanci na zachování přirozených instinktů a reflexů (behaviorální deficity nejsou většinou permanentní). Avšak podmínkou vyšší životaschopnosti vysazených jedinců není jen výživa samotná, ale i vhodná příprava na přirozený způsob života.

---

### 2.2. Parma obecná jako modelový druh

---

Juvenilní až subadultní jedinci (délka 6–25 cm) reofilních kaprovitých ryb parmy obecné, ostroretky stěhovavé, bolena dravého (*Leuciscus aspius* L.) a podoustve říční (*Vimba vimba* L.) byli odloveni (min. 6 jedinců na druh) na řece Vltavě a Berounce během vegetačního období (květen–srpen). Vzorky ryb byly převezeny do laboratoře, zhomogenizovány a skladovány při -80 °C. Následně byly zpracovány akreditovanou laboratoří (Agrola, s.r.o.) dle certifikovaných protokolů (ISO). Bylo provedeno stanovení živinového složení těla ryb (sušina, bílkoviny, lipidy, vláknina, popeloviny, bezdusíkaté látky výtažkové), fosforu a 18 aminokyselin (methionin, lysin, threonin, kyselina asparagová, serin, kyselina glutamová, glycin, alanin, tyrosin, valin, fenylalanin, isoleucin, leucin, histidin, arginin, cystein, prolin, tryptofan; obsahující esenciální, funkční a neesenciální aminokyseliny). Analýzy mastných kyselin byly prováděny interně v Laboratoři výživy FROV JU (Mráz a Pickova, 2009).

Zjištěné hodnoty živinového složení těla sledovaných druhů ryb byly podrobeny statistické analýze (na hladině významnosti 0,05). Z výsledků analýz jsme stanovili statisticky významné mezidruhové rozdíly v živinovém složení těla posuzovaných druhů ryb. Druhy, u nichž byly rozdíly v živinovém složení těla statisticky nevýznamné ( $p > 0,05$ ), byly brány jako podobné (tj. řazeny do jedné skupiny bez ohledu na druh). Získaná data byla nejprve podrobena testu normality (Shapiro-Wilkov test); dle hodnoty  $p$  byla vybrána buď jednosměrná analýza rozptylu (one-way ANOVA) následovaná post-hoc analýzou Tukey HSD (parametrický test), nebo Kruskal-Wallis analýza následovaná Dunnovým testem s Bonferroniho korekcí (neparametrický test). Testy byly provedeny v RStudiu v1.2.5042 pomocí knihovny „e1071“, „dunn.test“ a „FSA“ (Lunda a kol., 2020; R Core Team, 2020).



Detailní živinové složení těla zmíněných druhů ryb je uvedeno v Tab. 1A,B. Na základě výše popsaných statistických analýz má parma obecná statisticky srovnatelné ( $p > 0,05$ ) složení těla jako ostatní námi vzorkované reofilní kaprovité ryby (Tab. 1A,B). Považujeme ji tedy za reprezentativní druh reofilních kaprovitých ryb z pohledu živinového složení těla. Bílkoviny, téměř všechny aminokyseliny, 11 z 21 mastných kyselin, fosfor a nebiřkovinná energie byly statisticky srovnatelné (rozdíl statisticky nevýznamný;  $p > 0,05$ ) (Tab. 1A,B). Proto a pro relativně lepší dostupnost dat (Tab. 2) byla parma vybrána jako modelový druh i pro ostatní původní evropské druhy reofilních kaprovitých ryb (Sommerwerk a kol., 2009; Mueller a kol., 2014, 2018).

## VÝŽIVA REOFILNÍCH KAPROVITÝCH RYB

**Tab. 1A.** Detailní složení těla parmy obecné, ostroretky stěhovavé, bolena dravého, bolena dravého, podobnost říční a mezidruhové porovnání podobnosti živinového složení těla ryb. Veškeré hodnoty jsou vypočteny z původní (živé) hmotnosti ryb. Zkratky: P = fosfor, N = dusík, NPE = nebilkovinná energie, NPE: P = poměr nebilkovinné energie a bílkovin, NPE: GE = poměr nebilkovinné energie a hrubé energie.

Parametr (A)	Parma obecná ( <i>Barbus barbus</i> )		Ostroretka stěhovavá ( <i>Chondrostoma nasus</i> )		Bolen dravý ( <i>Leuciscus aspius</i> )		Podoustev říční ( <i>Vimba vimba</i> )		Reofilní kaprovité ryby	
	Průměr	± S.D.	Průměr	± S.D.	Průměr	± S.D.	Průměr	± S.D.	Podobné (p > 0,05)	Odišné (p < 0,05)
Základní živinové složení těla ryb (živé hmotnosti)										
Sušina (%)	26,25	0,74	25,50	1,10	24,20	0,64	30,80	1,31	Parma, ostroretka, bolen ↓	podoustev ↑
Bílkoviny (%)	15,48	1,13	15,23	0,74	16,53	0,62	16,67	0,42	Parma a všechny	Parma a všechny
Lipidy (%)	4,17	1,28	2,13	0,10	0,60	0,57	6,87	1,86	Parma, ostroretka ↔	bolen ↓, podoustev ↑
Popeloviny (%)	2,72	0,04	3,86	0,47	5,01	0,45	4,14	0,37	Ostroretka, bolen, podoustev ↑	parma ↓
Sacharidy (%)	2,92	0,88	4,28	0,37	2,06	0,37	3,12	0,62	Parma a všechny	Parma a všechny
Fosfor (%)	0,56	0,07	0,79	0,06	0,90	0,10	0,61	0,07	Parma, ostroretka, podoustev ↓	bolen ↑
P: N (mg: g <sup>-1</sup> )	224,42	13,42	325,23	17,07	339,89	34,75	230,94	32,33	Parma, podoustev ↓	bolen, ostroretka ↑
Energetické rezervy (na 100 g živé hmotnosti)										
Hrubá energie (kcal)	111,16	10,52	97,18	4,75	79,74	6,65	140,98	15,94	Parma, ostroretka, bolen ↓	podoustev ↑
NPE (kcal)	49,23	15,05	36,25	2,15	13,61	6,27	74,31	14,26	Parma, ostroretka ↔	bolen ↓, podoustev ↑
NPE: P (kcal: g <sup>-1</sup> )	3,26	1,16	2,38	0,10	0,82	0,37	4,44	0,75	Parma, ostroretka, podoustev ↑	bolen ↓
NPE: GE (cal: cal <sup>-1</sup> )	0,43	0,10	0,37	0,01	0,17	0,06	0,52	0,04	Parma, ostroretka, podoustev ↑	bolen ↓
Kompozice aminokyselin (% z celkového obsahu bílkovin)#										
Methionin**	3,27	0,25	3,78	0,12	3,94	0,14	3,12	0,09	Parma, ostroretka, bolen ↑	podoustev ↓
Lysin**	7,32	0,43	8,25	0,43	7,79	0,38	7,54	0,07	Parma a všechny	Parma a všechny
Threonin**	4,38	0,30	5,19	0,16	4,37	0,21	4,37	0,04	Parma, bolen, podoustev ↓	ostroretka ↑
Kyselina asparagová	9,02	0,41	10,55	0,13	10,04	0,45	9,32	0,28	Parma, bolen, podoustev ↓	ostroretka ↑
Serin	4,14	0,08	5,22	0,22	4,62	0,12	4,61	0,12	Podoustev, bolen ↔	parma ↓, ostroretka ↑
Kyselina glutamová*	14,44	0,05	13,05	0,10	13,81	0,97	13,07	0,36	Parma a všechny	Parma a všechny
Glycin*	8,30	0,93	7,61	0,39	8,09	0,29	6,85	0,04	Parma a všechny	Parma a všechny
Alanin	7,23	0,75	7,25	0,58	7,42	0,18	6,02	0,08	Parma a všechny	Parma a všechny
Ivrosin	2,35	0,39	3,20	0,18	2,85	0,15	3,41	0,22	Ostroretka, bolen, podoustev ↑	parma ↓
Valin**	4,93	0,35	5,07	0,07	4,39	0,20	4,73	0,02	Parma a všechny	Parma a všechny
Fenylalanin**	4,35	0,47	4,53	0,10	4,07	0,11	4,55	0,15	Parma a všechny	Parma a všechny
Isoleucin**	4,19	0,34	4,35	0,06	3,78	0,20	4,16	0,03	Parma a všechny	Parma a všechny
Leucin**	7,77	0,58	8,46	0,25	7,46	0,34	7,55	0,02	Parma a všechny	Parma a všechny
Histidin**	3,59	0,35	3,26	0,10	2,68	0,24	3,16	0,07	Parma a všechny	Parma a všechny
Arginin**	4,22	0,44	5,56	0,85	4,15	0,14	4,39	0,06	Parma, bolen, podoustev ↓	ostroretka ↑
Cystein	0,92	0,06	1,04	0,01	1,05	0,06	1,02	0,02	Parma a všechny	Parma a všechny
Prolin*	0,94	0,10	0,74	0,07	0,82	0,02	0,99	0,00	Parma a všechny	Parma a všechny
Tryptofan**	0,54	0,11	0,21	0,01	0,15	0,04	0,40	0,06	–	všechny
*Neessenční, ale funkční aminokyseliny.										
**Essenciální aminokyseliny.										

**Tab. 1B.** Detailní složení těla parmy obecné, ostroretky stěhovavé, bolena dravého, podoustve říční a mezidruhové porovnání podobnosti živinového složení těla ryb. Veškeré hodnoty jsou vypočteny z původní (živé) hmotnosti ryb. Zkratky: SFA = nasycené mastné kyseliny, MUFA = mononenasyčené mastné kyseliny, PUFA = polynenasycené mastné kyseliny, n-3 FA = omega-3 mastné kyseliny, n-6 FA = omega-6 mastné kyseliny.

Parametr (B)	Parma obecná ( <i>Barbus barbus</i> )		Ostroretka stěhovavá ( <i>Chondrostoma nasus</i> )		Bolen dravý ( <i>Leuciscus aspius</i> )		Podoustev říční ( <i>Vimba vimba</i> )		Reofilní kaprovité ryby	
	Průměr	± S.D.	Průměr	± S.D.	Průměr	± S.D.	Průměr	± S.D.	Podobné (p > 0,05)	Odlíšné (p < 0,05)
Kompozice mastných kyselin (% celkového obsahu mastných kyselin)##										
C14:0	2,48	0,03	3,44	0,28	1,10	0,54	4,80	—	Parma, ostroretka ↔	bolen ↓, podoustev ↑
C14:1	0,10	0,01	0,07	0,05	0,13	0,03	0,19	—	Parma a všechny	—
C16:0	17,55	0,42	19,66	0,18	17,33	0,68	18,23	—	Parma, bolen, podoustev ↓	ostroretka ↑
C16:1	7,11	0,69	26,53	0,60	4,29	1,48	12,73	—	Parma, bolen, podoustev ↓	ostroretka ↑
C18:0	3,18	0,45	3,09	0,09	8,24	1,22	4,42	—	Parma, ostroretka, podoustev ↓	bolen ↑
C18:1n-9	34,33	1,17	5,98	0,44	17,57	3,63	27,79	—	Bolen, podoustev ↔	parma ↑, ostroretka ↓
C18:1n-7	3,59	0,14	5,35	0,07	6,04	0,89	4,92	—	Parma a všechny	—
C18:2n-6	15,83	0,72	0,94	0,13	3,94	1,13	5,73	—	Bolen, podoustev ↔	parma ↑, ostroretka ↓
C18:3n-3	2,93	0,19	0,80	0,14	1,22	0,62	4,06	—	Parma, bolen, podoustev ↑	ostroretka ↓
C20:0	0,17	0,02	0,11	0,01	0,28	0,03	0,17	—	Parma, ostroretka, podoustev ↓	bolen ↑
C20:1n-9	2,70	0,21	0,62	0,01	0,98	0,08	0,60	—	Ostroretka, bolen, podoustev ↓	Parma ↑
C20:2n-6	0,30	0,01	0,13	0,01	0,98	0,12	0,32	—	Parma, ostroretka, podoustev ↓	bolen ↑
C20:4n-6	1,08	0,03	0,97	0,02	10,01	1,37	1,15	—	Parma, ostroretka, podoustev ↓	bolen ↑
C20:3n-3	0,12	0,01	0,17	0,03	0,99	0,16	0,36	—	Parma, ostroretka, podoustev ↓	bolen ↑
C22:0	0,02	0,02	—	—	—	—	—	—	—	—
C22:1n-9	0,13	0,00	0,21	0,02	0,05	0,00	—	—	—	—
C20:5n-3	2,28	0,34	21,08	0,75	4,59	0,11	8,84	—	Podoustev, bolen ↔	parma ↓, ostroretka ↑
C24:0	0,36	0,16	0,11	0,01	0,17	0,03	—	—	—	—
C24:1n-9	0,13	0,02	0,11	0,02	0,30	0,11	—	—	—	—
C22:5n-3	0,75	0,08	3,34	0,19	3,29	0,60	2,30	—	Ostroretka, bolen, podoustev ↑	parma ↓
C22:6n-3	4,86	0,04	7,35	0,48	18,53	3,05	3,39	—	Parma, podoustev ↓	ostroretka, bolen ↑
ΣSFA	23,75	0,24	26,38	0,46	27,12	1,11	27,61	—	Ostroretka, bolen, podoustev ↑	parma ↓
ΣMUFA	48,10	0,58	38,85	0,89	29,32	4,55	46,23	—	Parma, ostroretka, podoustev ↑	bolen ↓
ΣPUFA	28,15	0,67	34,77	1,29	43,56	3,69	26,16	—	Parma, ostroretka, podoustev ↓	bolen ↑
Σn-3 FA	10,95	0,44	32,73	1,41	28,62	2,94	18,95	—	Ostroretka, bolen ↑	parma, podoustev ↓
Σn-6 FA	17,21	0,76	2,04	0,15	14,93	1,43	7,20	—	Parma, bolen ↑	ostroretka, podoustev ↓

##U podoustve říční nedostatečné množství materiálu k analýze.

