



Metodické postupy při aplikaci selekčního programu zaměřeného na zvyšování užitkovosti ryb v podmínkách českého rybníkářství

*M. Kocour, M. Flajšhans, D. Gela, M. Rodina,
M. Hulák, V. Kašpar, O. Linhart*



FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD
JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Metodické postupy při aplikaci selekčního programu zaměřeného na zvyšování užitkovosti ryb v podmínkách českého rybářství

*M. Kocour, M. Flajšhans, D. Gela, M. Rodina,
M. Hulák, V. Kašpar, O. Linhart*

**VYDÁNÍ PUBLIKACE BYLO USKUTEČNĚNO
ZA FINANČNÍ PODPORY PROJEKTU OP RYBÁŘSTVÍ:**

Příprava a vydání metodických publikací v roce 2010

(CZ.1.25/3.1.00/10.00303)



**EVROPSKÁ UNIE
EVROPSKÝ RYBÁŘSKÝ FOND
*„Investice do udržitelného rybolovu“***

**OBSAHOVÁ ČÁST PUBLIKACE BYLA ZPRACOVÁNA
ZA FINANČNÍ PODPORY NÁSLEDUJÍCÍCH PROJEKTŮ:**

***Vliv hromadné selekce kapra obecného (Cyprinus carpio L.)
na užitkovost potomstva při využití metod molekulární genetiky.***

(MZe ČR NAZV QF4117)

Biologické, environmentální a chovatelské aspekty v rybářství

(výzkumný záměr MSM6007665809)

CENAKVA – Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz

(OPVaVpI, CZ.1.05/2.1.00/01.0024)

Reprodukce a genetik vybraných modelových druhů kostnatých a chrupavčitých ryb

(GA JU 046/2010/Z)



ISBN 978-80-87437-08-7

OBSAH

I. CÍL METODIKY	6
II. VLASTNÍ POPIS METODIKY	6
1. Úvod	6
2. Popis základních principů selekce	9
2.1. Složky fenotypové proměnlivosti	9
2.2. Heritabilita (dědivost)	10
2.3. Selekce	11
3. Specifika šlechtitelské práce v chovu ryb	14
4. Metodické postupy při využití selekce	16
4.1. Organizace selekčního programu	17
4.2. Založení výchozí populace	17
4.3. Odchov výchozí populace	20
4.4. Selekční výzva	22
4.4.1. Výběr znaku, na který budeme selektovat	22
4.4.2. Stanovení hranice selekčního prahu	23
4.4.3. Výběr jedinců pro budoucí založení první selektované generace	26
4.5. Reprodukce selektovaných ryb z výchozí populace	28
4.5.1. Produkce potomstva pro pokračování selekčního programu	29
4.5.2. Produkce plůdku pro užitkové chovy	29
4.6. Pokračování selekčního programu v dalších generacích	30
4.7. Genetické korelace užitkových znaků	31
4.8. Hodnocení úspěšnosti selekčního programu	33
4.8.1. Nepřímé hodnocení úspěšnosti selekčního programu	33
4.8.2. Přímé hodnocení úspěšnosti selekčního programu	34
4.8.3. Ekonomická analýza výsledků selekčního programu	36
4.9. Úprava hospodaření pro efektivní využití výsledků selekčního programu	38
4.9.1. Úprava hospodaření ve speciálních chovatelských zařízeních	39
4.9.2. Úprava hospodaření při chovu ryb v rybnících	40
III. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	43
IV. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	44
V. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	45
VI. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	49
VII. PŘÍLOHY	51
OBRAZOVÁ PŘÍLOHA	89

I. CÍL METODIKY

Selekce je jednou ze základních šlechtitelských metod, která se využívá ke genetickému zlepšování užitkových vlastností hospodářských zvířat. Výhodou selekce je, že se zlepšený genetický potenciál přenáší na potomstvo a pokračující selekcí může být tento potenciál u dalších generací nadále zlepšován. Efektivita využití jednotlivých metod je ale závislá na mnoha faktorech a vedle obecných principů platí pro jednotlivé druhy či kategorie zvířat specifická pravidla. Cílem této metodiky je podat návod na relativně snadnou a účinnou aplikaci selekčního programu v podmínkách českého rybářství, jež může zlepšit efektivitu produkce ryb ve střednědobém až dlouhodobém časovém horizontu. Metodika je zaměřena především na dva naše nejvýznamnější hospodářské druhy ryb, kterými jsou kapr obecný a pstruh duhový. Metodika je psána tak, aby bylo možné selekční program aplikovat s drobnými úpravami i na většinu ostatních, z produkčního hlediska atraktivních, druhů ryb.

II. VLASTNÍ POPIS METODIKY

1. ÚVOD

Chov ryb má v České republice dlouholetou tradici, a to zejména díky výraznému rozvoji rybníkářství v 16. století. V posledních letech je v České republice produkováno kolem 20 tis. tun ryb s 86–88% podílem kapra obecného (on-line, www.cz-ryby.cz). Nejvýznamnější chovatelé ryb v ČR jsou v současnosti sdružení v profesním seskupení nazvaném Rybářské sdružení České republiky (RS ČR). Základním cílem RS ČR je udržení a posílení pozice českého produkčního rybářství, adaptace chovu ryb na způsoby rybářského obhospodařování vod v souladu s jeho udržitelným rozvojem a podmínkami životního prostředí, orientace na produkci nutričně i zdravotně hodnotných ryb, rybích výrobků a drůbeže s téměř organickým (biologicky čistým) charakterem. V rámci naplňování cíle sdružení vznikla Šlechtitelská rada RS ČR, jejímž poselstvím je kromě jiného i „zajištění využití vhodných šlechtitelských postupů v chovu ryb za účelem dosažení maximální kusové hmotnosti a výtěžnosti jedlých částí, při minimální ekonomické nákladovosti na 1 kg masa; případně i s ohledem na jiné ekonomické zhodnocení“.

Problémem zemědělské výroby je neustálé zdražování vstupů, a proto nezbývá než zefektivňovat produkční (výrobní) cyklus ve všech jeho směrech, neboť pouze komplexní přístup může zajistit udržitelnost efektivitu produkce v neustále se měnících tržních i ekonomických podmínkách. Šlechtění je neodmyslitelnou součástí chovu všech hospodářských zvířat a jeho příznivý vliv na efektivitu produkce je nepochybnitelný. Systematické šlechtění ryb, zejména v oblasti mořského rybářství, je ve srovnání se situací u jiných hospodářských zvířat novinkou, neboť donedávna postačovaly

na pokrytí poptávky přírodní zdroje a ryby byly jen odlovovány z moří a oceánů. Ukázalo se však, že ani moře a oceány nejsou nevyčerpatelné. V současné době se proto zavádějí chovy různých druhů mořských ryb a současně programy k jejich šlechtění, které mají za cíl zvýšení užitkovosti původně divokých populací. Situace ve sladkovodním rybářství nebyla o mnoho příznivější. Chovy ryb ve sladkovodních akvakulturách mají sice delší tradici, systematické šlechtění v rybníčních chovech ale v tomto případě bylo limitováno určitými specifiky chovu ryb (kapitola 3). Chov sladkovodních ryb byl také poměrně dlouho extenzivní, proto nebylo potřeba systematické šlechtění vůbec provádět.

Chov ryb má v každé zemi odlišné podmínky ale rentabilita chovů je a vždy bude jedním z nejdůležitějších hledisek, která spoluvytvářejí i podobu českého rybářství. České rybářství se v rámci udržitelnosti bude muset přizpůsobovat nejnovějším trendům a poznatkům v chovu ryb, a to ve všech směrech produkčního cyklu, aby mohlo cenami ryb konkurovat zemím s nižšími výrobními náklady a vyšší efektivitou chovu, už třeba jen kvůli jejich lepším klimatickým podmínkám. Jednostranné snižování nákladů je sice rychlým řešením, ale pouze s krátkodobým účinkem. Mnoho producentů ryb si již uvědomilo, že se vyplatí za účelem zlepšení ekonomiky chovu rozumně do výroby investovat, a o to více později získat. Typickým příkladem může být situace v chovu lososovitých ryb, především lososa obecného, *Salmo salar*, a pstruha duhového, *Oncorhynchus mykiss*. Rozsáhlé studie zaměřené na selekční program rychlosti růstu lososa obecného (např. Gjerde, 1986; Gjedrem, 1979; O'Flynn a kol., 1999) uvádějí genetický zisk za jednu generaci v průměru kolem 10 %. Situace u pstruha duhového je dle dostupných údajů (např. Kincaid a kol., 1977; Gjerde, 1986; Kause a kol., 2005) podobná a genetický zisk u rychlosti růstu za jednu generaci činí v průměru 8 %. Po několika desítkách let selekčních programů nebylo, až na výjimky, dosaženo selekčního stropu, tzn. že nenastala situace, kdy by následné generace na selekci již nereagovaly. V některých případech tak došlo během 20–30 let provádění selekčního programu k navýšení průměrné hmotnosti ryb za standardní dobu odchovu o více než 100 %, jak uvádí tab. 1. V jiných případech mohl být zkrácen odchov ryb do tržní velikosti téměř na polovinu původní doby. Podobné ale mnohdy i optimističtější výsledky při zvyšování růstu selekčními postupy byly zjištěny i u mořáka evropského, *Dicentrarchus labrax* (Vandeputte a kol., 2009) nebo tilapie nilské, *Oreochromis niloticus* (Ponzoni a kol., 2005). Ve většině zmíněných případů se na selekčních programech hned od prvopočátku podílely i soukromé chovatelské subjekty, které neváhaly investovat nemalé finanční prostředky do odhadu genetických parametrů a následné aplikaci technologie selekčního programu do produkčního cyklu. Selekčními postupy je přitom možné zlepšovat i jiné ekonomicky důležité znaky, a to buď přímou nebo nepřímou selekcí, jako je např. výtěžnost jedlých částí těla (Kause a kol., 2007; Saillant a kol., 2009); podíl tuku (Quillet a kol., 2005); odolnost vůči nemocem (Fjalestad a kol., 1996; Storset a kol., 2007; Taylor a kol., 2009) a barva masa (Quinton a kol., 2005).

Tab. 1. Předpokládaný vývoj průměrné hmotnosti lososa obecného, *Salmo salar* a pstruha duhového, *Oncorhynchus mykiss* v průběhu generací za konstantní dobu odchovu při genetickém zisku $\Delta G = 10\%$, resp. 8% za jednu generaci. Počáteční tržní hmotnost byla stanovena na 2000 g u lososa obecného a 250 g u pstruha duhového.

Generace	Losos obecný ($\Delta G = 10\%$)		Pstruh duhový ($\Delta G = 8\%$)	
	Trvání (roky)	Hmotnost (g)	Trvání (roky)	Hmotnost (g)
G ₀	0	2000	0	250
G ₁	4	2200	3	270
G ₂	8	2420	6	292
G ₃	12	2662	9	315
G ₄	16	2928	12	340
G ₅	20	3221	15	367
G ₆	24	3543	18	397
G ₇	28	3897	21	428
G ₈	32	4287	24	463
G ₉	36	4716	27	500
G ₁₀	40	5187	30	540

Na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích (JU), Výzkumném ústavu rybářském a hydrobiologickém ve Vodňanech (VÚRH) a následně fakultě Rybářství a ochrany vod (FROV) probíhal od roku 2000 výzkum zaměřený na možnost využití selekce při zvyšování rychlosti růstu kapra obecného (Vandeputte a kol., 2004; Vandeputte a kol., 2008). V rámci tohoto výzkumu byly prováděny rovněž odhady heritability u podílu jedlých částí těla a obsahu tuku (Kocour a kol., 2007) i odhady genetické závislosti (korelace) mezi jednotlivými znaky. K obnovení tohoto výzkumu, který se v historii VÚRH prováděl bez výrazného dopadu na produkční rybářství již v 80. letech 20. století (Smíšek, 1979), nás přivedly nové poznatky ve šlechtění jiných druhů ryb ve světě, mezinárodní spolupráce s INRA-IFREMER, institucí světového významu v oblasti šlechtění ryb, pokroky v oboru molekulární biologie a také dostupnější a spolehlivější způsob individuálního značení ryb. Na základě publikovaných i dosud nepublikovaných výsledků, osobních zkušeností členů autorského kolektivu, znalostí místních podmínek i na základě výsledků ve světě jsme sestavili metodickou příručku pro aplikaci selekčního programu u ryb v podmínkách českého rybářství.

Ryby, plemenné i užitkové, jež jsou výsledkem selekčního programu, by měly být využívány jen pro účely zefektivnění tržní produkce určené ke konzumaci. Na ryby v chovech určených k uchování genetických rezerv *in vivo* či k produkci násadového materiálu pro re-introdukcii rybích druhů do volných vod by níže popsané šlechtitelské metody neměly být aplikovány z důvodu zachování původních vlastností ryb.

2. POPIS ZÁKLADNÍCH PRINCIPŮ SELEKCE

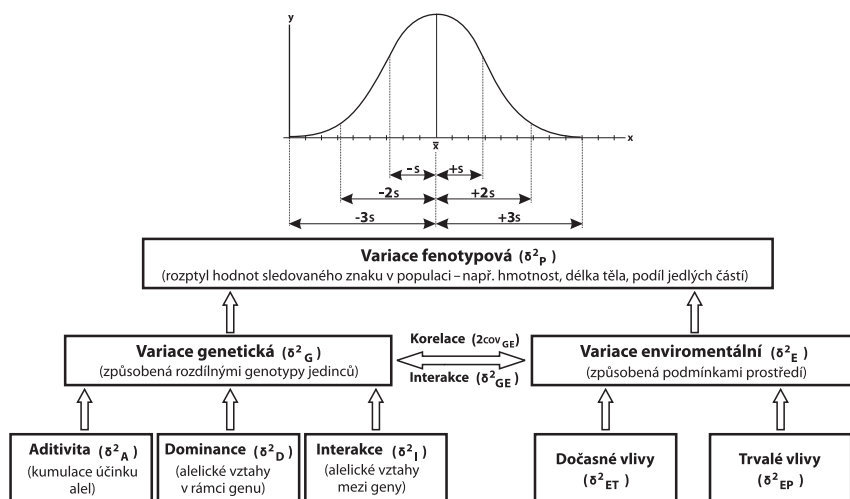
Obsahem této příručky je popis metodických postupů selekčního programu, které se týkají zvyšování užitkovosti ryb za účelem zlepšení efektivity a ekonomiky produkčních chovů. Největší pozornost bude věnována možnosti zvýšení rychlosti růstu. Ostatní znaky (např. podíl jedlých částí těla) jsou spíše doplňkové a bude o nich hovořeno v závislosti na použité šlechtitelské metodě. Všechny důležité užitkové ukazatele se řadí mezi tzv. kvantitativní znaky, což znamená, že jejich genetické řízení je velmi složité, podílí se na něm řada genů o různém dopadu na konečný fenotypový projev, který je navíc ovlivněn i podmínkami vnějšího prostředí. Před vlastním popisem jednotlivých metodických postupů jsou v této kapitole pro zájemce z řad uživatelů stručně shrnuty základní principy selekce.