**Tab. 2.** Potravní základna bolena dravého, parmy obecné, ostrorečky stěhovavé a podoustve říční z povodí Dunaje. Podíl jednotlivých potravních složek v dietě ryb je mapován barevnou stupnicí; zelené buňky označují primární (preferovanou) potravu.

Druh ryby	Potravní složka							Reference
	Drobné ryby	Makrozoobentos	Zooplankton	Vláknité řasy	Mlži	Balast*		
Bolen dravý	1,00							Křpo-Četkovič a kol. (2010)
Bolen dravý	0,98		0,02					Vasek a kol. (2018)
Bolen dravý	0,95	0,05						Vasek a kol. (2018)
Bolen dravý	0,20	0,70	0,10					Vasek a kol. (2018)
Bolen dravý	0,65	0,25	0,10					Vasek a kol. (2018)
Bolen dravý	0,81	0,19						Adamek a kol. (2019)
Parma obecná		0,95				0,05		Bischoff a Freyhoff (1999)
Parma obecná		0,98				0,02		Senk a Aganovic (1968)
Parma obecná		0,82			0,11	0,07		Adamek a Obrdlík (1977)
Parma obecná		0,43			0,49	0,08		Adamek a Obrdlík (1977)
Parma obecná		0,67			0,18	0,15		Adamek a Obrdlík (1977)
Parma obecná		0,54			0,40	0,06		Losos a kol. (1980)
Parma obecná		0,99				0,01		Lenhardt a kol. (1996)
Parma obecná		0,80			0,10	0,10		Filipovic a Jankovic (1978)
Parma obecná		0,38			0,60	0,02		Cerghou a kol. (2002)
Parma obecná		1,00						Szito a Gyore (1995)
Ostrorečka stěhovavá		0,57	0,32			0,11		Reckendorfer a kol. (2001)
Podoustev říční				0,61	0,38	0,02		Okgerman a kol. (2013)
Podoustev říční				0,48	0,52			Okgerman a kol. (2013)

\*Balast = kolaterální vstupy bez nutriční hodnoty konzumované při hledání primární potravu (např. detritus, písek)

### 2.3. Výpočet optimální úrovně živin v krmivu

Abychom racionalizovali strategii výběru krmiva pro parmu obecnou a zjistili, zda je dosavadní způsob krmení optimální nebo zda je potřeba krmivo vybírat důkladněji, intuitivně jsme aplikovali znalosti o výživě ryb a nutriční bioenergetice. Požadovanou (cílovou) úroveň živin v krmivu jsme potom vypočítali třemi způsoby:

- **Metoda A:** z živinového složení přirozené potravy.
- **Metoda B:** z živinového složení těla ryb chycených v přirozených podmínkách.
- **Metoda C:** vycházející ze standardizovaných nutričních specifikací (NRC, 2011) fylogeneticky příbuzného kapra obecného (dosavadní způsob krmení = konvenční krmení).

**Metoda A:** živinové složení preferované (primární) přirozené potravy se vynásobí 0,9. Vzorec pro metodu A je následující: ***cílová úroveň živin = obsah hrubých živin (přirozená potrava) × 0,9***. Multiplikační faktor byl stanoven na 0,9, protože preferovaná potrava (Tab. 2) nemusí vždy zabírat 100% střeva, i přesto, že je v dostatečném množství; část střeva (~10 % nebo 0,1) může zabírat balastní materiál (např. detritus, písek), který nemusí být pro růst vždy klíčový (Tab. 2). Balast může někdy zahrnovat biofilm a řasy, které mají jistou nutriční hodnotu, ale je obtížné je rozeznat v analýze obsahu střeva. Tab. 2 ukazuje, že při hledání preferované potravy může parma zkonsumovat až 10% balastu. Pro výpočet je zapotřebí použít živinové složení potravních zdrojů (Tab. 3). Pro náš modelový druh, parmu obecnou, jsme jako hlavního zástupce primární potravy použili larvy pakomárů, které jsou uváděny jako nejčastější bezobratlá potrava (Piria a kol., 2005). Metoda A může být limitována skutečností, že poměrně často preferovaná složka přirozené potravy v přírodních podmínkách chybí či je v nedostatku. V takovém případě může sekundární a terciální potrava představovat významnou část potravní základny (= zabírá většinu střeva). Sekundární a terciální potrava (např. rostlinná potrava či mlži) má však nižší obsah žádoucích živin, tudíž pokud takovéto složky potravy používáme pro výpočet, měli bychom postupovat s opatrností (například při výpočtu se vyhnout použití řasy s nízkým obsahem živin).

**Metoda B:** Optimální úroveň živin v potravě reofilních kaprovitých ryb lze odhadnout vydělením obsahu živin v těle reofilních kaprovitých ryb (původní hmotnost ryb) a průměrnou retencí živin u kaprovitých ryb. Vzorec pro metodu B je následující: ***cílová úroveň živin = [obsah živin v těle × (100 / retence)]***. Pro výpočet metody B jsou nezbytná data jak o obsahu živin v těle ryb (Tab. 1), tak i retence živin v těle, kterou jsme odvodili od schématu retence kaprovitých (Roy

## VÝŽIVA REOFILNÍCH KAPROVITÝCH RYB

a kol., 2020a,b). Průměrné hodnoty retence živin u kaprovitých (% hrubého příjmu), které jsme použili, jsou následující: retence bílkovin činí 31 %, retence lipidů 38 % a retence fosforu 45 % (převzato z Roy a kol., 2021).

Stravitelnost bílkovin a aminokyselin (Yamamoto a kol., 1998; Heinitz a kol., 2016) a jejich retence (Roy a kol., 2021) se navzájem podobají, tudíž hodnoty pro bílkoviny lze použít i pro aminokyseliny (Roy a kol., 2020a). Totéž však nelze konstatovat o mastných kyselinách (Roy a kol., 2020a). O rybách je obecně známo, že ve svém těle do určité míry dokážou ovlivňovat stechiometrii mastných kyselin (Turchini a kol., 2009; Bláhová a kol., 2020). Konečný obsah v těle ryb byl tedy použit tak, jak byl změřen během analýz u ryb námi chycených. Přístup B může být podhodnocen, pokud jsou pro výpočet použity ryby ve špatném fyziologickém stavu (způsobené špatnou dostupností potravy, příliš vysokým průtokem či z důvodu špatných životních podmínek). Pokud se chceme vyhnout podhodnocení, doporučujeme odebrat vzorky několika ryb během vrcholu vegetačního období (během léta).

**Metoda C:** Při výpočtu optimální úrovně živin metodou C (reprezentující konvenční krmení) jsme vycházeli z doporučených hodnot (NRC, 2011) pro kapra obecného o velikosti 20 g. Nicméně, požadavky na aminokyseliny u kapra jsou stanoveny pouze pro jedince o velikosti 100–300 g, u něhož je optimální hladina bílkovin 32 %, zatímco u kapra o velikosti 20 g je požadována hladina bílkovin 45 %. Aminokyseliny jsme tedy přepočítali na základě jejich procentuálního příspěvku k optimální hladině bílkovin (45 %). Optimální úroveň fosforu v krmivu pro kapra o hmotnosti 100–300 g je 0,7 % (NRC, 2011), zatímco pro kapry menší velikosti (~20 g) nejsou nároky na fosfor stanoveny. Požadavek na fosfor u menších jedinců, který činí 1,2 %, byl proto převzat z Roy a kol. (2020a). Uvedená hodnota je v souladu s doporučenou úrovní fosforu pro optimální mineralizační procesy v těle a kostech kapra obecného (Nwana a kol., 2010). Zbývající hodnoty (lipidy, mastné kyseliny) byly použity tak, jak byly změřeny v námi chycených rybách.

**Tab. 3.** Základní živinové složení některých potravních složek nacházejících se v habitatech reofilních ryb a složení hmyzí moučky. Data o živinovém složení pochází z řek na území Evropy (vyjádřeno v % sušiny).

Živina	Potravní složka					
	Larvy pakomárů	Hmyzí moučka	Zoo-plankton	Drobné ryby	Mlži	Vláknité řasy
<b>Bílkoviny</b>	56,8	58,8	66,0	65,7	68,7	14,5
<b>Lipidy</b>	4,4	13,3	8,5	11,5	4,1	0,8
<b>Fosfor</b>	1,0	1,2	1,3	3,4	0,9	0,2
<b>Vláknina</b>	4,8	13,3	8,0	–	–	15,6
<b>Popeloviny</b>	21,2	5,0	8,5	18,2	19,1	39,2
<b>Sacharidy</b>	18,5	12,2	8,9	4,7	8,1	30,0
<b>Reference</b>	Roy a kol. (2021)	IAFFD (2020)	Roy a kol. (2021)	Schreckenbach a kol. (2021)	Stańczykowska (1984); Sicuro a kol. (2010)	Planas a kol. (1996); Messyasz a kol. (2015)

#### 2.4. Výběr vhodného krmiva

Na základě výpočtů (vysvětleno výše) bylo stanoveno cílové rozmezí úrovně živin (Tab. 4A,B) a následně vybráno vhodné krmivo pro parmu obecnou (Tab. 5). Prioritními živinami byly bílkoviny, esenciální aminokyseliny (n = 10), neesenciální aminokyseliny (n = 8), tuky a fosfor (Li a kol., 2009; Antony Jesu Prabhu a kol., 2013; Li a Guoyao, 2020). Zaměření na mastné kyseliny omega-3 (n-3) a omega-6 (n-6) bylo sekundární. Za optimální se v krmivech pro kapra považuje rozmezí n-3 mastných kyselin kolem 0,5 až 1 % (NRC, 2011). Všechny komerční krmiva tento požadavek splňují (Tab. 4B). Zaměření na mastné kyseliny bylo proto vedlejší, zatímco zaměření na aminokyseliny a fosfor bylo prioritou (tab. 4A).

Na základě výpočtené úrovně živin v krmivu byla vybrána krmiva od komerčních výrobců. Byla vybrána čtyři komerční krmiva (krmivo A = Aller Futura EX GR 0,5–1,0 mm; krmivo B = Skretting ME-1,0 MP Presta; krmivo C = Skretting ME-3 Meerval Top; krmivo D = Skretting C 4 Carpe-F). Krmiva A a B jsou ekonomicky náročnější, nicméně, z pohledu optimální úrovně živin nejlepší volbou v porovnání s krmivem standardně krmeným v odchovech parmy. Krmiva C a D představovala konvenční krmení (levnější než krmivo A a B), které je postaveno na živinových nárocích kapra.

## VÝŽIVA REOFILNÍCH KAPROVITÝCH RYB

Vybraná krmiva byla testována v růstovém experimentu. Složení komerčních krmiv (bez receptury; chráněné informace) je uvedeno v Tab. 5. Krmiva byla vybrána tak, aby dvě krmiva splňovala optimální (cílovou) úroveň živin (krmivo A a B = optimální krmivo), jedno krmivo mělo složení těsně pod cílovou úroveň živin (krmivo C = průměrné krmivo, konvenční) a jedno krmivo hluboko pod cílovou úroveň živin (krmivo D = nevhodné krmivo, konvenční).

Příklad komerčních krmiv dostupných na trhu je uveden v Tab. 6. Pokud jde o výběr komerčního krmiva, z údajů o obsahu živin na etiketě produktu (interní zjištění) bývá obsah hrubých bílkovin v průměru o 5 % a hrubého tuku o 17 % nižší. Při výběru krmiva je tedy třeba s těmito nedostatky živin počítat.

Cílová úroveň živin v krmivu byla vypočítána použitím tří výše zmíněných metod (A, B a C) (Tab. 4). Při porovnání správnosti těchto metod jsme došli k závěru, že není vhodné používat metody odděleně. Vhodnější je použít jejich kombinaci, získáme tak spolehlivější výsledek. Například metoda A nepodhodnocuje hladinu bílkovin, nicméně, potenciálně podhodnocuje obsah esenciálních aminokyselin, methionin a lysin. Metoda C obsah methioninu a lysinu nepodhodnocuje, avšak podhodnocuje obsah bílkovin, histidinu a leucinu (což bylo adekvátně projektováno pomocí metody A (Tab. 4). Stručně řečeno, přístupy se navzájem doplňují. Rozsah optimální úrovně živin nebo jeho medián lze použít jako výchozí hodnotu pro výběr vhodného krmiva.



**Tab. 4A.** Cílová úroveň živin a experimentální krmivo vybrané na základě metody A, B a C pro růstový experiment s parrmou obecnou. Další informace o vybraných krmivech v Tab. 5. Barevné stupnice označují nízkou (červeně) až vysokou (zeleně) úroveň živin v námi vybraných experimentálních krmivech.

Parametr (A)	Metoda A <sup>1</sup>	Metoda B <sup>2</sup>	Metoda C <sup>3</sup>	Cílová úroveň živin			Krmivo A ↑	Krmivo B ↑	Krmivo C ↔	Krmivo D ↓	Složení ideálního proteinu pro parrmu & druhy jí živinově podobné <sup>4</sup>	
				Min	Max	AMK <sup>5,6</sup>					% z Lys	
Bilkoviny %	51,1	50,0	45,0	45,0	51,1	52	51	46	37	Met	44,6	
Lipidy %	4,0	10,9	10,0	10,0	10,9	12,0	13,0	7,0	7,0	Lys	100,0	
Fosfor %	0,9	1,2	1,2	0,90	1,24	1,70	1,20	1,10	0,90	Thr	59,8	
				Mikroživiny (aminokyseliny)							Asp	123,4
Methionin**	0,59	1,55	0,98	0,59	1,55	1,44	0,96	0,69	0,66	Ser	56,7	
Lysin**	1,85	3,47	3,09	1,85	3,47	3,47	3,26	2,43	1,48	Glu	197,4	
Threonin**	1,65	2,07	2,11	1,65	2,11	2,30	2,23	1,68	1,21	Gly	113,1	
Kyselina asparagová	4,40	4,28	–	4,28	4,40	4,90	4,51	3,82	2,76	Ala	98,6	
Serin	1,85	1,97	–	1,85	1,97	2,83	2,68	2,02	1,60	Tyr	32,0	
Kyselina glutamová*	5,90	6,85	–	5,90	6,85	13,52	14,03	8,62	5,41	Val	67,3	
Glycin*	1,57	3,92	–	1,57	3,92	3,31	3,25	2,89	1,59	Phe	59,3	
Alanin	3,18	3,42	–	3,18	3,42	3,23	3,18	2,55	1,73	Iso	57,1	
Tyrosin	1,37	1,11	–	1,11	1,37	2,23	1,80	1,32	0,96	Leu	106,0	
Valin**	1,76	2,33	1,97	1,76	2,33	2,50	2,66	2,12	1,37	Hist	48,9	
Fenylalanin**	2,25	2,06	1,83	1,83	2,25	2,36	2,33	1,64	1,36	Arg	57,9	
Isoleucin**	2,05	1,98	1,41	1,41	2,05	2,11	2,07	1,57	1,12	Cys	12,5	
Leucin**	2,49	3,68	1,97	1,97	3,68	4,53	4,34	3,27	2,43	Pro	12,9	
Histidin**	1,15	1,70	0,70	0,70	1,70	1,42	1,37	1,11	0,84	Trp	–	
Arginin**	1,76	2,01	2,39	1,76	2,39	2,89	2,89	2,28	1,83	Met + Cys	57,1	
Cystein	–	0,43	–	0,43	–	0,71	0,33	0,19	0,18	Phe + Tyr	91,4	
Prolin*	0,63	0,45	–	0,45	0,63	0,62	0,68	0,47	0,23	Ileu + Leu	163,2	
Tryptofan**	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Arg + Pro	70,8	
										Ser + Gly	169,8	
										Ala + Asp	222,0	

\*Neessenční, ale funkční aminosyliny; \*\*Esenční aminosyliny

<sup>1</sup>Složení ideálního proteinu (Rollin a kol., 2003; NRC, 2011) odvozeno z profilu bílkovin v těle parrmy

<sup>2</sup>Lary pakomárů (100% sušiny): bílkoviny 56,8%, lipidy 4,4%, fosfor 0,99%, Met+Cys 0,66%, Lys 1,65%, Thr 1,46%, Asp 4,89%, Ser 2,05%, Glu 6,55%, Gly 1,74%, Ala 3,53%, Tyr 1,52%, Val 1,96%, Phe 2,5%, Ileu 2,28%, Leu 2,77%, His 1,28%, Arg 1,95%, Pro 0,7% (Roy a kol., 2021). Hodnoty vynásobeny 0,9 (vzorec v textu).

<sup>3</sup>Vypočteno z živinového složení těla parrmy (Tab. 1) a vynásobeno průměrnou retencí živin u kaprovitých ryb (specifikováno v textu).

<sup>4</sup>Prezato z NRC (2011) – živinové specifické pro fylogeneticky příbuzného kapra obecného. Uvedené hodnoty jsou pro juvenilní kapra obecného o hmotnosti <20 g.

<sup>5</sup>#Biosynteticky spřízněné (příbuzné) AMK (Li a kol., 2009) jsou v jedné skupině.

## VÝŽIVA REOFILNÍCH KAPROVITÝCH RYB

**Tab. 4B.** Cílová úroveň živin a experimentální krmivo vybrané na základě metody A, B a C pro růstový experiment s parmuou obecnou. Další informace o vybraných krmivech v Tab. 5. Barevné stupnice označuje nízkou (červeně) až vysokou (zeleně) úroveň živin v námi vybraných experimentálních krmivech.

Parametr (B)	Metoda A <sup>1</sup>	Metoda B <sup>2</sup>	Metoda C <sup>3</sup>	Cílová úroveň živin		Krmivo A ↑	Krmivo B ↑	Krmivo C ↔	Krmivo D ↓	Optimální úroveň lipidů pro parmuu & druhy jí živinově podobné <sup>4</sup>	
	Metoda A <sup>1</sup>	Metoda B <sup>2</sup>	Metoda C <sup>3</sup>	Min	Max						MK
Mastné kyseliny (MK)											
C14:0						0,32	0,31	0,25	0,09	C14:0	14,1
C14:1						0,01	0,14	0,12	0,00	C14:1	0,6
C16:0						2,90	2,76	2,29	0,75	C16:0 <sup>**</sup>	100,0
C16:1						1,28	1,23	1,00	0,14	C16:1	40,5
C18:0						0,93	0,87	0,74	0,19	C18:0	18,1
C18:1n-9						1,97	1,88	1,58	2,38	C18:1n-9	195,6
C18:1n-7						1,16	1,10	0,91	0,15	C18:1n-7	20,4
C18:2n-6						1,50	1,45	1,18	1,47	C18:2n-6	90,2
C18:3n-3						0,73	0,71	0,58	0,40	C18:3n-3	16,7
C20:0						0,05	0,04	0,04	0,03	C20:0	0,9
C20:1n-9						0,04	0,04	0,03	0,06	C20:1n-9	15,4
C20:2n-6						0,03	0,03	0,03	0,00	C20:2n-6	1,7
C20:4n-6						0,30	0,28	0,23	0,00	C20:4n-6	6,2
C20:3n-3						0,09	0,09	0,07	0,02	C20:3n-3	0,7
C22:0						0,01	0,01	0,01	0,03	C22:0	0,1
C22:1n-9						0,00	0,00	0,00	0,01	C22:1n-9	0,7
C20:5n-3						0,26	0,27	0,20	0,14	C20:5n-3	13,0
C24:0						0,01	0,02	0,01	0,01	C24:0	2,1
C24:1n-9						0,00	0,00	0,00	0,01	C24:1n-9	0,7
C22:5n-3						0,55	0,52	0,43	0,02	C22:5n-3	4,3
C22:6n-3						0,80	0,77	0,62	0,10	C22:6n-3	27,7
ΣSFA						4,23	4,01	3,33	1,10		
ΣMUFA						4,44	4,39	3,64	2,75		
ΣPUFA						4,26	4,12	3,34	2,14		
Σn-3 FA	0,48	0,46	0,50	0,46	0,50	2,43	2,35	1,90	0,67		
Σn-6 FA	0,53	0,72	1,00	0,53	1,00	1,83	1,76	1,44	1,47		

<sup>1</sup>Optimální úroveň mastných kyselin navržena dle konceptu „ideálního složení proteinu“ (odvozeno z kompozice lipidů v těle parmy).  
<sup>2</sup>Kyselina palmitová (C16:0) byla vybrána jako reprezentativní, protože je nejběžnější mezi MK (Tab. 1B).  
<sup>3</sup>Larvy pakomárů (100% sušiny): Σn-3 FA 0,53%, Σn-6 FA 0,59%. Hodnoty vnásobeny 0,9.  
<sup>4</sup>Vypočteno z živinového složení těla parmy (Tab. 1) (hodnoty jsou použity tak jak byly změřeny v chycených rybách).  
<sup>5</sup>Převzato z NRC (2011) – živinové specifikace pro fylogeneticky příbuzného kapra obecného. Uvedené hodnoty jsou pro juvenilní kapra obecného o hmotnosti < 20 g.

**Tab. 5.** Doplnčkové informace o vybraných krmivech (v sušině). Zkratky: NPE: P = poměr nebiřkovinné energie a bířkovin, PSP = potenciál organizmu získávat energii z jiných zdrojů než bířkovin (ideální je hodnota blížká 1) (anglicky: protein sparing potential), P : N = poměr dusíku a fosforu.

Parametr	Krmivo A* Aller Futura EX GR 0,5- 1,0mm	Krmivo B* Skretting ME-1,0 MP Presta	Krmivo C* Skretting ME-3 Meerval Top	Krmivo D* Skretting C 4 Carpe-F
Hrubá vláknina (%)	9	9	11	6
Hrubé popeloviny (%)	10	8	14	8
Hrubý vápník (%)	2,5	1,7	3,3	1,1
Hrubé bířkoviny (%)	17	20	22	42
Hrubá energie (kcal.100 g <sup>-1</sup> )	385	396	336	378
NPE:P (cal.mg <sup>-1</sup> )	3,5	3,8	3,3	6,3
PSP	1,4	1,5	1,3	2,5
N:P (mg.g <sup>-1</sup> )	13,4	9,8	10,0	10,4
Složky v krmivu (přesné složení = citlivé informace výrobce)	Rybí moučka; pšeničný lepek; pšenice; krillová moučka	Rybí moučka; pšeničný lepek; sójový proteinový koncentrát; pšenice, pšeničný škrob	Rybí moučka; pšenice; živočišný protein z drůbeže; sójová moučka; pšeničný lepek; kukuřičný lepek	Kondenzované kukuřičné výpalky (CCDS), sójová moučka; pšenice; fazole; rybí moučka; kukuřičný lepek

\*Srovnání s informacemi na etiketě: analyzované hrubé bířkoviny (-5%) a lipidy (-17%) nedosahovaly hodnoty uvedené na etiketě (!). Celkový fosfor byl +2,4% v přebytku.