2.1. Složky fenotypové proměnlivosti

Fenotypem se rozumí výsledný projev sledovaného znaku. Sledujeme-li tedy růst, je fenotypem hodnota zjištěná u daného jedince měřením (měříme-li délku ryby) či vážením (zjišťujeme-li hmotnost ryby). U výtěžnostních ukazatelů zjišťujeme zpravidla relativní hodnoty a fenotypem může být v tomto případě podíl opracovaného trupu, podíl filetů apod. Pokud budeme měřit (vypočítávat) daný znak u více jedinců pocházejících z jedné obsádky (stejný věk i původ), zjistíme, že se hodnoty v rámci populace liší a sledovaný znak vykazuje určitý **rozptyl** (varianci, σ_p^2). Tato variace má u většiny námi zmiňovaných znaků v této příručce tzv. **normální rozdělení**, které je definováno **Gaussovou křivkou** (Flajšhans a kol., 2008). Zmíněná variace fenotypu u hodnoceného souboru ryb je dána variancí **genotypu** (genetická variace, σ_g^2) a **prostředí** (variance enviromentální, σ_e^2). Každá z obou složek se dále dělí na podskupiny a uplatňují se i různé vztahy mezi složkou genetickou a enviromentální (obr. 1).

Jednotlivé složky fenotypové proměnlivosti je možné kvantifikovat při správně provedeném experimentu s využitím různých matematických modelů, které za nás dnes řeší k tomuto účelu vytvořené počítačové programy. Vztahy mezi složkami fenotypové proměnlivosti jsou ale tak složité, že jejich přesná kvantifikace není prakticky možná, a proto zpravidla hovoříme o odhadech jednotlivých složek. I tak jsou ale odhadnuté hodnoty, půjdeme-li do důsledků, platné vždy jen pro konkrétní experiment, z něhož jsme příslušné hodnoty vypočetli, neboť každý experiment je svým způsobem jedinečný a neopakovatelný a podmínky, za kterých byl prováděn, ovlivňují konečný projev jednotlivých složek fenotypové proměnlivosti. Kvůli zjednodušení působení některých komponentů fenotypové proměnlivosti ignorujeme, neboť při zabezpečení podobných podmínek prostředí je jejich variace minimální. Odhady komponent důležitých pro šlechtění, kterými jsou především složky genotypové proměnlivosti

($\sigma^2_A, \sigma^2_D, \sigma^2_I$), popřípadě interakce mezi genotypem a prostředím (σ^2_{GE}) se provádí za podmínek odpovídajících běžnému způsobu chovu v dané oblasti či pro daný druh. Vypočítané hodnoty z jednoho experimentu pak zobecňujeme nebo bereme v úvahu střední hodnotu zjištěnou u daného druhu a způsobu chovu v různých experimentech. Modelování pokusů, průběh vlastního experimentu a odhad složek genotypové proměnlivosti jsou poměrně složité činnosti, proto jsou skoro vždy prováděny pod vedením odborníků z výzkumných či univerzitních pracovišť. V řadě případů provádějí tato pracoviště odhady v rámci svoji výzkumné činnosti a na základě výsledků jsou navrhovány pro producenty ryb příslušné šlechtitelské programy.



Obr. 1. Grafické znázornění složek fenotypové variance u kvantitativních znaků, jež má v populaci tzv. normální rozdělení charakterizované Gaussovou křivkou. s – směrodatná odchylka. (Gaussova křivka převzata z Flajšhans a kol., 2008; upraveno editorem)

2.2. Heritabilita (dědivost)

Heritabilita udává, jak velký podíl na celkové fenotypové varianci v populaci má genetická složka. Heritabilitu vyjadřujeme **koeficientem heritability** (h^2) a její výši můžeme odhadnout buď přímo nebo nepřímo. Nepřímý odhad se provádí při již zmíněných vhodně navržených experimentech s využitím sofistikovaných statistických metod na základě variance/kovariance fenotypových hodnot znaku u příbuzných jedinců (např. rodičů a potomků, sourozenců či polosourozenců). Pro účely selekce posuzujeme především podíl **aditivní složky genetické variance** (σ^2_A) na celkové fe-

notypové varianci (σ^2_p): $h^2 = \sigma^2_A / \sigma^2_p$ (Flajšhans a kol., 2008). Přímý odhad, nebo v tomto případě spíše výpočet, je prováděn při vlastním hodnocení výsledku efektivity selekce jako podíl mezi **selekčním ziskem** (ΔG = rozdíl mezi průměrnou hodnotou znaku u potomstva od selektovaných a neselektovaných ryb) a **selekčním diferenciálem** (S = rozdíl mezi průměrnou hodnotou znaku u selektovaných rodičů a u základní populace, z níž byli selektováni rodiče vybraní): $h^2 = \Delta G / S$ (Flajšhans a kol., 2008). Takto vypočítanému koeficientu heritability říkáme „**realizovaná heritabilita**“.

Hodnoty koeficientu heritability mohou nabývat hodnot od 0 do 1. Blíží-li se h^2 nule, je podíl genetické variance (rozptyl) daného znaku v populaci nízký, znak je geneticky fixován a více se uplatňují vlivy prostředí. Pokud je hodnota h^2 blízká k jedné, je podíl genetické variance na projevu znaku značný a aplikací selekce je možné daný znak geneticky vylepšit. V chovech ryb se vyplácí aplikovat selekci na daný znak při hodnotách heritability na úrovni 0,2 a více (tab. 2). Odhady heritability u různých druhů ryb zejména z posledních let ukazují, že **většina** pro české rybářství **důležitých užitkových znaků** (ukazatele růstu, výtežnostní a biometrické ukazatele) **vykazuje** zpravidla **střední míru heritability**, což dává dostatečný prostor pro aplikaci selekčních postupů. Hodnoty heritability některých užitkových znaků u kapra obecného a pstruha duhového jsou uvedeny v příloze 1.

Tab. 2. Rozdělení heritability podle výše odhadnutého koeficientu (Minvielle, 1990).

Heritabilita	Hodnota h^2 sledovaného znaku	Účinek selekce na danou vlastnost	Optimalizace prostředí
nízká	0,0–0,2	nízký	velmi účinná
střední	0,2–0,4	dobry	účinná
vysoká	více než 0,4	velmi dobrý	méně účinná až neúčinná

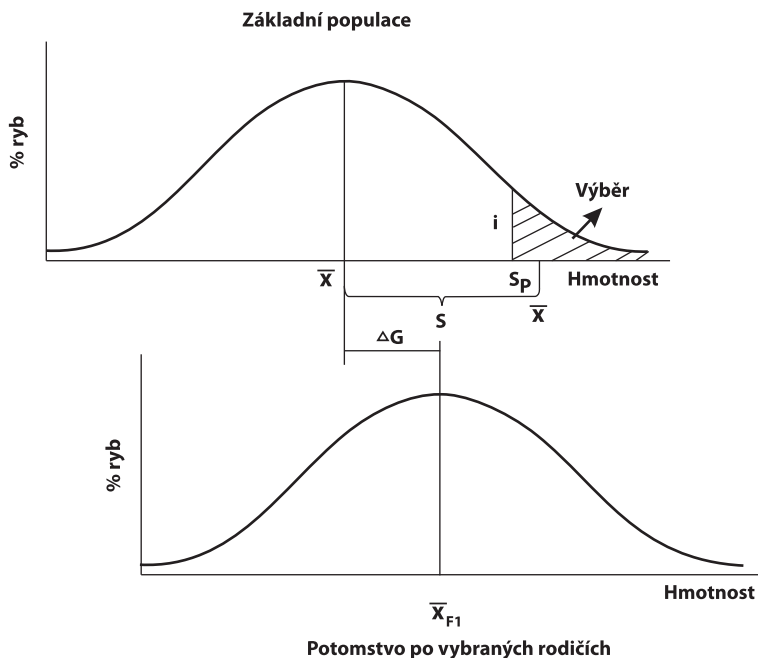
2.3. Selekcce

V našem případě budeme hovořit o selekci prováděné člověkem cíleně za účelem změny užitkovosti vybraného znaku (vybraných znaků) v požadovaném směru. Selekcce spočívá ve výběru jen těch jedinců, kteří na základě zjištěných fenotypových hodnot (změření, zvážení, výpočetem) spadají do námi požadovaného intervalu. Selekcce se vyplatí provádět jen u kvantitativních znaků se středním nebo vysokým koeficientem heritability, tedy u znaků ovlivněných aditivním působením zúčastněných genů. Vybrané jedince použijeme jako rodiče pro založení další generace, vyřazené jedince můžeme využít v užitkových chovech určených pro konzumní spotřebu.

Z předchozí kapitoly víme, že předpokládaný úspěch selekce, nazývaný také **selekč-**

ní (genetický) zisk (ΔG), záleží na heritabilitě znaku. Kromě heritability záleží výše získaného selekčního zisku na **selekčním diferenciálu (S)**. Selekční diferenciál udává rozdíl mezi průměrnou hodnotou selektovaného znaku u ryb vybraných k dalšímu chovu a průměrnou hodnotou znaku původní populace, z které byly ryby vybrány. Úspěch selekce je možné dopředu odhadnout z rovnice: $\Delta G = S \cdot h^2$ a rozhodnout se tak, zda je pro nás předpokládaný genetický zisk ekonomicky zajímavý. Neznáme-li průměrnou hodnotu znaku vybraných rodičů, můžeme předpokládaný genetický zisk vypočítat z hodnoty **selekčního prahu (Sp)**. **Selekční práh** definujeme jako mezní fenotypovou hodnotu, která rozhoduje o zařazení či vyřazení jedince z budoucí rodičovské populace, a kterou si vždy sami stanovíme. Hodnota selekčního prahu v dané populaci je závislá na procentu selektovaných jedinců a za předpokladu normálního rozdělení hodnot v populaci nám procento vybraných rodičů z původní populace udává intenzitu selekce (i). Selekční diferenciál pak vypočítáme jako součin intenzity selekce (viz příloha 2) a směrodatné odchylky znaku v populaci (σ_p): $S = i \cdot \sigma_p$. (obr. 2). Genetický zisk je pak možné vyjádřit jako: $\Delta G = i \cdot \sigma_p \cdot h^2$. Pokud chceme vyjádřit genetický zisk za rok, vydělíme získanou hodnotu délkou generačního intervalu (L), který udává průměrný věk rodičů při narození jejich prvního potomstva: $\Delta G = i \cdot \sigma_p \cdot h^2/L$. Pokud chceme vyjádřit genetický zisk v procentech vydělíme vypočítanou hodnotu ΔG průměrnou hodnotou znaku v původní populaci: $\Delta G (\%) = i \cdot \sigma_p \cdot h^2/\bar{X} \cdot 100$. Selekcí na daný znak je možné provádět i **nepřímo**, pomocí jiného znaku. Nepřímou selekci volíme v případech, kdy je zjišťování nepřímo souvisejícího znaku rychlejší (např. měření délky těla je rychlejší než vážení ryb) nebo kdy přímé zjišťování hodnoty znaku není možné bez usmrcení ryb (např. podíl jedlých částí těla). Nepřímou selekci je možné ale provádět jen v případech, kdy mezi oběma znaky existuje významná **genetická závislost** (genetická korelace) a tento „nepřímý“ znak má rovněž uspokojivou míru heritability. Při nepřímé selekci se očekávaný genetický zisk u původního znaku (znaku, který nás zajímá) vypočítá dle vzorce: $\Delta G = i \cdot h_{p1} \cdot h_{p2} \cdot r_G \cdot \sigma_{p2}$ (h_{p1} je odmocnina z heritability znaku, podle kterého selektujeme, tedy znak „nepřímý“, h_{p2} je odmocnina z hodnoty heritability u znaku, který chceme změnit, r_G je hodnota genetického korelačního koeficientu mezi oběma znaky a σ_{p2} je směrodatná odchylka fenotypové hodnoty znaku, který chceme selekci změnit).

Skutečnou výši genetického zisku zjistíme porovnáním průměrné hodnoty znaku u populace, z které pocházejí vybraní rodiče, a průměrné hodnoty znaku dceřiné populace, která vznikla z vybraných rodičů (obr. 2). V praxi není toto srovnání vůbec jednoduché, neboť každá populace reprezentuje jinou generaci a v chovu ryb jsou hodnoty některých znaků (především růstu) mezigeneračně vlivem podmínek prostředí velmi variabilní. Objektivní hodnocení je v tomto případě možné jen srovnáním užitkových vlastností obou populací ve vhodně navrženém testu v jednom časovém období. Srovnáváme tak potomstvo náhodně vybraných jedinců původní populace s potomstvem rodičů vybraných k dalšímu pokračování selekčního programu.



Obr. 2. Schématické znázornění selekčního diferenciálu (S), selekčního prahu (S_p) a genetického zisku (ΔG). \bar{x} – průměrná hodnota základní populace; \bar{x} – průměrná hodnota vybraných rodičů, \bar{x}_{F1} – průměrná hodnota potomstva, i – intenzita selekce (%) (převzato z Flajšhans a kol., 2008; upraveno editorem).

Z výše uvedených skutečností vyplývá, že čím nižší procento ryb vybereme k dalšímu chovu (čím vyšší selekční práh stanovíme), tím vyšší genetický zisk v následné generaci můžeme očekávat. Nesmíme ale zapomínat, že i po selekci by nám měl zůstat dostatečný počet generačních ryb, abychom zabránili vzniku **inbrední deprese** u následných generací. Inbrední deprese může vzniknout v důsledku rozmnožování příbuzných jedinců, vede k celkovému poklesu zdatnosti (fitness) a projevuje se zhoršením fyziologických funkcí, schopnosti reprodukce, odolnosti atd. Z tohoto důvodu je doporučováno nesnižovat počet generačních ryb po selekci pod 120 ks jedinců při poměru pohlaví 1 : 1 (Flajšhans a kol., 2009).

Selekci můžeme dělit podle různých kritérií na celou řadu typů (viz Flajšhans a kol., 2008). V podmínkách českého rybářství připadá v úvahu u většiny druhů ryb zejména hromadná jednostupňová selekce na jeden znak (rychlost růstu), a to buď přímá nebo nepřímá. U kapra obecného je možné provádět kromě selekce na jeden znak i selekci na dva znaky (rychlost růstu a podíl jedlých částí těla).