**Krmivo A** ~4 €.kg<sup>-1</sup>; **krmivo B** ~2,8 €.kg<sup>-1</sup>; **krmivo C** ~1,45 €.kg<sup>-1</sup>; **krmivo D** ~1,29 €.kg<sup>-1</sup>.

## VÝŽIVA REOFILNÍCH KAPROVITÝCH RYB

**Tab. 6.** Příklad komerčních krmiva od různých krmivářských firem. Zkratky: BNLV = bezdušičkaté látky výťažkové, NPE: P = poměr nebilkovinné energie a bílkovin, CP+CL+TP = součet hrubého proteinu, lipidů a celkového fosforu.

Výrobce	Název krmiva	Kategorie	Velikost pelety mm	Bílkoviny %	Lipidy %	Popeloviny %	P %	BNLV %	Vláknina %	Hrubá energie kcal. 100 g <sup>-1</sup>	NPE: P cal.mg <sup>-1</sup>	CP+CL+TP %
Aller aqua	Aller Futura EX GR 0,5-1,0 mm	Starter pro silhy	0,5-1 mm	51,7	12,4	10,5	1,7	16,7	8,8	385,1	3,5	65,7
Aller aqua	Aller Infa 0,4 mm R	Starter pro okounovitě	0,4 mm	66,9	9,2	11,9	1,7	11,7	0,3	396,9	1,9	77,7
Aller aqua	Aller Nova EX, 1,5 mm	Starter pro barramundi	1,5-2 mm	51,0	12,0	-	-	-	-	-	-	-
Aller aqua	Aller Parvo EX GR	Starter pro tilapie	0,5-2 mm	44,0	9,0	-	-	-	-	-	-	-
Coppens	Coppens orange 3 mm	„Grower“ pro koi kapry	3 mm	48,3	6,4	9,6	1,4	33,3	2,4	383,7	4,0	56,0
Coppens	Scarlet (0,5-0,8 mm)	Starter pro koi kapry	0,5-0,8 mm	53,0	13,0	11,3	1,9	22,4	0,3	418,6	3,9	67,9
Coppens	Supreme-10 (4,5 mm)	„Grower“ pro jesetery	4,5 mm	49,0	10,0	8,7	1,4	30,8	1,5	409,2	4,4	60,4
Přirozená potrava (zmražená)	Nitěňky	Živé krmivo	-	54,8	4,2	18,7	0,8	18,7	3,9	331,2	2,0	59,8
Přirozená potrava (zmražená)	Buchanky a perloočky	Živé krmivo	-	66,0	8,5	8,5	1,3	8,9	8,0	376,4	1,7	75,8
SAK	SAK Mix 0,7-1 mm	Pelety pro akvarijní ryby	0,7-1 mm 52,2	-	7,1	12,0	1,5	25,9	1,8	376,6	3,2	60,8
Skretting	M.E. 1,0 MP Presta	Starter pro pstruhy	1 mm	50,9	12,7	7,8	1,2	19,7	9,0	396,1	3,8	64,7
Skretting	ME-3 Meerval Top	„Grower“ pro sumce	3 mm	45,9	7,1	14,3	1,1	22,2	10,5	336,4	3,3	54,1
Skretting	C-4,5 Carpe F	„Grower“ pro kapra	4,5 mm	36,7	7,1	8,0	0,9	41,9	6,4	377,7	6,3	44,7
Skretting	Skretting Vitalis 2,5 mm	„Grower“ pro jesetery	2,5 mm	60,8	12,5	12,8	1,6	13,4	0,6	408,9	2,7	74,9
Skretting	Skretting PL #4	Starter pro krevety	0,5-0,8 mm	62,0	14,0	8,0	1,1	15,8	0,2	437,2	3,1	77,1

**Poznámka:** Jedná se o autory sestavený příkladový seznam dostupných producentů; existují další významní prémioví producenti krmiv jako Biomar, které může čtenář při výběru krmiva zvážit. Přiložený seznam není reklama; pouze příklady různých producentů krmiva.

## **2.5. Růstový experiment: optimální výživa parmy obecné v umělém chovu**

Vhodnost a správnost výběru krmiva a našich výpočtů byla testována v růstovém experimentu na parmě obecné. Celkem proběhly dva experimenty. První experiment, v délce trvání 100 dní, proběhl na jedincích ve věku 5 měsíců (Tab. 7). Autoři neměli žádnou kontrolu nad rozhodnutím o krmení nebo výběrem krmiva od vykulení do 5 měsíců věku ryb. Pokud je od samého začátku zajištěna optimální výživa a podmínky krmení, autoři se domnívají, že ryby by mohly být vysazeny do volných vod mnohem dříve. Proto je nutné rozvíjet spolupráci s praxí a koordinovat projekt hned od začátku (hned od umělého výtěru).

Druhý experiment (verifikační), trvající 64 dní, proběhl na jedincích ve věku 8 měsíců (Tab. 8). Nejlepších výsledků bylo dosaženo u krmiv, která splňovala vypočtenou optimální úroveň živin (krmivo A a B). Ryby krmené krmivem A a B měly vynikající přírůstky hmotnosti a délky (Tab. 7 a 8; Obr. 1 a 3) a Fultonův koeficient (Obr. 2).

V přírodních podmínkách je dosaženo celkové délky těla ryb ~20 cm ve věku ~3+ let, zatímco při krmení optimálním krmivem a dodržení optimálních podmínkách chovu může být stejné velikosti dosaženo ve věku ~1+. Nicméně *ex-situ* nebo *in-situ* příprava násadových ryb na přirozené podmínky je nezbytná (viz strategie Brown a Day, 2002; Thompson a kol., 2020).

Metodika přináší nový a alternativní přístup k výživě reofilních ryb. Růstový experiment prokázal, že správně navrženou výživou, společně s dodržení optimálních podmínek chovu, lze produkovat násadu větší velikosti v kratším čase, s žádoucími tukovými rezervami a dobré fyziologické kondici. Finální velikost ryb (celková délka těla ≈20 cm ve věku ≤1+ věku) nebo tělesná zdatnost (ekvivalent 25% top jedinců z volné vody) odchovaných jedinců krmených krmivem A a B byla ve většině případů vhodná pro vysazení do volné vody ve smyslu jejich vyššími šancemi na přežití. Složení těla ryb (Obr. 4) bylo také ovlivněno předkládaným krmivem. Ryby, jimž bylo předkládáno optimální krmivo (krmivo A a B), měly vyšší zásoby energie a dobrou úroveň bílkovin. Zásoba energie i obsah bílkovin u takových ryb by měly být dostačující v případě, kdy jsou ryby krátkodobě vystaveny účelovému hladovění (například během aklimatizace nebo kondicionování před zarybňováním) nebo v průběhu jejich adaptace na lokální podmínky po vysazení. Správně vybrané krmivo,

## VÝŽIVA REOFILNÍCH KAPROVITÝCH RYB

tzn. s optimální úrovní aminokyselin, fosforu a mastných kyselin (zelené buňky v Tab. 4; odpovídá krmivu A a B) také zabezpečí lepší zásoby lipidů a mastných kyselin v těle ryb. Zatímco špatně zvolené krmivo (krmivo C a krmivo D; konvenční krmivo) nezaručuje vysokou úroveň tělesných rezerv polynenasycených mastných kyselin (PUFA) (Obr. 5).

Výsledky růstových pokusů potvrdily správnost užitých metod (kombinace metody A, B a C) pro výpočet optimální hladiny živin a výběr optimálního krmiva pro produkci násady parmy obecné. Výsledky také indikují orientační rozmezí bílkovin, aminokyselin, fosforu a mastných kyselin (volitelné), které může být vhodné pro chov násady parmy obecné určené k vysazení do volných vod. V rámci rozmezí hodnot, jež jsou uvedeny v Tab. 4 (zelené buňky), lze vybrat nejvhodnější krmivo pro odchov juvenilů (ve věku 0+ nebo 1+) do vhodné velikosti pro vysazení. Optimální krmivo a podmínky chovu jsou zásadní pro plný růstový potenciál chovaných ryb. Dosažení optimálního růstu také závisí na krmné dávce (vhodné je krmení *ad libitum*; Obr. 6), hustotě obsádky ryb a způsobu krmení ryb. Maximální hustota obsádky by neměla překročit  $\sim 17\text{--}19 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  u ryb o celkové délce  $\sim 12\text{--}18 \text{ cm}$ . Kromě toho je nezbytné udržovat při chovu vhodnou teplotu ( $\sim 22\text{--}23 \text{ }^\circ\text{C}$ ) a proudění v nádrži ( $\sim 2,7$  až  $3\times$  výměna celého objemu nádrže za hodinu).

Stručně řečeno, ryby, které byly krmeny krmivem splňujícím námi vypočítanou cílovou (optimální) úroveň živin, měly ve výsledku nejlepší růst a živinové složení těla. Ryby, jimž bylo předloženo krmivo konvenční, nedosáhly tak dobrého růstu a úrovně zásob. Vyšší velikosti v kratším čase je dosaženo pouze tehdy, pokud je krmivo zvoleno důkladně a nad rámec standardů pro kapra = dle živinových nároků chovaného druhu.

Zde je třeba poznamenat, že dosažení maximálního růstu je prioritou pro komerční akvakulturu. U násadových ryb je však prioritou kondice a vyšší šance na přežití. Předložená metodika se nezaměřuje na produkci rybího masa, ale násady ryb do volných vod.

**Tab. 7.** Růst parmy obecné (počáteční celková délka těla  $7,7 \pm 0,5$  cm; počáteční hmotnost  $3,9 \pm 0,8$  g; věk 5 měsíců) v období exponenciální růstové fáze (věk 0+) během růstového experimentu (trvajícím 100 dnů). Teplota vody při odchovu  $21,7$  °C, krmeno ad libitum (tj. ~6% tělesné hmotnosti). Hodnoty jsou vyjádřeny jako průměr  $\pm$  směrodatná odchylka s mezikvartilovým rozsahem (IR) a variačním koeficientem (CV, %), v závorkách (pouze tam, kde bylo možné tyto hodnoty vyhodnotit). Zkratky: TL = celková délka (cm), BW = tělesná hmotnost (g), TGC = tepelně-růstový koeficient, LI = přírůstek délky za den ( $\text{mm} \cdot \text{den}^{-1}$ ), PER = koeficient efektivity bílkovin (z angl. protein efficiency ratio; g přírůstku na g zkrmených bílkovin), poměr retence P : N = retenční poměr fosforu a dusíku (mg P uloženého na g N uloženého); poměr retence NPE : GE = retenční poměr nebiřkovinné energie a hrubé energie ( $\text{kcal} \cdot \text{kcal}^{-1}$ ).

Parametr	Krmivo A ↗	Krmivo B ↗	Krmivo C ↔	Krmivo D ↘
<b>Morfometrie</b>				
Finální věk (měsíců)	8+ měsíců	8+ měsíců	8+ měsíců	8+ měsíců
Finální TL (cm)	$15,2 \pm 1,1$ (14,5–16; 7,1 %) <sup>a</sup>	$12,7 \pm 1,9$ (11,5–14,4; 14,8 %) <sup>b</sup>	$11,3 \pm 1,1$ (10,7–11,9; 9,7 %) <sup>b</sup>	$10,0 \pm 1,1$ (9,2–10,8; 10,8 %) <sup>c</sup>
Finální BW (g)	$34,4 \pm 8,1$ (29,0–41,7; 23,5 %) <sup>a</sup>	$20,0 \pm 9,7$ (13,7–23,8; 48,3 %) <sup>b</sup>	$13,3 \pm 4,1$ (11,0–14,9; 30,7 %) <sup>b</sup>	$8,9 \pm 3,0$ (7,2–11,2; 33,5 %) <sup>c</sup>
Fultonův koeficient	$0,96 \pm 0,05$	$0,92 \pm 0,10$	$0,91 \pm 0,06$	$0,86 \pm 0,07$
<b>Ukazatele růstu</b>				
TGC	$0,77 \pm 0,04$	$0,49 \pm 0,06$	$0,36 \pm 0,02$	$0,23 \pm 0,03$
LI ( $\text{mm} \cdot \text{den}^{-1}$ )	$0,74 \pm 0,03$	$0,51 \pm 0,08$	$0,35 \pm 0,02$	$0,23 \pm 0,04$
Přírůstek ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{den}^{-1}$ )	$0,23 \pm 0,01$	$0,15 \pm 0,03$	$0,08 \pm 0,016$	$0,04 \pm 0,007$
<b>Využití krmiva</b>				
Retence bílkovin (%)	$39,2 \pm 0,6$	$26 \pm 1,6$	$22,6 \pm 0,7$	$23,3 \pm 1,9$
Retence lipidů (%)	$117,2 \pm 3^{\#}$	$95,5 \pm 5,7$	$169,4 \pm 2,7^{\#}$	$77,4 \pm 8,2$
Retence fosforu (%)	$53,3 \pm 2,3$	$35,5 \pm 3,8$	$22,3 \pm 1,7$	$32,2 \pm 3$
<b>Fyziologické markery</b>				
PER	$0,80 \pm 0,01$	$0,65 \pm 0,04$	$0,59 \pm 0,01$	$0,52 \pm 0,04$
P: N poměr retence	$274,3 \pm 8,0$	$200,5 \pm 9,4$	$149,3 \pm 15,4$	$217,2 \pm 18,8$
NPE: GE poměr retence	$0,63 \pm 0,01$	$0,71 \pm 0,01$	$0,74 \pm 0,01$	$0,65 \pm 0,01$

↗ = optimální krmivo; ↔ = průměrné krmivo; ↘ = nevhodné krmivo.

<sup>a, b, c</sup> Horní indexy označují statisticky významné rozdíly mezi skupinami (hladina významnosti:  $p < 0,05$ ).

<sup>#</sup>Výskyt *de-novo* lipogeneze.

## VÝŽIVA REOFILNÍCH KAPROVITÝCH RYB

**Tab. 8.** Růst parmy obecné (počáteční celková délka těla  $14,5 \pm 2,2$  cm; počáteční hmotnost  $29,1 \pm 13,8$  g; 11+ měsíců) během validačního růstového experimentu. Teplota vody při odchovu  $22,8$  °C a krmení do zjevného nasycení (tj. přibližně ~ 4 % tělesné hmotnosti). Hodnoty jsou vyjádřeny jako průměr  $\pm$  směrodatná odchylka s mezikvartilovým rozsahem (IR) a variačním koeficientem (CV, %), v závorkách (pouze tam, kde bylo možné tyto hodnoty vyhodnotit). Zkratky: TL = celková délka (cm), BW = tělesná hmotnost (g), TGC = tepelně-růstový koeficient, LI = přírůstek délky za den ( $\text{mm} \cdot \text{den}^{-1}$ ), PER = koeficient efektivity bílkovin (z angl. protein efficiency ratio; g přírůstku na g zkrmených bílkovin), poměr retence P : N = retenční poměr fosforu a dusíku (mg P uloženého na g N uloženého); poměr NPE : GE = retenční poměr nebílkovinné energie a hrubé energie ( $\text{kcal} \cdot \text{kcal}^{-1}$ ).

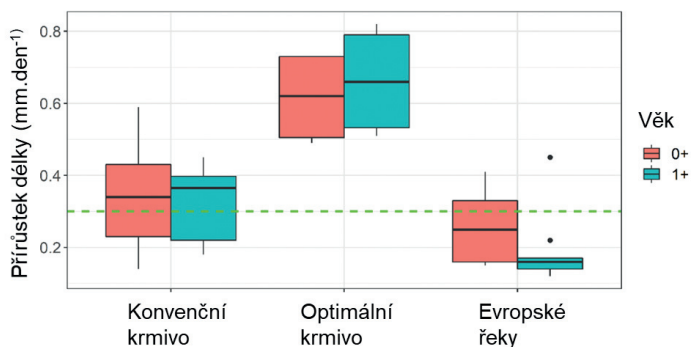
Parametr	Krmivo A ↗	Krmivo B ↗	Krmivo C ↔	Krmivo D ↘
<b>Morfometrie</b>				
Finální věk (měsíců)	13+ měsíců	13+ měsíců	13+ měsíců	13+ měsíců
Finální TL (cm)	$19,8 \pm 2,1$ (18,7–20,8; 10,5%)	$17,6 \pm 2,5$ (16,2–20; 14,5%)	$16,9 \pm 2,9$ (16,8–19; 17,3%)	$15,6 \pm 2,6$ (13,8–17,5; 16,7%)
Finální BW (g)	$73 \pm 23,1$ (57,8–81,3; 31,7%)	$52,6 \pm 20,7$ (39,6–68,1; 39,4%)	$46 \pm 24,3$ (27,3–57,7; 52,8%)	$33,7 \pm 17,9$ (32,2–45,7; 53,1%)
Fultonův koeficient	$0,90 \pm 0,06$	$0,91 \pm 0,08$	$0,87 \pm 0,06$	$0,81 \pm 0,06$
<b>Parametry růstu</b>				
TGC (unit)	$0,74 \pm 0,04$	$0,49 \pm 0,05$	$0,33 \pm 0,03$	$0,14 \pm 0,04$
LI ( $\text{mm} \cdot \text{den}^{-1}$ )	$0,81 \pm 0,02$	$0,55 \pm 0,03$	$0,39 \pm 0,02$	$0,21 \pm 0,03$
Přírůstek ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{den}^{-1}$ )	$0,16 \pm 0,01$	$0,1 \pm 0,02$	$0,06 \pm 0,013$	$0,02 \pm 0,008$
<b>Využití krmiva</b>				
Retence proteinu (%)	$36,8 \pm 3,8$	$18,9 \pm 4,8$	$11,9 \pm 3,4$	$7,9 \pm 1,4$
Retence lipidů (%)	$121,5 \pm 8^a$	$94,9 \pm 12,2$	$169,2 \pm 16,6^b$	$36,0 \pm 7,8$
Retence fosforu (%)	$56,8 \pm 4,3$	$25,8 \pm 7$	$10,4 \pm 5,6$	$15,8 \pm 6,3$
<b>Fyziologické markery</b>				
PER	$0,76 \pm 0,06$	$0,57 \pm 0,09$	$0,44 \pm 0,06$	$0,25 \pm 0,05$
P : N poměr retence	$313,4 \pm 10,0$	$200,1 \pm 8,1$	$148,9 \pm 23,2$	$295,8 \pm 137,9$
NPE : GE poměr retence	$0,65 \pm 0,01$	$0,78 \pm 0,03$	$0,84 \pm 0,03$	$0,74 \pm 0,02$

↗ = optimální krmivo; ↔ = průměrné krmivo; ↘ = nevhodné krmivo.

<sup>a, b, c</sup> Horní indexy označují statisticky významné rozdíly mezi skupinami (hladina významnosti:  $p < 0,05$ ).

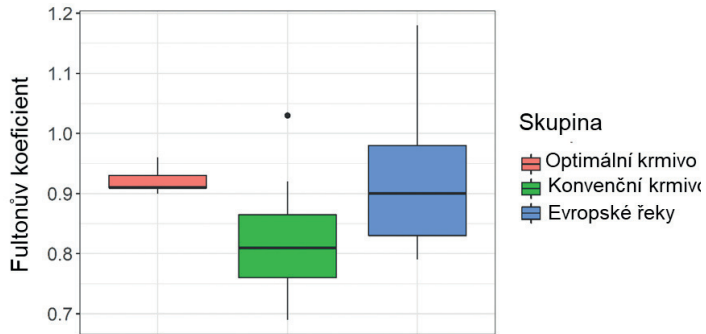
<sup>a</sup>Výskyt *de-novo* lipogeneze.



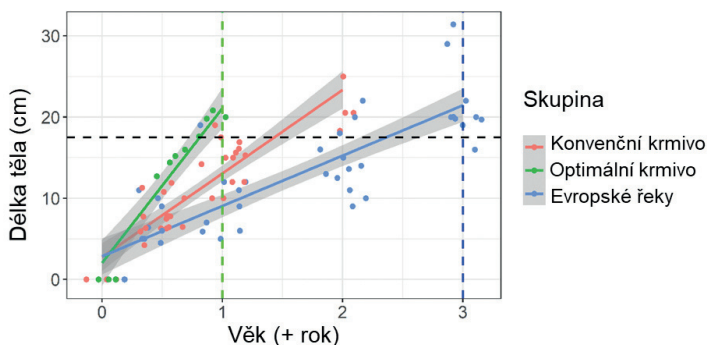


**Obr. 1.** Přírůstek parmy obecné chované v umělých podmínkách při dosavadním způsobu chovu (konvenční krmení) versus námi navržený způsob chovu (optimální krmivo) versus přírůstek ryb z volných vod. Zelená vodorovná přerušovaná čára označuje průměrný přírůstek délky (průměrná hodnota dat konvenčního krmení a dat z evropských řek). Černé tečky označují odlehlé hodnoty u parmy z volných vod. **Optimální krmivo** = krmivo A, B krmeno za optimálních podmínek chovu (současná metodika). **Konvenční krmení** = průměrné a nevhodné krmivo (C a D) krmeno za optimálních podmínek chovu (současná metodika) + konvenční způsoby krmení (např. neoptimální krmivo a/nebo neoptimální podmínky chovu; Philippart a kol., 1989; Fiala a Spurny, 2000; Policar a kol., 2007, 2011; Kamiński a kol., 2010; Pegg a Britton, 2011; Myszkowski, 2013). **Údaje o parmě z evropských řek (ryby ve věku <2+ roků)** = shrnutá metadata (Hunt a Jones, 1975; Baras a Philippart, 1999; Prokes a kol., 2006; Bašić a Britton, 2016; Benitez a Ovidio, 2018; Carosi a kol., 2017; Roberts a Britton, 2020).

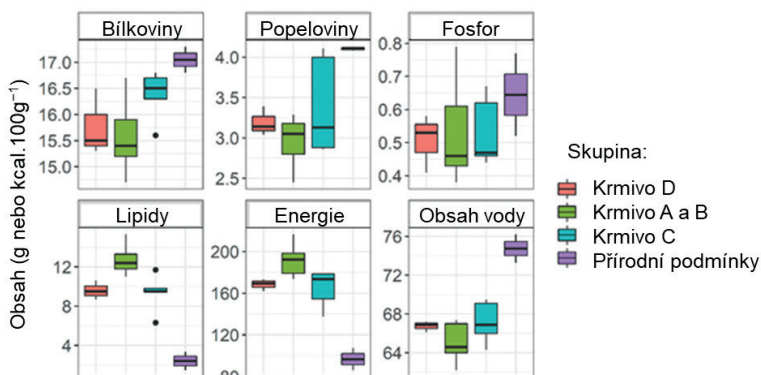
## VÝŽIVA REOFILNÍCH KAPROVITÝCH RYB



**Obr. 2.** Porovnání Fultonova koeficientu parmy obecné z evropských řek a umělého chovu (odchov dvěma způsoby výživy ryb). **Optimální krmivo** = krmivo A a B. **Konvenční krmivo** = krmivo C a D + další růstové experimenty (Fiala a Spurný, 2000; Policar a kol., 2007; Alavi a kol., 2009; Grund a kol., 2010; Kamiński a kol., 2010; Policar a kol., 2010; 2011; Myszkowski, 2013; Curtean-Banaduc a kol., 2020; předložená metodika). **Údaje o parmě z evropských řek (ryby ve věku <2+ roků)** = Przybylski a kol., 2004; Djikanovic a kol., 2010; Grund a kol., 2010; Morina a kol., 2016; předložená metodika. (Ryby z evropských řek měly rozdílnou historii růstu a tvar těla, proto Fultonův koeficient ryb chovaných v umělých podmínkách nemusí odpovídat Fultonovu koeficientu divokých ryb stejného věku).