Výhodou selekce je přenos lepších vlastností na následné generace. Zvyšování užítkovosti cílového znaku je omezeno jen podmínkami prostředí, které již nedovolí lepší projev znaku nebo dosažením tzv. **selekčního stropu**, kdy již následné generace na selekci nereagují. Z dlouhodobého hlediska je selekce zpravidla účinnější metodou než meziplemenné křížení.

3. SPECIFIKA ŠLECHTITELSKÉ PRÁCE V CHOVU RYB

Šlechtitelská práce v chovu ryb má svá specifika, jež dlouho znemožňovala nebo omezovala plné využití některých šlechtitelských metod běžně užívaných u ostatních hospodářských zvířat. Díky některým specifickým došlo v minulosti také k řadě chybných interpretací výsledků při prováděných experimentech a některé metody při šlechtění ryb nebyly poté využívány (Vandeputte, 2003). Myslíme si, že je vhodné tato specifika popsána Flajšhansem a kol. (2008) v metodice zopakovat. Tyto informace mohou pomoci uživatelům metodiky lépe porozumět některým opatřením při popisování vlastních selekčních či hybridizačních postupů a představit si, s jakými problémy bylo nutné se při provádění experimentů předcházejících metodice vypořádat.

1) Rozmnožovací schopnost u ryb je ve srovnání se skotem, prasaty či drůbeží výrazně vyšší a pohybuje se řádově v tisících až miliónech potomků od jediného rodičovského páru z jediného výtěru. Tato zdánlivá výhoda ale v minulosti vedla k tomu, že se při rozmnožování používalo jen malé množství jedinců, kteří postačovali na produkci potřebného množství váčkového plůdku. Mnoho dnešních plemen kapra vzniklo z relativně malého počtu předků, mnohdy i společných, takže genetická variabilita kulturních plemen či linií kapra je nižší než u divokých populací (Kohlmann a kol., 2003, 2005; Hulák a kol., 2010). U lososovitých ryb je situace příznivější, neboť plodnost samic je 20–30x nižší ve srovnání s kaprem obecným. Mnoho současných plemen kapra obecného je díky minulým praktikám ohroženo inbrední depresí, která může působit proti genetickému zisku při selekci ryb. Další nevýhodou u reprodukce ryb je skutečnost, že všechny hospodářsky významné druhy ryb se v našich podmínkách rozmnožují jen jedenkrát ročně.

2) Přežití ryb je ze stádia od vykulení do tržní či reprodukční velikosti ve srovnání s jinými hospodářskými zvířaty velmi nízké. V rybníčních chovech nedosahuje kumulativní přežití ryb od vykulení do reprodukčního věku zpravidla více než 20 %, v intenzivních chovech lososovitých ryb činí přežití 50–80 %. Při selekčních programech tak ztrácíme mnoho žádoucích fenotypů, neboť někdy působí okolní podmínky proti našim selekčním záměrům. Rovněž přežití ryb používaných k umělé reprodukci je velmi variabilní a v rybníčních chovech máme o generačních rybách do doby dalšího výlovu omezený přehled. V chovech ryb se proto zpravidla nevyplácí hledat výkonné jedince, ale zaměřujeme se na celé populace (generační hejna).

3) Podmínky prostředí mohou výrazně vylepšit i zhoršit užitkové vlastnosti, ze-

jména růst, přežití, plodnost apod. Vliv prostředí je u jiných hospodářských zvířat lépe kontrolovatelný a většina zvířat je chována v řízených podmínkách (výživa, teplota apod.). Situace ve venkovních chovech, zejména v rybnících, je odlišná, neboť ryby vyrůstají z části na přirozené potravě dané produktivitou vodních ekosystémů. Rybníky, i když leží vedle sebe, jsou každý sám o sobě specifickým ekosystémem s mnoha proměnnými, a proto se podmínky prostředí v každém z nich mohou velmi lišit. Chováme-li geneticky odlišné skupiny ryb v jiných rybnících, nejsme schopni kvantifikovat, jak se konkrétní podmínky prostředí v jednotlivých rybnících promítly do výsledné fenotypové variance a vyjádřit tak ani podíl genetické složky. Jediným východiskem je provádět korekci fenotypových hodnot nebo chovat ryby v jednotných podmínkách (v jednom rybníce). Matematické úpravy hodnot nejsou bohužel nikdy zcela přesné a společný chov ryb v jednom rybníce není vždy možný z důvodu problematického značení mladých věkových kategorií ryb.

4) Problémy s individuálním značením jsou dány velikostí počátečních vývojových stádií ryb (několik mm až cm). V této velikosti není možné efektivně jedince individuálně ani skupinově označit. Při odděleném chovu, zvláště v rybnících, se potýkáme s odlišnými podmínkami prostředí, jak bylo vysvětleno v bodě 3 a mnohdy nejsme schopni zajistit pro požadovaný počet skupin (sourozenců, polosourozenců) rybníční fond. Např. při plném faktoriálním křížení 10 otců s 10 matkami získáme 100 rodin, tzn. že bychom potřebovali 100 inkubačních lahví, kolíbek a rybníků do doby možného individuálního značení. Navíc individuální značky jsou velmi drahé (většinou nelze použít obdobné typy značek používané u skotu, prasat či drůbeže) a vezmeme-li v úvahu procento přežití ryb, je takovéto značení většinou ekonomicky neúnosné.

5) Vedení rodokmenů je v chovech ryb zpravidla ekonomicky neúnosné. Naráží to na nemožnost označení potomstva v počátečním vývojovém stadiu a na nedostatek odchovných ploch pro oddělené držení potomstva po konkrétním rodičovském páru do doby možného individuálního označení. Při odděleném chovu, můžeme-li si jej dovolit, se zase potýkáme s odlišnými podmínkami prostředí. Vhodnou metodou je používání molekulárně genetických metod, kdy je možné pomocí mikrosatelitních markerů přiřadit jedince k rodičovskému páru. Všechny jedince můžeme držet v jednotných podmínkách směsných obsádek a ke stanovení původu nám stačí z potomka a potenciálních rodičů odebrat 1 cm² ploutevní tkáň. Nicméně úspěšnost přiřazení jedinců k jedinému rodičovskému páru se pohybuje na úrovni 80–95 % a cena tohoto stanovení je pro běžné chovatele neúnosná. Bez znalostí příbuzenských vztahů však nejsme schopni stanovit heritabilitu či odhadovat plemennou hodnotu jedinců.

6) Vhodný rybníční fond pro provádění experimentů při hodnocení úspěšnosti šlechtitelských metod a chov plemenných ryb je omezený. Již bylo zmíněno, že pro testování velkého množství skupin není dostatek menších rybníčních ploch, připočteme-li nutnost opakování pro každou z testovaných skupin kvůli odlišnosti podmínek prostředí, dostáváme se na potřebu desítek rybníků pro jeden experiment.

7) Délka generačního intervalu, tedy průměrný věk rodičů při narození jejich prvního potomstva, je u našich ryb mnohonásobně delší než u ostatních hospodářských zvířat. V našich klimatických podmínkách se např. samci kapra obecného využívají k reprodukci poprvé zpravidla ve věku 4 let. Samice dospívají ve věku 4 až 5 let. U ostatních druhů ryb je situace podobná. Ryby lososovitě, štika obecná, okoun říční a candát obecný dospívají zpravidla o 1–2 roky dříve. Později než kapr dospívají amur a tolstolobici (7–8 let). Jeseteři dospívají dokonce až ve věku 8–15 let. Délka generačního intervalu značně omezuje šlechtitelskou práci a prodlužuje dobu dosažení viditelných výsledků.

4. METODICKÉ POSTUPY PŘI VYUŽITÍ SELEKCE

V chovu ryb pro konzumní účely je vždy na prvním místě rychlost růstu. Odhady heritability i stanovení realizované heritability na rychlost růstu se u většiny druhů ryb pohybují zpravidla ve středních hodnotách (0,2–0,4), což dává dostatek prostoru pro aplikaci účinné selekce. Z druhů chovaných v českém rybářství byla prokázána dostatečná heritabilita růstu u kapra obecného a pstruha duhového (viz příloha 1). U ostatních druhů ryb chovaných v České republice nejsou odhady heritability zatím k dispozici. Není však důvod se domnívat, že by heritabilita rychlosti růstu byla u ostatních druhů našich ryb výrazně nižší. Pokud bude vyšší, bude to jen ku prospěchu efektivity selekčního programu. U některých druhů ryb (především u lososovitých a některých mořských druhů) se vzhledem k požadavku konzumentů či požadavkům vyplývajícím z podmínek chovu provádí selekce i na požadovaný tvar těla, odolnost vůči onemocnění, podíl jedlých částí těla, teplotní rezistenci, obsah tuku ve svalovině, efektivnost využití rostlinných bílkovin ve výživě aj. **V podmínkách českého rybářství** připadá u většiny druhů ryb v úvahu především **hromadná selekce na rychlost růstu**, u kapra obecného navíc **i na výtěžnost jedlých částí těla**. Jedinými rybími druhy, které se nehodí pro aplikaci hromadné selekce u nás, jsou sumec velký, *Silurus glanis*, a jeseteři (s výjimkou jesetera malého, *Acipenser ruthenus*). U těchto druhů ryb působí problémy jejich velikost při dosažení pohlavní dospělosti. S tím je spojená obtížná manipulace a nároky na prostor, jež zpravidla omezují možnost chovu většího počtu ryb. V praxi je tak nerealizovatelné chovat generační hejna těchto ryb o 120 ks a při každé umělé reprodukci využít minimálně 15 samic a 25 samců, jak je doporučováno podle Flajšhansa a kol. (2009).

O efektivitě selekce rozhodují v chovech ryb rovněž podmínky chovu. V řízených chovech, kdy jsou podmínky ovlivňovány člověkem ve vyšší míře (např. u chovu pstruha duhového), je vyšší pravděpodobnost, že při selekci dosáhneme skutečně odhadnutého genetického zisku. V těchto chovech totiž s větší pravděpodobností zajistíme po celou dobu selekčního programu konstantní podmínky. U ryb chovaných v rybní-

cích (např. kapr obecný, lín obecný), kdy růst ryb závisí i na přirozené potravě, může být účinek selekce méně výrazný či v rámci jednotlivých generací nevyvážený (např. u první generace – G_1 může být pozorován výrazný genetický zisk, u populace G_2 a G_3 naopak nevýrazný, u G_4 opět vyšší atd.). V dlouhodobém horizontu bude však i zde postupně dosaženo vyššího genetického potenciálu pro růst v daných podmínkách.

4.1. Organizace selekčního programu

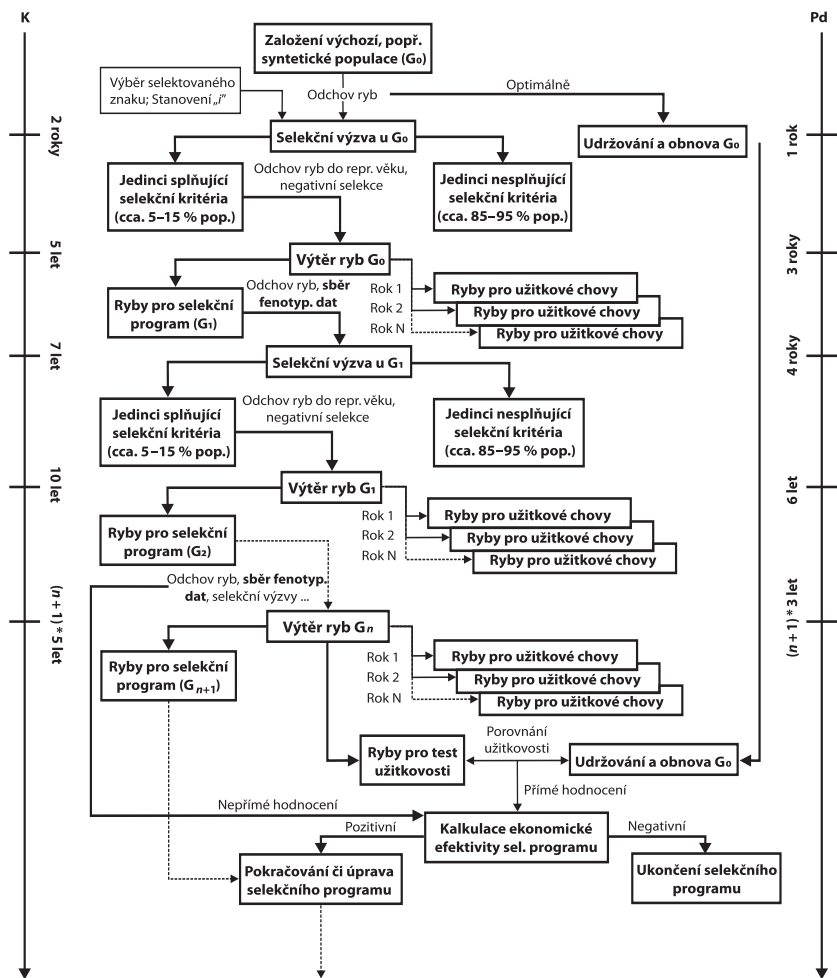
Selekční program se skládá z mnoha jednotlivých kroků, jež mají svoji časovou posloupnost i zpětné vazby a správná organizace jednotlivých kroků je pro efektivní aplikaci selekčního programu velmi důležitá. Dodržení organizace znamená minimalizaci nákladů selekčního programu a maximální využití jeho přínosů. Organizace selekčního programu je v základních bodech stejná pro všechny druhy ryb i pro různé způsoby jejich chovu (obr. 3). Bližší detaily ke každému kroku selekčního programu, případně specifika závislá na druhu ryby či způsobu chovu ryb (rybníční chov vs. chov ve speciálních rybochovných zařízeních), jsou popsány v jednotlivých kapitolách.

4.2. Založení výchozí populace

Před zahájením vlastní selekce u jakéhokoliv druhu ryb se nejdříve zakládá tzv. **výchozí populace** (též **nultá generace** – G_0). Je vhodné, aby výchozí populace měla vysokou genetickou variabilitu a zahrnovala velké množství různých genotypů. Pro zajištění vysokého počtu různých genotypů ve výchozí populaci je nejvhodnější založit **tzv. syntetickou linii**. Syntetickou linii získáme výtěrem co největšího množství ryb různého původu. U druhů ryb, kde neexistují různé barevné formy či jinak výrazně fenotypově odlišná plemena či linie (dle ošupení, tvaru těla, období výtěru atd.), se doporučuje dovoz/nákup plemenného materiálu či gamet z různých lokalit, které mohou překročit i hranice našeho státu. Zastoupení jedinců z různých lokalit by mělo být optimálně co nejvyrovnanější (např. 10 jedinců ze 4 různých lokalit, 8 jedinců z 5 různých lokalit, 5 jedinců z 8 různých lokalit, 4 jedince z 10 různých lokalit, 2 jedince z 20 různých lokalit atd.), není to ale podmínkou. To stejné platí i pro zastoupení pohlaví ryb. Čím více ryb z různých lokalit se doveze, tím lépe. Pro vlastní založení výchozí populace se doporučuje mít minimálně 40 ks ryb s poměrem pohlaví 1 : 1. Z technických důvodů je možné snížit počet samic a adekvátně zvýšit počet samců. Počet samic by však neměl klesnout pod 15, kvůli zachování dostatečné efektivní velikosti populace. Je doporučováno, aby **efektivní velikost populace** při zakládání výchozí populace neklesla pod hodnotu 37,5. Efektivní velikost populace vypočítáme dle vzorce:

$$N_e = \frac{4N_m N_f}{N_m + N_f}$$

kde N_m je počet samců a N_f je počet samic použitých k reprodukci. Při reprodukci 20 samců a 20 samic je efektivní velikost populace 40 $((4 * 20 * 20)/(20 + 20))$. Při reprodukci 15 samic a 25 samců je efektivní velikost populace 37,5. Pokud použijeme jen 10 samic, potřebujeme již 150 samců, aby byla efektivní velikost populace stále 37,5.



Obr. 3. Schématické znázornění organizace selekčního programu s vyznačením časové osy u kapra obecného (K) a pstruha duhového (Pd), i – intenzita selekce.

V podmínkách českého rybařství můžeme z různých lokalit sesbírat jedince bez ohledu na další okolnosti téměř u všech druhů běžně chovaných ryb s výjimkou kapra obecného a pstruha duhového. Vyvarujeme se jen zařazování barevných forem odlišných fenotypem od běžného přirozeného zbarvení. Například u lína obecného máme v České republice k dispozici 6 českých plemen (Flajšhans a kol., 2009) s původním zbarvením a dále minimálně 3 další populace ze zahraničí (Německo, Maďarsko, Rumunsko).

U kapra obecného a pstruha duhového je situace o něco složitější. U těchto druhů ryb existuje velké množství plemen/linií/populací s různými fenotypy. Zakládání syntetických linií je rovněž vhodné, doporučuje se však vybírat jedince z populací/linií podobného vzhledu, původu a ošupení. V žádném případě není doporučeno zakládat syntetickou linii z ryb s šupinatým i lysým genotypem ošupení. Je vždy nutné rozhodnout se, který typ ošupení je pro nás ekonomicky zajímavější. Je možné založit syntetickou linii pro oba fenotypy ošupení, vždy ale odděleně. Z důvodu štěpení genotypů v druhé filiální generaci (F_2) a generacích dalších se také nedoporučuje zakládat syntetickou linii z plemen s výrazně odlišným tvarem těla (např. Amurský sazan – AS a Tatajský kapr šupinatý – TAT). Příkladem vhodné syntetické linie může být linie nazvaná HSM (maďarská syntetická linie) založená v roce 1997 na VÚRH JU při křížení maďarského plemene M2 s hybridy maďarských plemen (215 x M1; M2 x C435; blíže neurčená maďarská linie x Aischgrundský kapr) (Kocour a kol., 2008). U pstruha duhového se dále nedoporučuje křížit linie s odlišnou dobou výtěru (jaro, podzim).

Výchozí populaci je možné založit i s využitím generačních ryb jednoho kmenového hejna (jednoho plemene apod.) bez zakládání syntetické linie. O to více však musíme dbát na využití co největšího počtu generačních ryb k jejímu založení. Při využití této možnosti existuje vyšší riziko, že selekční program na vybraný znak bude méně efektivní. Je proto nejvhodnější, nechat si před zahájením selekčního programu odhadnout heritabilitu znaku, na který chceme selektovat. Odhad heritability je technicky složitá záležitost, která se neobejde bez spolupráce s univerzitním(i) či výzkumným(i) pracovištěm(i), jež jsou schopny provést určení rodičovství a mají zkušenosti v oblasti kvantitativní genetiky a odhadu parametrů fenotypové proměnlivosti.

Generační ryby vybrané k založení výchozí populace musí samozřejmě splňovat všechny obecné standardy vzhledu daného druhu či linie. Nezařazují se např. ryby s deformacemi, špatným zdravotním stavem, nepřirozenou stavbou těla či jednotlivých jeho částí. Při zakládání výchozí populace je doporučováno využít řízenou reprodukci, která je běžně praktikována na rybích líhních chovatelů s uzavřeným či polouzavřeným způsobem chovu. Způsob řízené reprodukce např. u kapra obecného je popsán v metodice autorů Gela a kol. (2009). Z důvodu zajištění vyššího počtu genotypů ve výchozí populaci je doporučováno využít při osemeňování tzv. **plné faktoriální křížení**. Při tomto způsobu osemeňování se od každé samice vezme přibližně stejné

množství jiker (např. odvážením či odměřením stejného objemu), jikry od všech samic se opatrně smísí v jedné nádobě a tato směs jiker se rovnoměrně rozdělí na počet částí rovnající se počtu použitých samců. Každá z částí je pak osemena spermatem (mlíčím) jednoho samce, proto také hovoříme o tzv. **individuálním oplození**. Po aktivaci gamet a oplození se mohou všechny jikry opět smíchat a dále se pokračuje, jak je běžné pro daný druh.

4.3. Odchov výchozí populace

Z důvodu zajištění totožných podmínek pro všechny jedince je důležité inkubovat a dále odchovávat celou obsádku výchozí populace společně. Nejvhodnější je inkubovat všechny jikry v jedné láhvi či na jednom inkubačním aparátu. Pokud to není možné z důvodu maximálně možného počtu jiker k nasazení na příslušný inkubační přístroj, měly by být všechny aparáty s jikrami budoucí výchozí populace inkubovány na stejné vodě, za stejné teploty apod. Stejně opatření je potřeba přijmout i v období od vykulení váčkového plůdku do přechodu na exogenní výživu.

Pokud se ryby po přechodu na exogenní výživu odchovávají v **rybnících** s vysokým podílem přirozené potravy (např. kapr obecný, lín obecný), je nutné vždy v průběhu celého odchovu volit takové rybníky, kde je možné odchovávat všechny jedince výchozí populace společně. V žádném případě není možné v dalších krocích selekce sdružovat obsádky ryb odchované v různých rybnících. Důvodem je skutečnost, že nejsme nikdy schopni zajistit ve dvou rybnících totožné podmínky prostředí a při vlastní selekci bychom kromě genetických vlivů zohledňovali s vysokou pravděpodobností i vlivy environmentální. Možnost rozdělení obsádky do více rybníků připadá v úvahu jen v tom případě, kdy je podíl přirozené potravy na růstu ryb minimální (do 5 %) a výživa ryb je zajištěna krmením plnohodnotnými krmnými směsmi. I nadále je ale nutné zajistit stejnou hustotu obsádek, krmnou dávku atd. Požadavek na velikost rybníka není u kapra obecného v jednotlivých fázích jeho odchovu až do získání generačního hejna 120 ks ryb nikterak velký. Pokud potřebujeme vzhledem k vyšší produkce váčkového plůdku více než 120 ks generačních ryb, musíme zvolit rybník o odpovídající velikosti nebo odchovávat ryby ve více rybnících. Při chovu ryb ve více rybnících musíme všechny následné kroky selekčního programu provádět pro každý rybník odděleně (tzn. budeme mít dvě či více generačních hejn). Z důvodu minimalizace rizika ukončení či oddálení programu v případech nadprůměrných ztrát ryb (např. kvůli onemocnění, rybožravým predátorům, nepříznivým klimatickým podmínkám, povodním či jiným neočekávaným situacím) se doporučuje provádět odchov ryb výchozí populace s opakováním (ve dvou či více rybnících). Pro další fáze selekčního programu si však vybereme jen ryby z rybníka/rybníků s dostatečným počtem přeživších ryb, s nejvyšší

průměrnou hmotností ryb, nejlepším zdravotním stavem apod.

U ryb chovaných **ve speciálních rybochovných zařízeních**, kde je krmení zajišťováno výhradně kompletními krmnými směsmi a podmínky odchovu (hustota obsádky, typ krmení a krmná dávka, průtok a teplota vody, obsah O₂ atd.) jsou pro všechny nádrže totožné, je možné obsádku výchozí populace rozdělit na více nádrží podle potřeby. Neoptimálnější je však opět zajistit odchov všech jedinců výchozí populace po celou dobu v jedné nádrži. V případě chovu ryb ve více nádržích je na rozdíl od rybníčního chovu možné později sloučit ryby do jednoho generačního hejna, vhodnější je však věst je rovněž odděleně. Ostatní pravidla jsou totožná s rybníčním chovem.

Podmínky odchovu výchozí populace v rybnících nebo v jiných rybochovných zařízeních musí být co nejbližší běžným podmínkám chovu na daném podniku, a to ve všech ohledech. Toto opatření nám zajistí maximálně možný genetický zisk s minimem meziročních výkyvů. Po celou dobu odchovu, při převozech a manipulaci s rybou je nutné dbát zvýšené opatrnosti, aby nedošlo k pomíchání či záměně obsádky výchozí populace s jinými obsádkami. Při chovu ryb v rybnících je potřeba dbát na zabezpečení rybníků proti vniku jiných ryb stejného druhu či úniku ryb z rybníka. **Přítomnost cizích ryb ve výchozí obsádce může ovlivnit úspěch selekčního programu** a platí, že čím vyšší bude procento cizích ryb v obsádce, tím vyšší je pravděpodobnost selhání selekčního programu.

V průběhu odchovu je možné mezi jednotlivými obdobími ředit (redukovat počet) obsádky kvůli zajištění efektivity chovu a využití přirozené potravy při chovu ryb v rybnících. Podmínkou je, aby ředění probíhalo **náhodným výběrem**. Náhodný výběr zaručí, že zředěná obsádka bude reprezentovat jedince o stejné velikostní skladbě a poměru, které byly v původní neřaděné obsádce. Za náhodný výběr může být považován např. odpočet pomocí měrek, kdy je odebrán stejný počet měrek z každé nádrže/kádě/nádoby, kde jsou ryby v období od výlovu do přesazení uchovávány. Před odběrem je vhodné ryby v manipulační nádrži opatrně promísit, aby se narušila struktura a uspořádání hejna ryb, v němž mohou být ryby velikostně rozkastovány. Redukce počtu ryb je nutné provádět jen tak, aby i po ředění a očekávaných ztrátách zůstal dostatečný počet ryb pro aplikaci účinné intenzity selekce a získání dostatečného množství jedinců budoucího generačního hejna (min. 120 ks ryb) s poměrem pohlaví blízkému 1 : 1. Pokud se počet generačních ryb pohybuje výrazně nad hranicí 120 ks ryb (např. u podniků s vysokou tržní produkcí ryb, a tudíž vysokou potřebou generačních ryb, nebo v chovech lososovitých ryb, kde je plodnost samic poměrně nízká), je možné poměr pohlaví upravit až na 2 : 1 ve prospěch toho pohlaví, jehož plodnost je limitující. Je potřeba ale pamatovat na skutečnost, že bychom při každém umělém výtěru měli zajistit co možná nejvyšší efektivní velikost populace, která by nikdy neměla klesnout pod 37,5.

4.4. Selekční výzva

V určité fázi odchovu výchozí populace se aplikuje tzv. **selekční výzva**. Při selekční výzvě (selekcí) zařadíme do dalšího odchovu již jen jedince, kteří splňují námi požadovaná kritéria, tedy jen ty jedince, kteří svým fenotypem zjištěným měřením/vážením dosahují hodnoty selekčního prahu či vyšší. Výsledky experimentálních programů (Vandeputte a kol., 2008) ukázaly, že věk ryb, při němž je selekční výzva aplikována, je velmi důležitým faktorem ovlivňujícím úspěšnost selekčního programu. Obecně platí, že čím blíže k tržní velikosti a reprodukčnímu věku ryb se selekční výzva aplikuje, tím stabilnější genetický zisk můžeme očekávat. Jelikož je však u většiny našich druhů ryb provádění selekce v tržní velikosti či pohlavní zralosti technicky velmi náročné, doporučuje se provádět selekci ve velikostech a věkových kategoriích uvedených v tab. 3. Provádět selekci u menších či mladších ryb, než je uvedeno v tabulce, není vhodné.

Tab. 3. Doporučené období pro aplikaci selekční výzvy u našich hospodářsky nejvýznamnějších druhů ryb. **L** – generační interval (věk ryb při jejich prvním výtěru); **R** – chov ryb v rybnících; **SRZ** – chov ryb ve speciálních rybochovných zařízeních.

Druh ryby	Způsob chovu	Doporučená velikost pro selekci	Odhadovaný věk ryb při selekci	Běžná tržní velikost	L
kapr obecný	R	250–900 g	2 roky	od 1,2 kg	4–5 let
pstruh duhový	SRZ	100–200 g	10–16 měsíců	od 200 g	3 roky
siven americký	SRZ	100–200 g	11–17 měsíců	od 200 g	3 roky
lín obecný	R	80–200 g	2–3 roky	od 250 g	3–4 roky
candát obecný	R	200–600 g	3 roky	od 1,5 kg	4–5 let
okoun říční	R	50–150 g	2–3 roky	od 150 g	2–4 roky
štika obecná	R	200–800 g	1–2 roky	od 1,5 kg	2–3 roky
amur bílý	R	200–800 g	2 roky	od 1,5 kg	5–7 let
tolstolobici	R	300–900 g	2 roky	od 1,5 kg	5–7 let

Poznámka: Při změně chovu se může lišit věk ryb při dosažení doporučené velikosti pro aplikaci selekční výzvy i jejich generační interval. Doporučená velikost ryb se při zachování tržní velikosti nemění.

4.4.1. Výběr znaku, na který budeme selektovat

Cena ryb je až na výjimky stanovena na základě jejich hmotnosti. Vybraným fenotypem (znakem) pro selekci na rychlost růstu je proto dosažená hmotnost. Budeme-li selektovat ryby podle hmotnosti, budeme provádět **přímou selekci**. Selekcce na hmotnost je však poměrně pomalá, proto je možné selektovat i na délku těla (DT), která je s hmotností ve vysoké genetické závislosti. Pokud budeme selektovat na délku těla, budeme provádět **nepřímou selekci**. Při selekci na výtěžnost jedlých částí těla

není přímá selekce možná a v úvahu připadá jen nepřímá selekce. U kapra obecného byla zjištěna významná závislost mezi indexem délky hlavy a podílem opracovaného trupu a filetů a rovněž obsahem tuku ve svalovině (Kocour a kol., 2007). Selekcí na nižší index délky hlavy tedy zvýšíme podíl jedlých částí těla.