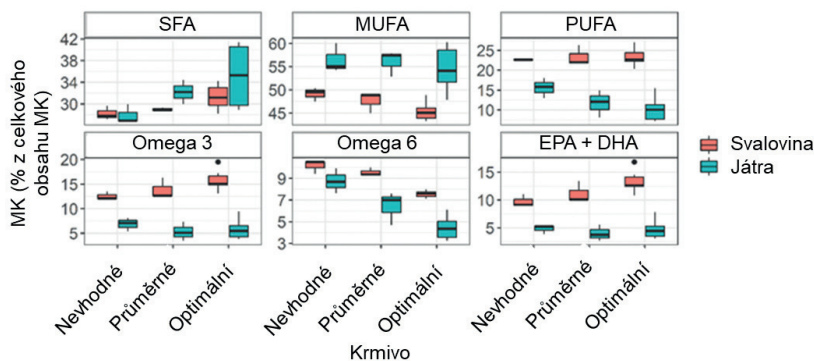


**Obr. 3.** Délka ryb (osa y) v určitém věku (osa x) u parmy obecné krmené konvenčním a optimálním krmivem versus parmy na přirozené potravě z řek na území Evropy. V přirozených podmínkách je dosaženo celkové délky těla ~20 cm ve věku ~3+ let, zatímco při krmení optimálním krmivem a optimálních podmínkách chovu může být stejné velikosti dosaženo ve věku 13+ měsíců (~1+ let). **Údaje z umělých chovů:** Fiala a Spurny, 2000; Britton a kol., 2004; Kamiński a kol., 2011; Pegg and Britton, 2011; Bašić a Britton, 2016; Antognazza a kol., 2016; předložená metodika. **Údaje z řek na území Evropy:** Hunt a Jones, 1975; Watkins a kol., 1997; Baras a Philippart, 1999; Bischoff a Freyhoff, 1999; Przybylski a kol., 2004; Taylor a kol., 2004; Prokes a kol., 2006; Vilizzi a kol., 2013; Trigo a kol., 2017; Carosi a kol., 2017; Roberts a Britton, 2020.

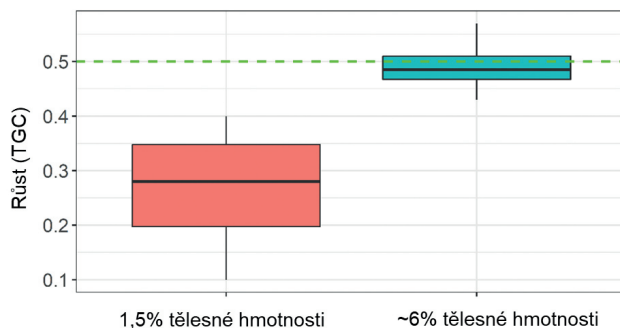


**Obr. 4.** Obsah bílkovin, popeloviny, fosforu, lipidů, energie a obsahu vody v těle parmy obecné (živá hmotnost) krmené experimentálním krmivem (A a B, C, D) a parmy z přírodních podmínek; z řeky Berounka a Vltava (vzorkováno na jaře 2020). Pokud jde o obsah tělesných bílkovin, ryby krmené krmivem C a divoké ryby mohou zpočátku působit dobře, měly by se však zvážít i další faktory (např. nízké tělesné zásoby lipidů a energie, v některých případech vyšší obsah vody a obsah popeloviny). Ryby krmené krmivem A a B mají vyvážený obsah všech živin v těle.

## VÝŽIVA REOFILNÍCH KAPROVITÝCH RYB



**Obr. 5.** Schéma ukládání lipidů ve svalovině a játrech u parmy obecné krmené experimentálním krmivem. Optimální krmivo = krmivo A, B. Průměrné krmivo = krmivo C. Nevhodné krmivo = krmivo D. Zkratky: MK = mastné kyseliny; SFA = nasycené mastné kyseliny; MUFA = mononenasycené mastné kyseliny; PUFA = polynenasycené mastné kyseliny; EPA+DHA = součet kyseliny eikosapentaenové a kyseliny dokosaheptaenové.



**Obr. 6.** Vliv denní krmné dávky (6% tělesné hmotnosti den<sup>-1</sup>) na růst (TGC) parmy obecné ve věku 10+ měsíců. Zelená přerušovaná vodorovná čára označuje referenční bod dobrého růstu ryb, kterého lze dosáhnout pouze krmením do zjevného nasycení.

## 2.6. Obecná diskuze

Chov násadových ryb do větší velikosti má často negativní dopady. Pokud chceme ryby odchovat do větší velikosti a krmíme je nevhodným krmivem (se špatnou úrovní živin), musíme je v umělých podmínkách držet déle. V případě, že ryby jsou v umělých podmínkách drženy déle a jsou krmeny nevhodným krmivem, vyvinou se u nich jak morfologické změny, živinové, tak i behaviorální deficity (např. ztráta přirozených instinktů a schopností) (Porak a kol., 2002; Wintzer a Motta 2005; Dinken a kol., 2020). Nicméně, vysazení ryb v malé velikosti má také svá negativa. Ryby malé velikosti mají po vysazení nízké přežití (García-Vega a kol., 2020; Thompson a kol., 2020). Rozhodujícím faktorem je samozřejmě proces aklimatizace jedince na přirozené prostředí v místě vysazení a přechod na přirozenou potravu.

Námi zjištěny výsledky naznačují, že výživa násadových ryb není vždy zvolena optimálně. Ryby krmené průměrným (krmivo C = konvenční krmení) a nevhodným krmivem (krmivo D) vykazovaly nižší přírůstek délky těla bez úměrného přírůstku hmotnosti (≈špatná kondice). Ryby v podobné kondici pochopitelně lze nalézt i v řekách, což je způsobeno buď špatnými růstovými podmínkami (Mikavica a kol., 1997) nebo také stanovištěm (ryby přetrvávající v místech se silným prouděním se vyznačují nižším a protáhlejším tělesným rámcem). Ryby z umělého chovu, které by v takové kondici byly vysazené, by nejspíš zahynuly kvůli nízké konkurenceschopnosti (Taylor a kol., 2004). S největší pravděpodobností však může být schopnost přežití nakonec určena zásobami tělesné energie. Protože konkurenceschopnost může být nízká i u ryb větší velikosti (z umělého chovu), ryby se musí nejprve přizpůsobit novým životním podmínkám. Pokud je parma obecná vystavena nepříznivým podmínkám (nedostatek potravy), využívá lipidové rezervy jako zdroj energie. Zároveň si zachovává obsah bílkovin a popeloviny, aby si udržela tělesnou hmotnost (Obr. 5) (Brix a kol., 2009). Tělesné rezervy lipidů jsou katabolizovány v následujícím pořadí: SFA → MUFA → PUFA (Zajíc a kol., 2013; Rombenso a kol., 2022). Parma krmená průměrným a nevhodným krmivem měla nižší rezervy esenciálních lipidů. Rezerva lipidů v těle ryb hraje roli pojistky v případě, kdy je ryba vystavena nutnosti adaptace přirozeným podmínkám po vysazení či dokonce nepříznivým podmínkám (pokud je vysazena na nevhodné stanoviště), např. nedostatek potravy, neschopnost žít se přirozenou potravou, vysoké průtoky, neschopnost využívat efektivně proudění vody při pohybu, migrace, rozmnožování, náhlé změny podmínek apod. (Baras a Cherry, 1990; Jonsson a kol., 1997; Bischoff a Freyhof, 1999; Cherghou a kol., 2002; Jørgensen a kol., 2006). Barva jater často napovídá o obsahu lipidů v nich uložených. U ryb krmených krmivem C a D jsme pozorovali načervenalou až nahnědlou

## VÝŽIVA REOFILNÍCH KAPROVITÝCH RYB

barvu jater nasvědčující nízký obsah lipidů v játrech (Eliassen a kol., 2020). Nízký obsah lipidů v játrech může být ideální z pohledu akvakultury, nicméně z pohledu produkce násad do volných vod je tomu naopak. Pokud by jedinci krmení krmivem C a D byli vystaveni nepříznivým podmínkám, byla by vyšší pravděpodobnost jejich úhynu. Je třeba také poznamenat, že i když jsou ryby krmeny optimálním krmivem (krmivo A a B), musí být vhodně připraveny na přirozené podmínky (např. přechod na přirozenou potravu); aklimatizace by měla proběhnout co nejdříve. Ryby by navíc měly být vysazeny ve správný čas a na vhodném stanovišti. Nedoporučuje se ponechat ryby v umělých podmínkách příliš dlouho, a to ani při krmení optimálním krmivem.

Ačkoliv je parma obecná z čeledě kaprovitých, juvenilové parmy obecně inklinují ke karnivorii, v některých zdrojích je uváděno, že se jejich metabolismus podobá lososovitým (Guillaume a kol., 2001; Kirchner a kol., 2008; Polakof a kol., 2012). Nároky parmy na bílkoviny (aminokyseliny) a fosfor jsou vysoké, zatímco nebilkovinná energie u tohoto druhu pochází spíše z lipidů než ze sacharidů. Při výběru krmiva bychom se také měli zaměřit na obsah fosforu (Antony Jesu Prabhu a kol., 2013), protože fosfor, na rozdíl od vápníku, je rybami přijímán pouze potravou (Lall a Kaushik, 2021). Dosavadní způsob výživy reofilních kaprovitých ryb, který se odvíjí od výživy kapra obecného (Policar a kol., 2011), by měl být pečlivě zváženo (podrobnější diskuzi výše zmíněných výsledků lze nalézt v Roy a kol., 2021).

Současná metodika ukázala, že z pohledu výživy „parma není kapr“. V chovu parmy obecné a dalších reofilních kaprovitých ryb je třeba vybírat krmiva nad rámec dosavadní praxe. Kvalitnější krmivo přizpůsobené cílovému druhu ryb (zde parmě a dalším příbuzným reofilním kaprovitým) je klíčové, pokud má být lépe využito jejich růstový potenciál. Zde máme na mysli optimální růstový potenciál, protože dosažení maximálního růstového potenciálu se může s použitím různých krmiv nebo dokonce různého složení složek v rámci jednoho krmiva měnit. Tím je možné výrazně zkrátit dobu chovu, aniž by byla menší dosažená velikost těla. Na základě předložené metodiky autoři doporučují při výběru krmiva pro parmu postupovat podle níže uvedeného v Tab. 4A,B:

- Úroveň živin **v zelených buňkách** je námi určena jako **optimální** pro parmu a jí živinově příbuzné reofilní kaprovité ryby (Tab. 4A,B).
- V odchovu parmy a jí živinově příbuzných **nedoporučujeme** používat krmivo s obsahem živin **v oranžových a červených buňkách** (Tab. 4A,B).

Měl by být kladen větší důraz na spolupráci vědecké komunity, stávající praxe a organizací zabývajících se ochranou životního prostředí. Nejvyšší prioritou by měla být dána vysazování populací kvalitních ryb, které jsou fyzicky, fyziologicky a behaviorálně nejlepší (s dobrými přirozenými instinkty) pro přežití v přirozených podmínkách. Zarybňování řek by nemělo být jen

o dosažení cílových počtů. Za druhé by měly být zváženy také ekonomické aspekty chovu kvalitních násadových ryb, to mnohdy vyžaduje lepší vybavení líhni a odchovných systémů, zlepšení managementu a protokolů chovu. K těmto aspektům je zapotřebí nejen finanční podpora, ale i spolupráce všech tří zainteresovaných stran (vědecké komunity, stávající praxe a organizací zabývajících se ochranou životního prostředí). Na základě jejich spolupráce by mohly být vyvinuty metodiky zabývajících se výše zmíněnými aspekty. Prioritně by měla být vyvinuta metodika zabývajících zlepšením přežití ryb (chovaných v optimálních podmínkách) po vysazených do toku.

### 3. SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“

Výživa reofilních kaprovitých ryb chovaných v umělých podmínkách není standardizovaná, většinou je založena na výživě kapra obecného. Předložená metodika ukazuje alternativní přístup k navržení výživy reofilních kaprovitých ryb, jako je parma obecná, ostroreтка stěhovavá, bolen dravý či podoustev říční. Parma obecná byla zvolena jako modelový druh, na kterém byl ukázán způsob kalkulace optimální úrovně živin v krmivu. Vhodnost vybraného krmiva byla následně ověřena experimentem. Parma obecná byla vybrána, protože analýza živinového složení ryb z přirozených podmínek odhalila podobné složení s ostatními reofilními kaprovitými druhy. Podobnost byla zjištěna zejména v bílkovinách, 18 aminokyselinách, fosforu a 11 z 21 mastných kyselin. Cílová úroveň bílkovin, aminokyselin (esenciálních i neesenciálních), lipidů, mastných kyselin (omega-3, omega-6) a fosforu byla vypočtena pomocí tří různých metod: z živinového složení přirozené potravy, z živinového složení těla zkoumané ryby (zde parmy obecné) a ze standardizovaných nutričních specifikací fylogeneticky příbuzného kapra obecného (reprezentující dosavadní způsob chovu = konvenční). Metodika také naznačuje, že parma obecná společně s ostroretkou stěhovavou, bolenem dravým a podouství říční mají rozdílný metabolismus od kapra obecného, podobný spíše karnivorům. Odlišné se zdají být také živinové nároky a interakce aminokyselin a mastných kyselin (omega-3, EPA, DHA). Současná metodika shrnuje fungování metabolismu a živinové nároky reofilních kaprovitých ryb.

### 4. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Současná metodika vyplňuje mezeru ve znalostech o výživě reofilních druhů ryb a mohla by být velmi užitečná pro celou řadu producentů násady těchto ryb. Cílovou skupinou této metodiky jsou: odborníci na výživu ryb, producenti násadových ryb a producenti krmiv.

## 5. EKONOMICKÉ ASPEKTY

Finanční náklady na příslušné komerční krmivo (optimální versus průměrné nebo nevhodné krmivo) jsou vcelku vysoké. Ceny krmiv se mohou pohybovat obvykle mezi 1,3 €·kg<sup>-1</sup> až 4 €·kg<sup>-1</sup>. Ekonomiku různých typů krmiva a dosaženého přírůstku ryb v závislosti na typu krmiva lze nalézt v Tab. 5, 7 a 8. Cena krmiva na 1 kg přírůstku se může pohybovat mezi 5 až 15 eur, v závislosti na zvoleném krmivu (optimální, průměrné a nevhodné) a finálním stáří produkované násadové ryby (věk ryby: časná 0+, pozdní 0+ nebo časná 1+). Základní ekonomické náklady na chov, jako energie a pracnost (krmení ryb apod.), se budou lišit dle velikosti a sofistikovanosti odchovného systému.

Odchov násadových reofilních ryb určených do volných vod je bezpochyby ekonomicky náročný. Pokud jsou ryby krmené průměrným krmivem a drženy v umělých podmínkách déle, náklady na chov se pravděpodobně vyrovnají nákladům, které by vznikly krmením těchto ryb optimálním krmivem po kratší časový interval. Avšak čas ušetřený zavedením optimálních podmínek chovu a krmením optimálního krmiva má svou nehmotnou hodnotu (od nástupu exogenní výživy do ~18–20 cm dosaženo za ≤ 12 měsíců) = mohlo by být zabezpečeno pravidelné roční vysazování kvalitní násady.

## 6. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISÍJÍCÍ LITERATURY

- Adámek, Z., Obrdlík P., 1977. Food of important cyprinid species in the warmed barb zone of the Oslava river. *Folia Zoologica* 26: 171–182.
- Adámek, Z., Mikl, L., Šlapanský, L., Jurajda, P., Halačka, K., 2019. The diet of predatory fish in drinking water reservoirs—how can they contribute to biomanipulation efforts?. *Journal of Vertebrate Biology* 68(4): 215–224.
- Alavi, S.M.H., Pšenička, M., Policar, T., Rodina, M., Hamáčková, J., Kozák, P., Linhart, O., 2009. Sperm quality in male *Barbus barbus* L. fed different diets during the spawning season. *Fish Physiology and Biochemistry* 35(4): 683–693.
- Antognazza, C.M., Andreou, D., Zaccara, S., Britton, R.J., 2016. Loss of genetic integrity and biological invasions result from stocking and introductions of *Barbus barbus*: insights from rivers in England. *Ecology and Evolution* 6(5): 1280–1292.
- Antony Jesu Prabhu, P., Schrama, J., Kaushik, S., 2013. Quantifying dietary phosphorus requirement of fish—a meta-analytic approach. *Aquaculture Nutrition* 19(3): 233–249.
- Baras, E., Cherry, B., 1990. Seasonal activities of female barbel *Barbus barbus* (L.) in the River Ourthe (Southern Belgium), as revealed by radio tracking. *Aquatic Living Resources* 3(4): 283–294.
- Baras, E., Philippart, J.C., 1999. Adaptive and evolutionary significance of a reproductive thermal threshold in *Barbus barbus*. *Journal of Fish Biology* 55(2): 354–375.
- Bašić, T., Britton, J.R., 2016. Characterizing the trophic niches of stocked and resident cyprinid fishes: consistency in partitioning over time, space and body sizes. *Ecology and evolution* 6(14): 5093–5104.
- Benitez, J.P., Ovidio, M., 2018. The influence of environmental factors on the upstream movements of rheophilic cyprinids according to their position in a river basin. *Ecology of Freshwater Fish* 27(3): 660–671.



- Bilton, H., Alderdice, D., Schnute, J., 1982. Influence of time and size at release of juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) on returns at maturity. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 39(3): 426–447.
- Bischoff, A., Freyhof, J., 1999. Seasonal shifts in day-time resource use of 0+ barbel, *Barbus barbus*. *Environmental Biology of Fishes* 56(1): 199–212.
- Bláhová, Z., Harvey, T.N., Pšenička, M., Mráz, J., 2020. Assessment of fatty acid desaturase (FADS2) structure-function properties in fish in the context of environmental adaptations and as a target for genetic engineering. *Biomolecules* 10(2): 206.
- Britton, J., Cowx, I., Peirson, G., 2004. Sources of error in the ageing of stocked cyprinids. *Fisheries Management and Ecology* 11(6): 415–417.
- Brix, O., Grüner, R., Rønnestad, I., Gemballa, S., 2009. Whether depositing fat or losing weight, fish maintain a balance. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 276(1674): 3777–3782.
- Brown, C., Day, R.L., 2002. The future of stock enhancements: lessons for hatchery practice from conservation biology. *Fish and Fisheries* 3(2): 79–94.
- Carosi, A., Ghetti, L., La Porta, G., Lorenzoni, M., 2017. Ecological effects of the European barbel *Barbus barbus* (L., 1758) (Cyprinidae) invasion on native barbel populations in the Tiber River basin (Italy). *The European Zoological Journal* 84(1): 420–435.
- Curtean-Bănăduc, A., Burcea, A., Mihuț, C.-M., Berg, V., Lyche, J.L., Bănăduc, D., 2020. Bioaccumulation of persistent organic pollutants in the gonads of *Barbus barbus* (Linnaeus, 1758). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 201: 110852.
- Dinken, C.P., Keretz, K.R., Schramm Jr, H.L., Petrie-Hanson, L., Wes Schilling, M., Allen, P.J., 2020. Changes in physiology and stress responses of pellet-reared largemouth bass fed live-forage diets. *North American Journal of Aquaculture* 82(1): 3–23.
- Djikanovic, V., Gacic, Z., Cakic, P., 2010. Endohelminth fauna of barbel *Barbus barbus* (L. 1758) in the Serbian section of the Danube River, with dominance of acanthocephalan *Pomphorhynchus laevis*. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists* 30(6): 229–236.
- Einum, S., Fleming, I., 2001. Implications of stocking: ecological interactions between wild and released salmonids. *Nordic Journal of Freshwater Research* 75: 56–70.
- Eliassen, K., Patursson, E.J., McAdam, B.J., Pino, E., Morro, B., Betancor, M., Baily, J., Rey, S., 2020. Liver colour scoring index, carotenoids and lipid content assessment as a proxy for lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) health and welfare condition. *Scientific Reports* 10(1): 1–12.
- Fiala, J., Spurny, P., 2000. Intensive rearing of juvenile barbel (*Barbus barbus*) under controlled conditions. In: 4. Česká ichtyologická konference. VÚRH JU, Vodňany, 281 s.
- Filipovic, D., Jankovic, D., 1978. Odnos sastava faune dna i ishrane riba u brdskim tekucicama istoène Srbije. *Ichthyologia* 10(1): 29–40.
- Fushimi, H., 2001. Production of juvenile marine finfish for stock enhancement in Japan. *Aquaculture* 200(1–2): 33–53.
- García-Vega, A., Leunda, P.M., Ardaiz, J., Sanz-Ronda, F.J., 2020. Effect of restoration measures in Atlantic rivers: A 25-year overview of sea and riverine brown trout populations in the River Bidasoa. *Fisheries Management and Ecology* 27(6): 580–590.
- Geist, J., Hawkins, S.J., 2016. Habitat recovery and restoration in aquatic ecosystems: current progress and future challenges. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 26(5): 942–962.
- Grund, S., Keiter, S., Böttcher, M., Seitz, N., Wurm, K., Manz, W., Hollert, H., Braunbeck, T., 2010. Assessment of fish health status in the Upper Danube River by investigation of ultrastructural alterations in the liver of barbel *Barbus barbus*. *Diseases of Aquatic Organisms* 88(3): 235–248.

## VÝŽIVA REOFILNÍCH KAPROVITÝCH RYB

- Guillaume, J., Kaushik, S., Bergot, P., Metailler, R., 2001. Nutrition and feeding of fish and crustaceans. Springer, London, Berlin, Heidelberg, 403 pp.
- Hasegawa, K., Honda, K., Yoshiyama, T., Suzuki, K., Fukui, S., 2021. Small biased body size of salmon fry preyed upon by piscivorous fish in riverine and marine habitats. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 78(5): 631–638.
- Heinitz, M., Lemme, A., Schulz, C., 2016. Measurement of digestibility in agastric fish based on stripping method-apparent nutrient, energy and amino acid digestibilities of common feed ingredients for carp diets (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture Nutrition* 22(5): 1065–1078.
- Hunt, P., Jones, J., 1975. A population study of *Barbus barbus* L. in the River Severn, England: III. Growth. *Journal of Fish Biology* 7(3): 361–376.
- Huntingford, F.A., 2004. Implications of domestication and rearing conditions for the behaviour of cultivated fishes. *Journal of Fish Biology* 65: 122–142.
- Hyvärinen, P., Vehanen, T., 2004. Effect of brown trout body size on post-stocking survival and pike predation. *Ecology of Freshwater Fish* 13(2): 77–84.
- Chergou, S., Khodari, M., Yaäkoubi, F., Benabid, M., Badri, A., 2002. Contribution à l'étude du régime alimentaire du barbeau (*Barbus barbus callensis Valenciennes, 1842*) d'un cours d'eau du Moyen-Atlas (Maroc): Oued Boufekrane. *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science* 15(1): 153–163.
- IAFFD, International Aquaculture Feed Formulation Database, 2021. Feed Ingredient Composition Database. Version 4.3. <https://www.iaffd.com/> [navštívno: 21. 2. 2020].
- Jonsson, N., Jonsson, B., Hansen, L., 1997. Changes in proximate composition and estimates of energetic costs during upstream migration and spawning in Atlantic salmon *Salmo salar*. *Journal of Animal Ecology*: 425–436.
- Jørgensen, C., Ernande, B., Fiksen, Ø., Dieckmann, U., 2006. The logic of skipped spawning in fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 63(1): 200–211.
- Kamiński, R., Kamler, E., Wolnicki, J., Sikorska, J., Wałowski, J., 2010. Condition, growth and food conversion in barbel, *Barbus barbus* (L.) juveniles under different temperature/diet combinations. *Journal of Thermal Biology* 35(8): 422–427.
- Kirchner, S., Panserat, S., Lim, P.L., Kaushik, S., Ferraris, R.P., 2008. The role of hepatic, renal and intestinal gluconeogenic enzymes in glucose homeostasis of juvenile rainbow trout. *Journal of Comparative Physiology B* 178(3): 429–438.
- Krpo-Četković, J., Hegediš, A., Lenhardt, M., 2010. Diet and growth of asp, *Aspius aspius* (Linnaeus, 1758), in the Danube River near the confluence with the Sava River (Serbia). *Journal of Applied Ichthyology* 26(4): 513–521.
- Lall, S.P., Kaushik, S.J., 2021. Nutrition and Metabolism of Minerals in Fish. Preprints.
- Lenhardt, M., Miækoviæ, B., Jakovëev, D. 1996. Age, growth, sexual maturity and diet of the Mediterranean barbel (*Barbus peloponnesius petenyi*) in the river Gradac (West Serbia, Yugoslavia). *Folia Zoologica* 45 (Suppl. 1): 33–37.
- Li, P., Guoyao, W., 2020. Composition of amino acids and related nitrogenous nutrients in feedstuffs for animal diets. *Amino Acids* 52(4): 523–542.
- Li, P., Mai, K., Trushenski, J., Wu, G., 2009. New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds. *Amino Acids* 37(1): 43–53.
- Lorenzen, K., 2000. Allometry of natural mortality as a basis for assessing optimal release size in fish-stocking programmes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 57(12): 2374–2381.
- Losos, B., Penaz, M., Kubièkova, J. 1980. Food and growth of fishes of the Jihlava river. *Acta Sc. Nat. Brno* 14(1): 1–46.
- Lunda, R., Roy, K., Dvorak, P., Kouba, A., Mraz, J., 2020. Recycling biofloc waste as novel protein source for crayfish with special reference to crayfish nutritional standards and growth trajectory. *Scientific Reports* 10(1): 1–10.