4.4.2. Stanovení hranice selekčního prahu

Všechny jedince příslušné výchozí populace je potřeba nejdříve vylovit z rybníka/odchovných nádrží a přemístit do vhodných manipulačních nádrží. V průběhu výlovu je nutné zjistit přibližně počet ryb ve výchozí populaci (N). Celkový počet ryb můžeme zjistit:

1. Objemovou metodou pomocí vhodných měrek. Při tomto způsobu zjistíme průměrný počet ryb v jedné měrce ze 3–5 počítání a poté zjistíme celkový počet měrek (příloha 3).
2. Váhouvou metodou. Tato metoda bude vzhledem k velikosti ryb při provádění selekční výzvy zřejmě praktičtější. Počet ryb v tomto případě odhadujeme na základě počtu nastavených váhových jednotek (např. ve 100 kg, 50 kg nebo 20 kg v závislosti na druhu a velikosti ryb) s využitím různých typů přesměnů a zjištění průměrného počtu ryb v této váhové jednotce ze 3–5 počítání (příloha 3).
3. Z evidence ztrát v průběhu odchovu. Tato metoda připadá v úvahu ve speciálních rybochovných zařízeních, kde jsme schopni v průběhu odchovu zjišťovat přesně ztráty ryb. Počet ryb obsádky pak odvodíme jen odečtením ztrát v průběhu odchovu od počáteční obsádky ryb.

V manipulačních nádržích je nezbytné poskytnout rybám vhodné podmínky, aby netrpěly neúměrným stresem nebo nebyly ohroženy na zdraví či životě. Dalším krokem je stanovení průměrné hodnoty znaku, na který selektujeme ve výchozí populaci:

- **Při přímé selekci na hmotnost** zjistíme u vybraného vzorku (**n**) z výchozí populace individuální hmotnost vážením. Vybraný vzorek musí být náhodný, aby reprezentoval průměrnou hmotnost celé populace. Náhodnost výběru zajistíme odběrem ryb z různých míst nádrže(i). Pokud jsou ryby ve více manipulačních nádržích, vezmeme z každé přibližně stejný počet ryb. Ryby v nádrži před odběrem jemně promícháme, abychom zrušili případnou strukturu hejna s velikostním seřazením ryb. Počet individuálně vážených ryb musí být **minimálně 150 ks, nejlépe 200 ks**. Přesnost vážení ± 1 g. Vážené ryby je vhodné, kvůli lepší manipulaci, snížení stresu a rizika poranění ryb, zklidnit koupelí ve vhodném anestetiku (Kolářová a kol., 2007). Zvážené ryby se vrátí zpět k ostatním rybám výchozí populace nebo je využijeme jako základ pro založení generačního hejna udržovaného bez selekčních zásahů pro přímé srovnávání užitkovosti s rybami ze selekčního programu (kapitola

4.8.2.). Hodnoty hmotností se zapisují nejlépe rovnou do počítače vybaveného programem MS Excel (do řádků jednoho sloupce) či jiného podobného programu. V tomto programu se poté naměřené hodnoty hmotností seřadí ve sloupci sestupně (od největší po nejmenší). Stanovíme si selekční tlak (T_s) vyjádřený procentem selektovaných ryb. Doporučuje se vybírat 10 % ryb s nejvyšší/nejnižší hodnotou znaku, na který selektujeme. Čím nižší procento selektovaných ryb vybereme, tím vyšší selekční zisk můžeme očekávat (viz kapitola 2.3.). Selekční tlak by neměl být nižší než 15 % (tzn. 15 a více %). Vše také ale závisí na celkovém počtu ryb ve výchozí populaci a naší potřebě generacních ryb pro zajištění plánované produkce váčkového plůdku. Předpokládaný počet ryb po selekci (N_s) zjistíme ze vztahu: $N_s = N * T_s$ (příloha 4). Musíme si předem spočítat, kolik budoucích generacních ryb budeme potřebovat k produkci požadovaného množství váčkového plůdku a pamatovat na:

- a) Předpokládané přežití ryb od selekce do věku jejich umělého výtěru. Při selekci ve věku dle tabulky 3 můžeme očekávat u většiny druhů ryb přežití kolem 90 %. Je vždy ale lepší vycházet z vlastních zkušeností.
- b) Skutečnost, že celkový počet budoucích generacních ryb by měl být minimálně 120 ks, a to i v těch případech, kdy by nám z ohledem k potřebě plůdku k nasazení a plodnosti ryb postačoval i nižší počet generacních ryb.
- c) Skutečnost, že při selekci ryb se může změnit poměr pohlaví. U většiny našich druhů ryb rostou samice rychleji než samci, s výjimkou pstruha duhového, u kterého byly publikovány rozporuplné údaje (Kause a kol., 2007 vs. Gúzel a kol., 2006). Je proto vždy lepší počítat při selekční výzvě s rezervou, abychom měli později při zařazování ryb do generacních hejn dostatek ryb od obou pohlaví. U kapra obecného je vhodné počítat s tím, že při selekci budou na 3 vybrané ryby připadat 2 samice a 1 samec. Takže pokud budeme mít například po selekci 300 ks ryb, je možné předpokládat, že 100 z nich budou samci a 200 samice. U pstruha duhového je pravděpodobné, že pro selekci ryb v požadovaném počtu a poměru pohlaví budeme potřebovat 1,5násobek předpokládaného počtu. Je-li to s ohledem na druh a stáří ryby možné, je vhodnější již při selekci kontrolovat pohlaví ryb. U ryb bez pohlavního dimorfismu mohou samci ve věku selekce již po jemné masáži břišní dutiny směrem od břišních ploutví kaudálně uvolňovat sperma. Zjistíme tak alespoň orientační počet samců.
- d) Po zohlednění všech předchozích skutečností na připočtení rezervy na úrovni 50–100 % dle druhu ryby. Tato rezerva pokrývá případné vyšší ztráty ryb při mimořádných okolnostech (např. nemoci, predace, otravy apod.) a také slouží jako pojistka při problémech s reprodukcí generacních ryb (úhyny plůdku, problémy s přípravou ryb k umělé reprodukci apod.).

Pokud i při zohlednění všech výše uvedených skutečností máme ve výchozí populaci dostatek ryb, můžeme selekční tlak zvýšit. Pokud jich máme méně, budeme muset hranici selekčního tlaku snížit. Hranici selekčního prahu (S_p) stanovíme tak, že vynásobíme počet individuálně vážených ryb zvoleným procentem selektovaných ryb ($n * T_s$). Získanou hodnotu zaokrouhlíme na celé jednotky a tato hodnota znamená číslo řádku v Excelu (nebo podobném programu), na kterém leží hodnota hmotnosti odpovídající selekčnímu prahu (obr. 4, obrazová příloha na str. 89 a příloha 5).

- **Při nepřímé selekci na hmotnost** s využitím délky těla (DT) postupujeme stejně jako v předchozím případě. Místo váhy ale zjišťujeme délku těla v milimetrech a opět nás budou zajímat jedinci s vyšší hodnotou (obr. 5, obrazová příloha na str. 89 a příloha 6). Délka těla se měří od předního okraje rypce po zadní konec ocasního násadce (Flajšhans a kol., 2009). Při nepřímé selekci na hmotnost je nutné počítat s nižším genetickým ziskem (viz kapitola 2.3.), který můžeme kompenzovat vyšším selekčním tlakem (nižším procentem vybraných jedinců). Výhodou tohoto postupu je rychlost při vlastní selekci, neboť individuální měření délky těla je zpravidla rychlejší než individuální vážení.
- **Při nepřímé selekci na podíl jedlých částí těla u kapra obecného potřebujeme zjistit index délky hlavy (IDH). $IDH = \text{délka hlavy v mm (DHL)} / \text{délka těla v mm (DT)} * 100$** (Flajšhans a kol., 2009). Postup bude pomalejší, neboť musíme u každého jedince měřit dva délkové ukazatele. Z délkových ukazatelů je IDH možné vypočítat rovněž velmi snadno v programu MS Excel. Další postup je obdobný, jak bylo popsáno výše, v tomto případě nás ale zajímají jedinci s nižší hodnotou. Budeme tedy vybírat 10–15 % jedinců s nejnižší hodnotou IDH. V tomto případě je lepší seřadit si vypočítaná data ze vzorku ryb vzestupně (tj. od nejmenšího po největší). Seřadíme-li je sestupně, hledáme hodnotu selekčního prahu od spodu (příloha 7).
- **Při selekci na více znaků u kapra obecného** (např. rychlost růstu a podíl jedlých částí těla) je postup obdobný tomu popsanému výše, jen zjišťujeme (počítáme) při jednom měření více znaků, a to buď 1) hmotnost, délku těla a délku hlavy při přímé selekci na hmotnost a nepřímé na podíl jedlých částí těla nebo 2) délku těla a délku hlavy při nepřímé selekci na hmotnost i podíl jedlých částí těla. Pro další fáze selekčního programu vybíráme jen ty jedince, kteří splní selekční práh pro oba znaky. V tomto případě je potřeba počítat s tím, že procento vybraných ryb bude nižší než při selekci na jeden znak a pro dostatečný počet budoucích generačních ryb je zapotřebí mít vyšší počet jedinců ve výchozí populaci. Budeme-li totiž selektovat na oba znaky se selekčním tlakem 10 %, bude celkové procento vybraných ryb teoreticky jen 1 % ($0,1 * 0,1 = 0,01$). Ve skutečnosti bude procento vybraných ryb vyšší, předpokládáme cca 3–4 %. Mezi hmotností či délkou těla a indexem délky

hlavy existuje totiž významná negativní genetická korelace (viz kapitola 4.7.). Ryby s požadovaným nižším indexem délky hlavy budou mít s vysokou pravděpodobností zároveň délku těla či hmotnost, které budou spadat za hranici selekčního prahu. I přesto se selekcí na dva znaky procento selektovaných ryb snižuje. Je proto lepší vzít jeden znak jako hlavní a u něj aplikovat vyšší selekční tlak (10–15 %). Druhý znak bude doplňkový s nižším selekčním tlakem (např. 25–30 %). Při takovémto postupu se dá předpokládat, že bychom se s celkovým selekčním tlakem mohli dostat na hodnotu kolem 5–10 % vybraných ryb.

V příloze 8 je uvedeno několik příkladů na odhad potřeby generačních ryb včetně odhadů potřeby obsádek od počátku odchovu až do aplikace selekční výzvy.

4.4.3. Výběr jedinců pro budoucí založení první selektované generace

Po stanovení selekčního prahu a navrácení individuálně měřeného vzorku ryb zpět k ostatním rybám výchozí populace do manipulačních nádrží, nebo jejich oddělení k dalšímu využití, přikročíme k vlastní selekci ryb. Tyto ryby budou základem budoucího generačního hejna. Je zapotřebí mít hodnotu(y) selekčního prahu stále na paměti. Při selekci dle délky těla s použitím měrné desky si můžeme hodnotu selekčního prahu zvýraznit barevným fixem. Měří/váží se individuálně všechny ryby výchozí populace a jedinci s hodnotou(ami) znaku v požadovaném výběrovém intervalu jsou od zbytku výchozí populace oddělováni do jiné nádrže. Při selekci bude potřeba mít k dispozici, v závislosti na technickém vybavení a způsobu organizace práce, dvě až tři osoby:

- jedna osoba zajišťuje postupný odlov ryb z manipulační nádrže do vaničky/lavoru nebo podobné nádoby k rukám osoby provádějící měření a dále přenos ryb po měření do jiných připravených manipulačních nádrží;
- druhá osoba provádí vlastní měření/vážení a na základě hodnoty selekčního prahu třídí ryby na dvě skupiny (ryby splňující selekční kritérium a ryby nespĺňující selekční kritérium);
- při nepřímé selekci na podíl jedlých částí těla s využitím IDH budeme potřebovat třetí osobu s počítačem, která nám z naměřených hodnot délky těla (DT) a délky hlavy (DHL) vypočítá IDH a řekne, zda zjištěná hodnota splňuje či nespĺňuje hranici SP.

Z důvodu urychlení celého procesu je vhodnější, aby byl počet osob zapojených do selekce vyšší. Ze statistických důvodů je velmi vhodné zapisovat individuální fenotypové hodnoty pozitivně selektovaných ryb. Umožní nám to vypočítat si průměrnou hodnotu znaku selektovaných ryb a v dalších letech tuto průměrnou hodnotu porovnávat s hodnotami u následných generací. Jedna osoba je schopna přetříditi asi 60 ks ryb za jednu hodinu (v závislosti na způsobu provádění selekce, velikosti a druhu ryby), za běžný pracovní den pak kolem 400 ks ryb. Podle počtu tříděných ryb a osob provádějících třídění je pak možné snadno vypočítat čas potřebný na přeměření všech

jedinců výchozí populace. Například přetřídění 3000 ks ryb, což je zhruba počet ryb nutný k pozdějšímu získání 120 ks generačních ryb s poměrem pohlaví 1 : 1 a dostatečnou rezervou (příloha 4) při selekčním tlaku 10 %, zabere jedné osobě zhruba osm dní, dvěma osobám čtyři dny a čtyřem osobám asi dva dny.

U lososovitých ryb je potřeba generačních ryb s ohledem na jejich nižší reprodukční potenciál mnohem vyšší než u kapra obecného. S tím souvisí i velikost populace ryb, z které budeme ryby selektovat (viz příloha 4). V tomto případě by ruční třídění mohlo být poměrně zdoluhavé. Při selekci na rychlost růstu je tedy možné využít **třídíček**, kde se ryby třídí na základě šířky těla ryb. Před vlastní selekční výzvou provedeme vedle měření délky těla ryb či zjišťování hmotnosti i měření tzv. **šířky těla maximální (ŠTM)**. Doporučuje se nastavit třídíčku na šířku těla tak, aby nám po přetřídění zůstalo o 50 % více jedinců ve srovnání s požadovaným počtem ryb (tzn. při konečné selekci 10 % největších ryb nastavíme šířku těla u třídíčky tak, aby nám zůstalo 15 % ryb s nejvyšší hodnotou délky těla či hmotnosti). Z předtříděných ryb poté vybereme po ručním měření jen jedince splňující hodnotu vypočítaného selekčního prahu (v našem případě 10 %). Využití třídíček k nepřímé selekci na hmotnost bez následného ručního dotřídění se nedoporučuje. Genetická korelace mezi ŠTM a hmotností či ŠTM a délkou těla je sice poměrně vysoká, ale může se stát, že bychom zároveň selektovali na jiné ne tak žádoucí užitkové vlastnosti, jako je např. vyšší podíl viscerálního tuku.