- Messyas, B., Leska, B., Fabrowska, J., Pikosz, M., Roj, E., Cieslak, A., Schroeder, G., 2015. Biomass of freshwater *Cladophora* as a raw material for agriculture and the cosmetic industry. *Open Chemistry* 13(1): 1108–1118.
- Mikavica, D., Grujic, R., Komic, J., 1997. Comparative growth analysis of the nase *Chondrostoma nasus* L. 1758, chub *Leuciscus cephalus* L. 1758 and barbel *Barbus barbus* L. 1758 in the river Drina [Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina]. *Ichthyologia (Yugoslavia)* 29(1): 1–17.
- Morina, A., Morina, F., Djikanović, V., Spasić, S., Krpo-Četković, J., Kostić, B., Lenhardt, M., 2016. Common barbel (*Barbus barbus*) as a bioindicator of surface river sediment pollution with Cu and Zn in three rivers of the Danube River Basin in Serbia. *Environmental Science and Pollution Research* 23(7): 6723–6734.
- Mráz, J., Pickova, J., 2009. Differences between lipid content and composition of different parts of filets from crossbred farmed carp (*Cyprinus carpio*). *Fish Physiology and Biochemistry* 35(4): 615.
- Mueller, M., Pander, J., Geist, J., 2014. The ecological value of stream restoration measures: an evaluation on ecosystem and target species scales. *Ecological Engineering* 62: 129–139.
- Mueller, M., Pander, J., Geist, J., 2018. Comprehensive analysis of > 30 years of data on stream fish population trends and conservation status in Bavaria, Germany. *Biological Conservation* 226: 311–320.
- Myszkowski, L., 2013. Compensatory growth, condition and food utilization in barbel *Barbus barbus* juveniles reared at different feeding periodicities with a dry diet. *Journal of Fish Biology* 82(1): 347–353.
- National Research Council, 2011. Nutrient requirements of fish and shrimp. National academies press, Washington, D.C., 398 pp.
- Nwanna, L.C., Kühlwein, H., Schwarz, F.J., 2010. Phosphorus requirement of common carp (*Cyprinus carpio* L) based on growth and mineralization. *Aquaculture Research* 41(3): 401–410.
- Okgerman, H.C., Yardimci, C.H., Dorak, Z., Yilmaz, N., 2013. Feeding ecology of vimba (*Vimba vimba* L., 1758) in terms of size groups and seasons in Lake Sapanca, northwestern Anatolia. *Turkish Journal of Zoology* 37(3): 288–297.
- Pegg, J., Britton, J.R., 2011. Effects of inter- and intra-specific competition on the growth rates of juvenile European barbel *Barbus barbus* used in the stock enhancement of UK fisheries. *Fisheries Research* 112(1–2): 8–12.
- Philippart, J.-C., Mélard, C. and Poncin, P., 1989. Intensive culture of the common barbel, *Barbus barbus* (L.) for restocking. In: De Pauw, N. (Ed.), *Aquaculture: a biotechnology in progress: volume 1.*, pp. 483–491.
- Piria, M., Treer, T., Aničić, I., Safner, R., Odak, T., 2005. The natural diet of five cyprinid fish species. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 70(1): 21–28.
- Planas, D., Maberly, S.C., Parker, J.E., 1996. Phosphorus and nitrogen relationships of *Cladophora glomerata* in two lake basins of different trophic status. *Freshwater Biology* 35(3): 609–622.
- Polakof, S., Panserat, S., Soengas, J.L., Moon, T.W., 2012. Glucose metabolism in fish: a review. *Journal of Comparative Physiology B* 182(8): 1015–1045.
- Policar, T., Kozák, P., Hamáčková, J., Lepičová, A., Musil, J., Kouřil, J., 2007. Effects of short-time *Artemia* spp. feeding in larvae and different rearing environments in juveniles of common barbel (*Barbus barbus*) on their growth and survival under intensive controlled conditions. *Aquatic Living Resources* 20(2): 175–183.
- Policar, T., Podhorec, P., Stejskal, V., Hamackova, J., Alavi, S., 2010. Fertilization and hatching rates and larval performance in captive common barbel (*Barbus barbus* L.) throughout the spawning season. *Journal of Applied Ichthyology* 26(5): 812–815.

## VÝŽIVA REOFILNÍCH KAPROVITÝCH RYB

- Policar, T., Podhorec, P., Stejskal, V., Kozák, P., Švinger, V., Alavi, S.H., 2011. Growth and survival rates, puberty and fecundity in captive common barbel (*Barbus barbus* L.) under controlled conditions. Czech Journal of Animal Science 56(10): 433–442.
- Porak, W., Johnson, W., Crawford, S., Renfro, D., Schoeb, T., Stout, R., Krause, R., DeMauro, R., 2002. Factors affecting survival of largemouth bass raised on artificial diets and stocked into Florida lakes. American Fisheries Society: 649–666.
- Prokes, M., Sovcik, P., Penaz, M., Barus, V., Spurny, P., Vilizzi, L., 2006. Growth of barbel, *Barbus barbus*, in the River Jihlava following major habitat alteration and estimated by two methods. Folia Zoologica Praha 55(1): 86.
- Przybylski, M., Boron, A., Kruk, A., 2004. Growth of barbel, *Barbus barbus* (L.) in the upper Warta River, Odra River system. Ecohydrology & Hydrobiology 4 (2): 183–190.
- R Core Team, 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Reckendorfer, W., Keckeis, H., Tiitu, V., Winkler, G., Zornig, H., 2001. Diet shifts in 0+ nase, *Chondrostoma nasus*: size-specific differences and the effect of food. Archiv fuer Hydrobiologie Supplement, 13512: 425–440.
- Roberts, C.G., Britton, J.R., 2020. Spawning strategies in cypriniform fishes in a lowland river invaded by non-indigenous European barbel *Barbus barbus*. Hydrobiologia 847(19): 4031–4047.
- Rollin, X., Mambrini, M., Abboudi, T., Larondelle, Y., Kaushik, S.J., 2003. The optimum dietary indispensable amino acid pattern for growing Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fry. British Journal of Nutrition 90(5): 865–876.
- Rombenso, A.N., Turchini, G.M., Trushenski, J.T., 2022. The omega-3 sparing effect of saturated fatty acids: A reason to reconsider common knowledge of fish oil replacement. Reviews in Aquaculture 14(1): 213–217.
- Roy, K., Vrba, J., Kaushik, S.J., Mraz, J., 2020a. Feed-based common carp farming and eutrophication: is there a reason for concern? Reviews in Aquaculture 12(3): 1736–1758.
- Roy, K., Vrba, J., Kaushik, S.J., Mraz, J., 2020b. Nutrient footprint and ecosystem services of carp production in European fishponds in contrast to EU crop and livestock sectors. Journal of Cleaner Production 270: 122268.
- Roy, K., Podhorec, P., Dvorak, P., Mraz, J., 2021. Understanding nutrition and metabolism of threatened, data-poor rheophilic fishes in context of riverine stocking success-barbel as a model for major European drainages? Biology 10(12): 1245.
- Shiau, J., Watson, J.R., Cramp, R.L., Gordos, M.A., Franklin, C.E., 2020. Interactions between water depth, velocity and body size on fish swimming performance: Implications for culvert hydrodynamics. Ecological Engineering 156: 105987.
- Schreckenbach, K., Knosche, R., Ebert, K., 2001. Nutrient and energy content of freshwater fishes. Journal of Applied Ichthyology 17(3): 142–144.
- Sicuro, B., Mioletti, S., Abete, C., Amedeo, S., Panini, E., Forneris, G., 2010. Potential utilisation of farmed freshwater mussels (*Anodonta anatina* and *Unio mancus*) in Italy. Cuban Journal of Agricultural Science 44(4): 409–411.
- Sogard, S.M., 1997. Size-selective mortality in the juvenile stage of teleost fishes: a review. Bulletin of Marine Science 60(3): 1129–1157.
- Sommerwerk, N., Hein, T., Schneider-Jakoby, M., Baumgartner, C., Ostojić, A., Paunović, M., Bloesch, J., Siber, R., Tockner, K., Robinson, C., 2009. The Danube river basin. Rivers of Europe 59–112.
- Stańczykowska, A., 1984. Role of bivalves in the phosphorus and nitrogen budget in lakes: With 5 tables in the text. Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen 22(2): 982–985.
- Szito, A., Gyore, K., 1995. Growth, mortality and feed of barbel (*Barbus barbus* L.) in the reach of the river Tisza between Tiszabecs and Vasarosnameny (Hungary). Halaszat (Hungary). [abstrakt]

- Senk, O., Aganoviæ, M., 1968. Prilog ispitivanju ishrane riba rijeke Vrbanje. Ribarstvo Jugoslavije 24(4): 77–83.
- Taylor, A., Britton, J., Cowx, I., 2004. Does the stock density of stillwater catch and release fisheries affect the growth performance of introduced cultured barbel? Journal of Fish Biology 65: 308–313.
- Thompson, B.C., Porak, W.F., Pouder, W.F., Camp, E.V., 2020. Survival of Advanced-Fingerlings of Florida Largemouth Bass Stocked in Small Florida Lakes. North American Journal of Fisheries Management 40(6): 1532–1544.
- Trigo, F.A., Roberts, C.G., Britton, J.R., 2017. Spatial variability in the growth of invasive European barbel *Barbus barbus* in the River Severn basin, revealed using anglers as citizen scientists. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems (418): 17.
- Turchini, G.M., Torstensen, B.E., Ng, W.K., 2009. Fish oil replacement in finfish nutrition. Reviews in Aquaculture 1(1): 10–57.
- Vašek, M., Eloranta, A.P., Vejříková, I., Blabolil, P., Říha, M., Jůza, T., Šmejkal, M., Matěna, J., Kubečka, J., Peterka, J., 2018. Stable isotopes and gut contents indicate differential resource use by coexisting asp (*Leuciscus aspius*) and pikeperch (*Sander lucioperca*). Ecology of Freshwater Fish 27(4): 1054–1065.
- Vilizzi, L., Copp, G., Britton, J., 2013. Age and growth of European barbel *Barbus barbus* (Cyprinidae) in the small, mesotrophic River Lee and relative to other populations in England. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems (409): 09.
- Watkins, M., Doherty, S., Copp, G., 1997. Microhabitat use by 0+ and older fishes in a small English chalk stream. Journal of Fish Biology 50(5): 1010–1024.
- Wintzer, A., Motta, P., 2005. Diet-induced phenotypic plasticity in the skull morphology of hatchery-reared Florida largemouth bass, *Micropterus salmoides floridanus*. Ecology of Freshwater Fish 14(4): 311–318.
- Yamamoto, T., Akimoto, A., Kishi, S., Unuma, T., Akiyama, T., 1998. Apparent and true availabilities of amino acids from several protein sources for fingerling rainbow trout, common carp, and red sea bream. Fisheries Science 64(3): 448–458.
- Zajíc, T., Mraz, J., Sampels, S., Pickova, J., 2013. Fillet quality changes as a result of purging of common carp (*Cyprinus carpio* L.) with special regard to weight loss and lipid profile. Aquaculture 400–401: 111–119.

## 7. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- Roy, K., Podhorec, P., Dvorak, P., Mraz, J., 2021. Understanding nutrition and metabolism of threatened, data-poor rheophilic fishes in context of riverine stocking success-barbel as a model for major European drainages? Biology 10(12): 1245.

### Dedikace

Metodika je výsledkem řešení výzkumných projektů MZe ČR, projekty NAZV (QK1920326) – 50 %, a QK1810296 – 25 %, MŠMT projektů CENAKVA (LM2018099) – 15 %, a GAJU (GAJU 020/2020/Z) – 10 %.