Po celou dobu třídění a manipulace s rybou je nezbytné postupovat tak, abychom ryby nevystavovali přílišnému stresu a nedocházelo k jejich poranění. Proces selekce nemusí probíhat s využitím anestézie. Pokud jsou však ryby příliš aktivní nebo s nimi není snadná manipulace, doporučuje se anestézii využít. Aby nedocházelo ke zdržení rychlosti selekce, je zapotřebí práci vhodně zorganizovat (např. střídavým využíváním dvou nádob, z nichž si osoba provádějící měření/vážení ryby odebírá – v jedné jsou ryby již narkotizované, připravené k měření a do druhé se zhruba 5 min před předpokládaným dokončením měření ryb z první nádrže umístí další ryby). Neměli bychom zapomínat na provzdušňování nádob, z kterých si osoba provádějící třídění ryby odebírá a kam je před přenosem do větších nádrží po selekci vrací.

Jedinci, kteří splnili selekční kritérium (obr. 4 a obr. 5, obrazová příloha na str. 89), se využijí pro založení příštího generačního hejna a budou se odchovávat nejlépe odděleně od jiných ryb až do věku vhodného pro jejich reprodukci. Platí přitom nadále pravidlo, že v rybníčním chovu se budou ryby chovat v jednom rybníce a při chovu v řízených podmínkách je možné ryby rozdělit na více chovných nádrží za předpokladu zajištění stejných podmínek. I další podmínky chovu by měly splňovat pravidla popsaná v kapitole 4.3.

Aby nedošlo k nechtěné záměně ryb, je vhodné pozitivně selektované ryby označit. V této fázi postačí využít pro daný druh ryby a věkovou skupinu **vhodnou metodu skupinového označení** (tekutý dusík, střížení jedné z párových ploutví, barevné elastomery apod.). Je nutné pamatovat na to, že při používání některých způsobů značení

(střížení ploutví) musíme požádat o výjimku ze zákona na ochranu zvířat proti týrání č. 409/2008 Sb. Po označení nezapomeneme na desinfekci postiženého místa na těle ryby (lokální desinfekce nebo ponořovací koupel ryb, Svobodová a kol., 2007). Značení je nevhodnější provádět před vrácením ryb do větší manipulační nádrže, čímž snížíme počet nezbytných manipulací s rybou. Ošetřením místa značení předcházíme sekundárním zdravotním problémům, které výše popsané činnosti mohou u ryb za určitých podmínek vyvolat. Jedinci, kteří nesplnili selekční kritérium, se mohou komerčně využít (např. zařazení do užitkových chovů k produkci tržních ryb, prodej násadového materiálu apod.).

4.5. Reprodukce selektovaných ryb z výchozí populace

V období před prvním umělým výtěrem ryb provedeme zařazení ryb do generačního hejna. Provádíme jen **negativní selekci**, kdy vyřazujeme ryby:

- se špatným zdravotním stavem;
- ryby se závažným poraněním, s deformacemi či jiným nestandardním vzhledem.

Způsob výběru ryb k jejich zařazení do generačního hejna je např. u kapra obecného popsán v metodice o řízení reprodukci (Gela a kol., 2009). Pokud při výlovu ryb před jejich zařazením zjistíme, že je jejich počet i po započtení případné rezervy mnohonásobně vyšší, můžeme aplikovat ještě druhý stupeň selekční výzvy. Postup bude obdobný tomu popsanému v kapitolách 4.4.2. a 4.4.3. Míru selekčního tlaku zvolíme takovou, abychom po selekci dostali požadovaný počet generačních ryb. Z důvodu technické obtížnosti selekce se dodatečná druhá selekční výzva příliš nedoporučuje a přebývající ryby se mohou raději zařadit do obsádek tržních ryb. Nesmíme také zapomínat, že s největší pravděpodobností budeme mít v obsádce ryb po selekční výzvě jiný poměr pohlaví než běžný 1 : 1. Zařazování ryb do generačních hejn se musí provádět v období, kdy jsme pohlaví ryb schopni co nejspolehlivěji rozeznat, a při zařazování ryb do budoucího generačního hejna se doporučuje upravit poměr pohlaví tak, jak je u daného druhu ryby obvyklé.

V tomto období je nevhodnější jedince zařazené do generačního hejna individuálně označit. Možnosti individuálního značení ryb popisuje např. Flajšhans a kol. (2009). V době psaní této metodiky bylo individuální značení ryb povinné jen u ryb zařazených v genových zdrojích a u generačních ryb využívaných k založení experimentálních populací při testování užitkovosti ryb (zákon č. 344/2006 Sb., vyhláška č. 447/2006 Sb. a vyhláška č. 448/2006 Sb.).

Vlastní reprodukce selektovaných generačních ryb je obdobná běžně praktikovanému umělému výtěru u daného druhu ryby (např. u kapra obecného viz Gela a kol., 2009). K reprodukci se pochopitelně využívají jen ryby generačního hejna selektova-

ných ryb. Umělý výtěr provádíme ze dvou hlavních důvodů:

- produkce potomstva pro pokračování selekčního programu;
- produkce plůdku pro užitkové chovy.

4.5.1. Produkce potomstva pro pokračování selekčního programu

Aplikací selekční výzvy u výchozí populace selekční program nekončí, ale teprve začíná. Významně viditelný úspěch selekce uvidíme až za několik generací. Selektované generační ryby proto využijeme v první řadě k produkci potomstva pro pokračování selekčního programu. Umělá reprodukce, jak bylo již zmiňováno, bude probíhat standardním způsobem. Jedinou výjimkou je opět snaha o maximální přenos genů do následující generace. Veškeré čistokrevné potomstvo vzniklé reprodukci selektovaných ryb z výchozí populace označujeme jako první generaci selekčního programu (G₁). Maximální přenos genů a vznik maximálního množství genotypů zajistíme hromadnou reprodukci co největšího počtu generačních ryb. Neoptimálnější je provést výtěr všech generačních ryb. To je ale bohužel u většiny druhů ryb velmi těžko technicky proveditelné. Snažíme se proto provést výtěr tolika ryb, kolik nám dovolují naše technické možnosti. Minimální velikost efektivní populace by nikdy neměla klesnout pod hodnotu 37,5 (kapitola 4.2.). Při osemeňování jiker spermii je nevhodnější využít systém plného faktoriálního křížení s využitím individuálního oplození smíšeného vzorku jiker všech použitých samic (kapitola 4.2.). Další postup je popsán níže v kapitole 4.6.

4.5.2. Produkce plůdku pro užitkové chovy

Vybrané generační ryby reprezentují nejlepší jedince z výchozí populace. Potomstvo těchto ryb by mělo, ve srovnání s potomstvem neselektované populace, dosahovat lepších užitkových parametrů u toho znaku, na který jsme selektovali (přímo nebo nepřímo), což bylo hlavním důvodem aplikace selekčního programu. Lepší užitkové vlastnosti ryb v tržních obsádkách se promítnou pozitivně do rentability chovu. Z výsledků experimentů vyplývá, že např. rychlost růstu kapra obecného je možné zvýšit až o 20 % za jednu generaci. Realistické je však počítat s průměrným zlepšením užitkovosti na úrovni cca 10 % za generaci (Vandeputte a kol., 2008). Podobný genetický zisk u růstu je možné očekávat i u ostatních druhů ryb. Pro udržení dlouhodobého zvyšování užitkovosti je nezbytné upravit i způsob hospodaření a chovu ryb (viz kapitola 4.9.).

Při produkci plůdku pro užitkové chovy nemusí reprodukce generačních ryb probíhat s důrazem na maximální přenos alel parentální generace na potomstvo. Stačí tedy využít jen takový počet ryb, který nám postačí na produkci dostatečného množství váčkového plůdku pro naše odchovné plochy, popř. pro pokrytí objednávek při prodeji váčkového plůdku. Ani způsob osemeňování není v tomto případě důležitý. **Je potřeba však zdůraznit, že čím vyšší genetickou variabilitu bude potomstvo**

ryb mít, tím pravděpodobnější je dosažení stabilnějších výsledků v hodnotách přežití i růstu. Plůdek vyprodukovaný pro účely užitkových chovů, který nebyl získán způsobem popsaným v kapitole 4.5.1., by se nikdy neměl využívat v dalších etapách selekčního programu.

4.6. Pokračování selekčního programu v dalších generacích

Selekční program pokračuje vyprodukováním populace G_1 (kapitola 4.5.1.), která je určena pro pokračování selekčního programu. Následuje odchov těchto ryb do věku provedení selekční výzvy a dále do doby výběru ryb do generačních hejn. Podmínky odchovu i aplikace selekční výzvy probíhají obdobně, jak bylo popsáno v kapitolách 4.3. a 4.4. U většiny chovů, zejména rybníčních, bude však nutné způsob hospodaření mírně poupravit (viz kapitola 4.9.). S ohledem na způsob selekce je nevhodnější pokračovat po několik dalších generací (3–5) stejným způsobem, kterým byla selekce prováděna u výchozí populace – G_0 (tzn. selektovat na stejný znak i stejným způsobem). Pro následnou generaci vždy využijeme generační ryby předchozí populace, takže pro založení generace G_2 využijeme generační ryby získané selekcí ryb v generaci G_1 , pro založení generace G_3 využijeme generační ryby získané selekcí ryb v generaci G_2 atd. Každé generační hejno využijeme pro založení následného generačního hejna jen jednou, pokud nedojde k úhynu odchovávaného potomstva. V takovém případě pak můžeme reprodukci a založení nové generace zopakovat. V mezičase, od výtěru ryb jedné generace a získání nového geneticky vylepšeného generačního hejna následné generace, využíváme stávající generační ryby k produkci plůdku pro užitkové chovy. Každé generační hejno využíváme tedy po dobu rovnající se generačnímu intervalu daného druhu v našich podmínkách (např. kapr obecný 4–5 let, pstruh duhový 3–4 roky, lín obecný 4 roky, viz tab. 3). Při plánování počtu potřebných generačních ryb je proto nutné vzít v úvahu i předpokládané ztráty generačních ryb v průběhu tohoto období, aby nám v posledních letech generační ryby nechyběly.

Po určité době, kdy bud' nepozorujeme další výrazné zlepšení užitkových vlastností u znaku, na který selektujeme, nebo jsme s užitkovostí ryb spokojeni, se můžeme zaměřit selekcí na jiný užitkový znak. Výchozí populací pro selekci bude příslušná n -tá generace s vyšším genetickým potenciálem u předchozího znaku. Samozřejmě je také možné provádět selekční program na různé znaky odděleně, a to bud' ve stejném časovém období nebo po ukončení selekce na jiný znak. V tomto případě budeme mít několik odlišných generačních hejn s vylepšenou užitkovostí u různých znaků. Náklady na selekční program se tím ale značně zvyšují. Postup selekce bude ve všech případech totožný s metodikou popsanou v předchozích kapitolách 4.4.–4.6. Jediným rozdílem bude vlastnost (znak), na niž se při selekci zaměříme. Pokud jsme například prováděli u kapra obecného selekci jen na rychlost růstu můžeme změnit selekci třeba

na nižší index délky hlavy, čímž vylepšíme podíl jedlých částí těla. Máme-li k dispozici přístroj na měření tuku u živých ryb, můžeme provádět selekci na obsah tuku dle požadavku zákazníků apod. S postupem času se pravděpodobně objeví i možnost nepřímé selekce na zastoupení mastných kyselin ve svalovině, odolnost vůči ekonomicky nebezpečným typům onemocnění či obecně vyšší odolnost. V těchto případech budou ale již náklady na vlastní selekci podstatně vyšší, neboť se zpravidla neobejdeme bez dražších krevních či genetických analýz. Vždy je samozřejmě na zvážení, zda bude takový typ selekce ekonomicky zajímavý. Selekcční programy jsou vždy řízeny ekonomikou a důležitá je jistota návratnosti vynaložených nákladů (kapitola 4.8.3.).

4.7. Genetické korelace užitkových znaků

Již několikrát bylo v předešlém textu naznačeno, že selekce na jeden užitkový znak může ovlivnit znak jiný. Tato skutečnost je dána genetickou závislostí znaků neboli **korelací** a můžeme si ji vysvětlit tím, že se některé geny podílejí na užitkových vlastnostech více znaků. Různé geny různých vlastností mohou být také ve vzájemné vazebné skupině (např. blízko sebe na stejném chromozomu) či mezi geny různých užitkových znaků existují jiné typy interakcí. Genetická korelace může být pozitivní, kdy s růstem hodnot jednoho znaku rostou i hodnoty dalších znaků či naopak negativní, kdy s růstem jednoho znaku se snižují hodnoty dalších znaků. Velikost a typ genetické korelace mezi jednotlivými užitkovými znaky zjistíme z vhodně navržených experimentů. Vliv závislosti nemusí být pro dané užitkové vlastnosti stejný pro každý druh ryby, rozdílly je možné najít i v rámci jednoho druhu při experimentech prováděných za odlišných podmínek prostředí, jak bude uvedeno níže v této kapitole.

Genetická korelace je využívána při nepřímé selekci. U kapra obecného je doporučována vedle selekce na vyšší růst i selekce na nižší relativní délku hlavy (kapitola 4.4.1.), jež by měla vést k vyššímu podílu jedlých částí těla. Prakticky univerzálně platnou vysoce pozitivní genetickou korelací je vztah mezi délkou těla a hmotností ryby (příloha 9), proto je také možné selektovat na vyšší hmotnost u všech druhů ryb. Zjištění délky těla je v provozních podmínkách rychlejší a vlastní selekcni výzvu je proto možné zvládnout v kratším čase. Při selekcni programu zaměřeném na zvyšování rychlosti růstu a/nebo podílu jedlých částí těla bude chovatele a šlechtitele zajímat, zda touto selekcí negativně neovlivní jiné znaky, jež jsou nebo by v budoucnu mohly být z ekonomického hlediska důležité. Takovými znaky mohou být např. obecné přežití ryb, rezistence ryb vůči nebezpečným chorobám, podíl jedlých částí těla, obsah tuku ve svalovině, konverze krmiva, tvar těla ryb apod. Různé studie naznačují, že ve většině případů nemá selekce na vyšší růst negativní dopady na ostatní výše zmiňované znaky. U kapra obecného nejsou zatím známy korelace mezi rychlejším růstem a odolností vůči chorobám, přežitím či konverzí krmiva. V rybnických podmínkách se

však dá vyšší přežití ryb s vyšším růstovým potenciálem očekávat. V počátečním odchovu ryb, ve stádiu váčkového plůdku, jsou ztráty na obsádkách ryb nejvyšší, neboť drobný plůdek se snadno stává kořistí různých predátorů (dravých druhů planktonu, hmyzu, obojživelníků atd.) či obětí parazitů (*Ichtiobodo*, *Ichthyofitirius*, *Argulus*, *Trichodina*, *Chilodonella* atd.). Díky rychlejšímu růstu v počátečním období, kdy je přirozené potravu v rybnících nadbytek, ryby rychleji odrostou do velikosti s nižším počtem přirozených nepřátel a zároveň přirozenou potravu v rybníce lépe využijí. Pozitivní genetická korelace mezi růstem a přežitím byla zjištěna např. u pstruha duhového (Rye a kol., 1990).

Výsledky zjištěné Kocourem a kol. (2007) rovněž naznačují, že při selekci na vyšší růst u kapra obecného by se měl mírně zvyšovat i podíl jedlých částí těla, ale i obsah tuku ve svalovině. Podíl tuku ve svalovině se bude zvyšovat i při selekci na vyšší podíl jedlých částí těla pomocí indexu délky hlavy (příloha 9). U jiné studie (nepublikováno) nebyla však významná genetická korelace mezi hmotností a obsahem tuku ve svalovině kapra obecného jednoznačně prokázána. Podobně je tomu u pstruha duhového (příloha 9). Výše genetické závislosti mezi znaky záleží tedy pravděpodobně na konkrétních podmínkách prostředí. Podobné výsledky byly zjištěny i u rezistence ryb vůči chorobám či konverzi krmiva. Gjedrem a kol. (1991) zjistili pozitivní genetickou korelaci ($r = 0,3$) mezi růstem a odolností vůči furunkulóze u lososa obecného. Nilsson a kol. (1992) zjistili pozitivní genetickou korelaci ($r = 0,5$) mezi růstem a odolností vůči plíšíňovým onemocněním u sivena alpského. Naopak Henryon a kol. (2002) zaznamenali negativní korelaci ($r = -0,14$ až $-0,3$) mezi rychlostí růstu a citlivostí k virové hemoragické septikémii (VHS). Thodasen a kol. (2001) pozorovali negativní genetickou korelaci mezi růstem a konverzí krmiva.

Zlepšením některých výše jmenovaných kvantitativních znaků společně s rychlostí růstu ryb můžeme zefektivnit ekonomiku selekčního programu. V případě zhoršení těchto znaků se nám bohužel efektivita programu na rychlost růstu o něco sníží. Příkladem může být obsah tuku ve svalovině ryb, stane-li se v budoucnu důležitým jakostním ukazatelem, nebo vyšší vnímavost k některým z chovatelského hlediska velmi nebezpečným onemocněním. V případě obsahu tuku ve svalovině by bylo nezbytné zavést selekci na dva znaky. Tuk ve svalovině ryb je možné měřit na živých rybách pomocí tzv. **tukoměru** při vlastní selekci na rychlost růstu. Měření je poměrně rychlé a jednoduché s možností propojení měřící jednotky s počítačem. Firmy dodávající tyto přístroje jsou schopny zaškolit personál i nakalibrovat přístroj na konkrétní druh ryby. Nevýhodou je cena přístroje, jež se pohybuje kolem 200000 Kč (7000–8000 EUR). Při selekci na vyšší růst a nižší podíl obsahu tuku ve svalovině musíme pamatovat na skutečnost, že s ohledem na předpokládanou kladnou genetickou korelaci mezi těmito znaky bude procento ryb splňující výběrové kritérium nízké a při aplikaci selekční výzvy budeme potřebovat mnohem vyšší počet ryb, abychom vybrali dostatek ryb pro další etapy selekčního programu. U korelací mezi růstem a vnímavostí k onemoc-

nění je situace složitější. Přímá selekce na vyšší odolnost vůči různým chorobám není z technických důvodů možná a možnost efektivní nepřímé selekce není většinou známa. V tomto případě je vhodnější zvýšit zoohygienická opatření a minimalizovat tak nebezpečí vzniku onemocnění.

Vedle ovlivnění jakostních či užitkových znaků můžeme selekci ovlivnit i znaky morfologické, které mohou mít vliv na prodejnost zejména živých ryb. Zákazník totiž nakupuje i zrakem a některé morfologické formy jsou pro něj atraktivnější než jiné. Několikrát byl zmiňován příklad nepřímé selekce u kapra obecného na podíl jedlých částí těla pomocí indexu délky hlavy. Při provádění tohoto typu selekce, jak naznačují genetické korelace u kapra obecného v tržní velikosti (Kocour a kol., 2007), budeme postupně zmenšovat poměr délky hlavy k délce těla a také snižovat relativní výšku těla, tedy protahovat tvar těla ryb. Pokud bychom ale prováděli u kapra obecného pouze selekci na vyšší hmotnost, tvar těla ryb by se neměl příliš protahovat, ale více zaoblovat (širší tělo, stejná výška) (příloha 9). Genetické korelace u věkové kategorie K_R v jiném experimentu (Vandeputte a kol., 2004) ale ukázaly negativní genetickou korelaci mezi rychlostí růstu a Fultonovým kondičním koeficientem, což znamená, že selekci na vyšší růst by se měl tvar těla ryb spíše zužovat (příloha 9). Rozporuplné výsledky naznačují, že vývoj morfologie ryb bude rovněž individuální případ od případu.

Na skutečnost, že selekci můžeme měnit tvar těla ryb, by se ale nemělo zapomínat a měření biometrických ukazatelů u vzorku min. 33 ks generačních ryb (Flajšhans a kol., 2009) by mělo patřit ke standardním praktikám selekčního programu. Bude-li se tvar těla ryb měnit natolik, že ohrozíme jejich prodejnost, bude nutné zavést selekci i na žádoucí morfologické ukazatele, čímž změnu ve tvaru těla ryb pozastavíme či zpomalíme.

4.8. Hodnocení úspěšnosti selekčního programu

Pro objektivní zjištění efektivnosti selekčního programu, tedy bilanci mezi vynaloženými náklady a příjmy, si musíme nejprve ověřit jeho úspěšnost. Úspěšnost selekčního programu můžeme hodnotit dvěma základními způsoby:

- nepřímo;
- přímo.

4.8.1. Nepřímé hodnocení úspěšnosti selekčního programu

Při hodnocení selekčního programu zaměřeného na zvyšování rychlosti růstu vystačíme s údaji, které běžně v průběhu odchovu ryb zjišťujeme (průměrná hmotnost ryb, přežití). Tyto hodnoty se zjišťují u obsádek zahrnutých ve vlastním selekčním programu i u obsádek užitkových chovů, které byly získány od generačních ryb ze selekčního programu. Navíc doporučujeme vždy při jakémkoliv přelovení ryb (např. při

nutnosti redukce obsádky před následujícím vegetačním obdobím) zjišťovat u obsádky (obsádek), která je zahrnuta ve vlastním selekčním programu, individuální hodnoty u minimálně 35 ks ryb. Individuální hmotnosti slouží ke stanovení směrodatné odchylky a variačního koeficientu. Obě hodnoty snadno vypočítáme např. v programu MS Excel nebo podobném programu.

Pokud je selekční program zaměřen na jiné znaky, zjišťujeme k obvyklým údajům o růstu a přežití i průměrné hodnoty znaků, na něž je selekční program zaměřen. V případě nepřímé selekce je mnohem vhodnější zjišťovat hodnotu cílového znaku. U některých znaků (např. podíl jedlých částí těla) by tento postup ale znamenal nutnost usmrcení ryb. V tomto případě nezjišťujeme hodnoty na jedincích vybraných k pokračování selekčního programu, ale na jedincích ze zbytku populace nebo na jedincích vybraných z užitkových chovů. Při zjišťování individuálních hodnot je nutné měření provádět opět na vzorku náhodně vybraných ryb (viz kapitola 4.4.2.).

Úspěšnost selekčního programu hodnotíme porovnáním údajů měřených znaků u různých generací. Vždy musíme porovnávat stejné věkové kategorie (např. K_2 u G_0 s K_2 u G_1 , K_2 u G_2 , K_2 u G_3 ; Pd_1 u G_0 s Pd_1 u G_1 , Pd_1 u G_2 , Pd_1 u G_n) a hodnoty by měly být vždy zjišťovány přibližně ve stejném období (např. ve stejném měsíci v roce, nebo po stejné délce odchovu, v případech, kdy se počátek odchovu mění v závislosti na dalších okolnostech). Rozhodně není vhodné porovnávat podzimní hodnoty s jarními, a to ani u druhů ryb chovaných v rybnících, které v mimovegetačním období nerostou. Ze zjištěných hodnot si snadno stanovíme i výši selekčního zisku, heritabilitu selektovaného znaku apod. (kapitola 2.3.). Z důvodu variability podmínek chovu vedoucích k meziročním výkyvům v hodnotách užitkovosti je možné na úspěšnost selekčního programu usuzovat až porovnáním užitkovosti u několika po sobě jdoucích generací. Důležité je sledovat trend vývoje znaku. Podobné či nižší hodnoty u jedné z generací oproti její rodičovské generaci ještě nic neznamenají. U ryb s vyšší kontrolou chovatelských podmínek (např. pstruh duhový) je zapotřebí získat údaj minimálně u tří po sobě jdoucích generací (G_0 , G_1 a G_2 nebo G_1 , G_2 a G_3 atd.). U druhů chovaných v rybnících, a navíc využívajících zdrojů přirozené potravy, je nutné sledovat vývoj hodnot cílového znaku minimálně u pěti po sobě jdoucích generací (např. G_0 , G_1 , G_2 , G_3 a G_4). Chceme-li znát efektivitu selekčního programu dříve, musíme zvolit přímou metodu hodnocení.

4.8.2. Přímé hodnocení úspěšnosti selekčního programu

Při přímém hodnocení srovnáváme užitkovost znaků, na které selektujeme, u minimálně dvou odlišných generací selekčního programu v jednom časovém momentu a za totožných podmínek prostředí. Zjištěné výsledky jsou proto mnohem přesnější, zejména porovnávané-li příbuzensky blízké generace (např. danou generaci s generací rodičovskou nebo prarodičovskou), kde se nedá očekávat výrazný rozdíl v užitkovosti selektovaného znaku. Z hlediska hodnocení úspěšnosti selekčního programu jako

celku se doporučuje srovnávat n-tou generaci selekčního programu vždy s generací výchozí (G_0), u níž selekční program začal. Abychom mohli takovému porovnávání provádět, je nezbytné mít výchozí populaci, respektive její následné generace, neustále k dispozici. Udržování generačního hejna výchozí populace s sebou bohužel přináší vyšší náklady. V tomto ohledu je výhodou, pokud jsme aplikovali selekční program na plemeni (u kapra obecného, lína obecného, pstruha duhového) či druhu (sílh severní maréna, sílh peleď, jeseter malý) zařazeném v programu na ochranu genových zdrojů, na jejichž udržování a obnovu je možné žádat o dotaci z příslušného národního dotačního programu MZe (Flajšhans a kol., 2009). Princip udržování a obnovy výchozí populace je totiž totožný s postupem uchovávání genových zdrojů. Pouze za těchto okolností můžeme zajistit, že se užitkové vlastnosti výchozí populace nebudou výrazně měnit. Pokud jsme zakládali na počátku selekčního programu syntetickou populaci (kapitola 4.2.) a nebo není příslušné plemeno či druh v programu ochrany genetických zdrojů zařazen, musíme nést náklady na udržování výchozí populace sami.

Ryby pro generační hejno výchozí populace, jež chceme využívat pro účely přímého hodnocení selekčního programu, je vhodné oddělit těsně před provedením první selekční výzvy. Generační hejno by mělo čítat minimálně 120 ks generačních ryb (Flajšhans a kol., 2009). Ryby se odeberou náhodným výběrem a později provádíme pouze negativní selekci (vyřazení ryb nemocných, poraněných, s deformacemi či nestandardními proporcemi). Z hlediska úspory času a práce se mohou pro takovéto účely využít ryby, které se odebírají pro prvotní měření ke stanovení průměrné hodnoty znaku ve výchozí populaci a následnému výpočtu selekčního prahu (kapitola 4.4.2.). Pokud individuálně měříme nižší počet ryb, vybereme zbývající počet ryb náhodným výběrem přímo z manipulační nádrže. Vybrané ryby je vhodné skupinově označit. Ryby se odchovávají do věku jejich zařazení do generačního hejna. Generační hejno ryb dále udržujeme a obnovujeme po dobu celého selekčního programu stejným způsobem jako genové zdroje ryb (Flajšhans a kol., 2009) bez jakýchkoliv šlechtitelských zásahů.

Vlastní porovnávání užitkovosti různých generací je prováděno stejným způsobem jako testování užitkovosti ryb dle metodiky Rybářského sdružení ČR. První porovnávání je doporučeno provádět nejdříve po 3 generacích selekčního programu (tzn. porovnání G_0 s G_3), poté můžeme porovnání provádět kdykoliv dle potřeby. Metodika vlastního testování je popsána rovněž v publikaci od Flajšhans a kol. (2008). Při testování ryb v rybnících, kde je růst ryb závislý z části i na přirozené potravě, nebo kde nejsme schopni zajistit pro každou nádrž stejné podmínky prostředí (teplota vody, chemismus vody atd.), provádíme testování s využitím kontrolní skupiny. Testování s využitím kontrolní skupiny je možné provádět jen u těch druhů ryb, u kterých existují různé fenotypově snadno oddělitelné formy (např. barva těla – divoká a zlaté zbarvení či ošupení – šupinatá a lysá forma). Nejčastěji se tento způsob využívá při testování kapra obecného a lína obecného. Testování pstruha duhového je prováděno zpravidla ve speciálních chovatelských zařízeních, kde je možné zajistit obdobné podmínky

prostředí ve všech testovacích nádržích. V tomto případě není kontrolní skupina nezbytná a testovat tak lze všechny druhy ryb. Platí ale pravidlo, že testování užitkovosti má být prováděno za podmínek blížících se co nejvíce skutečným podmínkám chovu daného šlechtitelského programu.

Pokud provádíme selekční program v rybnících u druhů, u nichž neexistuje fenotypově odlišná forma, je přímé hodnocení úspěšnosti selekčního programu více finančně náročné. V tomto případě nezbyvá než provádět testování obou skupin od stadia váčkového plůdku ve stejném rybníce, minimálně ve dvojím opakování. Z každého rybníka náhodně vybereme vzorek minimálně 200 ks jedinců před začátkem druhé vegetační sezóny (po komorování jednoletých ryb) a:

- provedeme individuální měření u znaku, na který selektujeme;
- jedince individuálně označíme;
- z každého jedince odebereme kousek tkáně, nejlépe 1 cm² ocasní ploutve do 90% ethanolu;
- vzorky odešleme do vybrané laboratoře molekulární biologie k analýze, a to společně s DNA vzorky všech rodičů použitých k založení testovaných populací, které jsme odebrali při výtěru ryb. Rodiče je vhodné rovněž individuálně označit. Vzorky DNA rodičů musí být označeny tak, aby bylo možné zpětně zjistit ke každému vzorku pohlaví ryby a její původ (příslušnost ke generaci).

Ovzorkované a individuálně označené ryby odchovááme dále až do tržní velikosti a v průběhu odchovu, nejlépe po každé vegetační sezóně a po komorování, provádíme měření znaku, na který selektujeme a zaznamenáváme úhyn ryb. Dle výsledků genetické analýzy můžeme později vypočítat průměrnou hodnotu znaku u každé generace a provést statistické vyhodnocení výsledků.

Náklady spojené s přímým hodnocením úspěšnosti selekčního programu mohou být částečně sníženy dotací z národního dotačního programu MZe na testování užitkovosti ryb (program 2.A.e.1.a). Podrobnosti o obecných podmínkách získání dotace poskytnete Rybářské sdružení ČR, bližší podmínky jsou každoročně zveřejňovány na webových stránkách MZe: <http://eagri.cz/public/eagri/dotace/narodni-dotace/zasady-zemedelstvi-potravinarstvi>.

4.8.3. Ekonomická analýza výsledků selekčního programu

Ekonomická analýza výsledků zjištěných při hodnocení úspěšnosti selekčního programu je neoddělitelnou součástí selekčního programu. O úspěšném selekčním programu můžeme hovořit jen tehdy, přináší-li tento program uspokojivé ekonomické výsledky. Selekční program lze považovat za neúspěšný, i když došlo ke zvýšení užitkovosti ryb, ale výše tržeb významně nepřekročila vynaložené náklady. Výsledky ekonomické analýzy tak rozhodují o další strategii selekčního programu. Pokud nejsme s ekonomickým přínosem selekčního programu spokojeni, je nutné jej upravit, změnit nebo ukončit. Hlubková ekonomická analýza není jednoduchá a vyžaduje

vedle znalosti ekonomie a vlastního chovu ryb i znalost mnoha dalších faktorů, které mohou ekonomické hodnocení selekčního programu ovlivnit. Nesmíme zapomínat, že vedle přímých efektů selekčního programu (tzn. zvýšení užitkovosti znaku, jež je předmětem selekčního programu) můžeme docílit i efektů nepřímých, a to jak pozitivních, tak negativních. Tyto efekty se nám do ekonomiky chovu mohou výrazně projitnout. Dle typu selekčního programu mohou mezi pozitivní nepřímé efekty patřit následující:

- Zvýšení přežití ryb.
- Zlepšení využití krmiv či přirozené potravy rybami.
- Zvýšení podílu jedlých částí těla.
- Zlepšení rezistence ryb vůči nemocím.

Mezi nepřímé negativní dopady mohou patřit:

- Snížení rezistence ryb vůči některým chorobám.
- Vyšší citlivost na nepříznivé podmínky prostředí (při nedostatku potravy, zhoršené kvalitě vody apod.).
- Zvýšení podílu tuku ve svalovině.
- Změna požadovaného tvaru těla ryb.

Z ekonomického hlediska se selekční program může pozitivně projevit v:

- **Postupném zkracování délky odchovu ryb do tržní velikosti.** Dá se předpokládat, že zejména odchov kapra do jakostní kategorie „výběr“ by mohl být zkrácen až o jeden rok, stejně tak jako odchov lehčího kapra I. jakostního stupně (1,2–1,4 kg). U pstruha duhového by délka odchovu mohla být zkrácena až o 6 měsíců. Zkrácení doby odchovu snižuje náklady na výroby zejména kvůli úsporám nákladů za manipulaci (převoz ryb v rybníčních chovech), péči o ryby, nájmu a služeb spojených s údržbou chovatelských zařízení a rybníků apod.
- **Úspoře krmiv.** Pokud selekcí na vyšší růst zlepšíme využití přirozené potravy a krmiv rybami, projeví se to snížením spotřeby krmiv na 1 kg přírůstku rybního masa. Krmiva zejména ve speciálních chovatelských zařízeních tvoří přitom až 60 % všech nákladů na výrobu. V rybníčních chovech by lepší využití potravy vedlo ke zvýšení produkce ryb z plochy rybníka.
- **Zvýšení tržeb z rybních produktů.** Při zpracování ryb na rybní výrobky bychom při zlepšení jateční výtěžnosti (podílu opracovaného trupu či filetů) dosáhli větších objemů zpracovaných výrobků. Při stejných nákladech na výrobu bychom tak zvýšili tržby, a tudíž i zisk.
- **Dalších vedlejších efektů zefektivnění výroby ryb.** Například při vyšším přežití ryb, zejména v rybníčních chovech, bychom mohli ušetřit na nákladech spojených s chovem generačních ryb, jejichž počet by se mohl adekvátně snížit. Navíc bychom mohli vydělat na prodeji vyššího množství

násad či ušetřit na jejich nákupech, pokud jsme část násad na dosažení plánované tržní produkce nakupovali.

Nevýhody selekčního programu z ekonomického hlediska můžeme shledávat především v nákladovosti selekčního programu. Náklady spojené se selekčním programem se promítnou do celkových výrobních nákladů tržních ryb, proto se musí vynaložené náklady na selekční program vrátit v podobě zvýšené rentability chovu tržních ryb. Vyšší nákladovost od běžného standardu uzavřeného či polouzavřeného chovu je možné shledávat především v:

- pracnosti při aplikaci selekční výzvy a celkové evidence;
- nutnosti nákupu potřebného technického vybavení (např. elektronické váhy, počítač + software, tukoměr, třepačka);
- potřebě nákladů při přímém hodnocení výsledků selekčního programu (zejména na chov a obnovu ryb výchozí populace – G_0 , dodatečné náklady spojené s testováním užitkovosti ryb, náklady na případnou analýzu DNA vzorků atd.) a s tím spojená potřeba ploch pro chov těchto ryb;
- nákladech spojených s případnou změnou hospodaření na podniku z důvodu maximálního využití genetického potenciálu ryb;
- riziku neúspěšnosti selekčního programu;
- nákladech spojených s hodnocením efektivity selekčního programu v případě zadání zakázky externí firmě.

V příloze 10. je uvedeno několik modelových kalkulací ekonomického hodnocení úspěšnosti selekčního programu. Situace je bohužel v mnoha případech složitější a větším firmám se vyplatí využít pro zpracování ekonomické analýzy výsledků selekčního programu služeb vlastního ekonomického oddělení nebo specializovaných firem.

4.9. Úprava hospodaření pro efektivní využití výsledků selekčního programu

Aby byly výsledky selekčního programu maximálně využity, je nutné si uvědomit, že bude nezbytné dříve či později poupravit způsob hospodaření. Úprava hospodaření nemusí nutně začít od první selektované generace, kdy se dá očekávat genetický zisk na úrovni do 10 %. V tomto případě dojde pravděpodobně jen k vyšší efektivitě chovu díky rezervám v možnosti využití přirozené potravy v rybnících v raném odchovu či v obsádkách a krmných dávkách při chovu ryb ve speciálním zařízení. S postupem času bude ale úprava hospodaření stále aktuálnější. Nejvyšší dopady na způsob hospodaření bude mít geneticky podmíněné zvyšování rychlosti růstu, a to v závislosti na

tom, jedná-li se o chov ryb ve speciálních chovatelských zařízeních či v rybnících.

4.9.1. Úprava hospodaření ve speciálních chovatelských zařízeních

Ve speciálních chovatelských zařízeních není nutně způsob úpravy hospodaření výrazně upravovat. Způsob úpravy bude záviset především na strategii, kterou zvolíme:

a) Zachováme-li stejnou tržní velikost ryb i počet odchovávaných kusů, dosáhneme tržní velikosti ryb v kratším časovém intervalu. Těto skutečnosti bude nezbytné přizpůsobit období nových zástavů, intervaly mezi ředěním obsádek u jednotlivých věkových kategorií ryb a výtěr generačních ryb. Doba chovu do tržní velikosti se zkrátí, zároveň však může vzrůst v roční bilanci spotřeba krmiv či se mohou zvýšit nároky na jejich kvalitu. Ostatní nároky ryb na prostředí (prostor, obsah kyslíku ve vodě, chemismus vody atd.) se nemění, obsádky budou ale citlivější na výkyvy v jakosti vody pod optimální hodnoty. Rychleji rostoucí ryby budou mít zrychlený metabolismus a budou hůře reagovat na pokles obsahu kyslíku pod optimální hodnotu nebo nižší obměnu vody vedoucí k rychlejšímu hromadění škodlivých metabolitů (např. NH_3) atd.

Pozitiva:

- zvýšení tržeb díky rychlejšímu obratu ryb;
- zvýšení rentability výroby (rychlejší obrat = vyšší roční tržby a nižší výrobní náklady na 1 kg živé hmotnosti ryb).

Negativa:

- možné technické a organizační problémy spojené se změnou délky odchovu (např. problém spojený s obdobím nových zástavů s ohledem k výtěrovému období ryb).

b) Zachováme-li původní délku odchovu i počet odchovávaných ryb, získáme ryby s vyšší průměrnou hmotností. Pokud jsme před začátkem selekčního programu využívali kapacitu zařízení v maximální možné míře, bude nezbytné rozšířit odchovnou kapacitu chovatelského zařízení.

Pozitiva:

- zvýšení tržeb díky vyšší produkci ryb, popř. jakosti ryb, vyšší čistý zisk.

Negativa:

- zvýšení absolutních ročních nákladů na výrobu (krmení, manipulace atd.);
- může nastat potřeba rozšíření kapacity odchovného zařízení.

c) Zachováme-li celkovou průměrnou roční produkci zařízení, bude možné z důvodu vyšší rychlosti růstu ryb snížit počet odchovávaných kusů. Tuto variantu je možné volit v případech, kdy na trhu stagnuje odbyt daného druhu ryb nebo nejsme-li schopni zajistit vyšší prodej ryb.

Pozitiva:

- snížení celkových nákladů díky nižší potřebě některého z následujících vstu-

pů: pracovní síla, odchovná kapacita, stav generačních ryb, náklady na zdravotní péči, úprava kvality vody atd.;

- zachování původní výše tržeb, ale zvýšení rentability výroby díky snížení nákladů.

Negativa:

- jedná se o „udržovací“ strategii bez možnosti expanze kapacity chovu a zajištění vyšších tržeb a zisku.

4.9.2. Úprava hospodaření při chovu ryb v rybnících

V rybnících je limitujícím faktorem produktivita rybníků a především křehký vztah mezi využitím produktivity rybníků a obsádkou ryb (Vandeputte, 2009). Prvořadým úkolem chovatelů ryb v rybnících je především maximálně využít přirozenou produktivitu rybníka, tj. získat maximální biomasu ryb z jednotky rybníční plochy. Dle způsobu hospodaření mohou nastat následující situace:

- Při **nízké obsádce ryb** bude nadbytek přirozené potravy a životního prostoru a ryby tak dorostou do větší velikosti. Na jednotku plochy rybníka docílíme ale nižší produkci ryb, neboť ryby část potravy nevyužijí a nám tak zbytečně uniká část finančního zisku z produkce nepřeměněné do rybí biomasy.
- Při **optimální obsádce ryb** bude růst ryb pomalejší, maximálně ale využijeme dostupnou přirozenou potravu a z jednotky plochy rybníka získáme maximálně možnou produkci ryb i finanční zisk.
- Při **vyšších obsádkách** porostou ryby pomaleji, neboť dostupnost přirozené potravy bude omezena stejně jako životní prostor. Vysoký predační tlak ryb povede v průběhu sezóny k devastaci společenstev planktonu a bentosu, která se nebudou moci již v dalším období dostatečně obnovovat a celková produkce ryb z jednotky plochy za vegetační období tak opět poklesne. Navíc může kvůli hladovění ryb dojít i ke zhoršení jejich zdravotního stavu a následným vyšším ztrátám ryb v dalším období odchovu (z důvodu snadnějšího propuknutí onemocnění, horší odolnosti ryb vůči nepříznivým vlivům atd.).

Přirozenou produktivitu rybníků můžeme podpořit aplikací hnojiv, navíc můžeme příkrmováním docílit omezení predačního tlaku ryb na přirozenou potravu, a tak zajistit vyšší růst ryb nebo možnost nasazení vyšších obsádek ryb. Hospodářskými opatřeními tak optimalizujeme i zvyšujeme produkci rybníků na jednotku jejich plochy, což se promítne v našem finančním obratu. Produkce z jednotky plochy rybníka, kterou můžeme při chovu určitého druhu ryb získat z přirozené potravy i příkrmování, má v konkrétních podmínkách svoji hranici, existují však stále velké rezervy. Ryby s vyšším růstovým potenciálem budou mít vyšší nároky na dostupnost potravy a mohou ji zejména v prvních fázích odchovu lépe využít. Tak můžeme část této rezervy, která

nevyužita uniká v biomase jiných organismů, získat v biomase ryb a zefektivnit tak naše hospodaření. Při chovu rychleji rostoucích ryb se očekává změna ve vývoji přirozené potravy v rybnících oproti předchozím letům a v prvních letech je potřeba tento vývoj pozorněji sledovat. Níže jsou popsány některé modelové situace, které mohou v závislosti na způsobu hospodaření při chovu ryb s lepším genetickým potenciálem nastat:

a) Původní obsádka ryb byla chována extenzivním způsobem, bez příkrmování. Při chovu ryb s lepším růstovým potenciálem při stejné obsádce bude v důsledku vyššího růstu ryb vyvíjen na přirozenou potravu vyšší vyžírací tlak. Přirozená potrava bude lépe využita a my využijeme lépe produktivitu rybníka v podobě vyšší produkce ryb na jednotku plochy. Byla-li původní obsádka koncipována tak, aby přirozenou produktivitu rybníka využila na maximum, bude nutné tuto produktivitu podpořit zvýšeným hnojením nebo zavést příkrmování ryb, získáme-li výjimku z ustanovení § 39 odst. 1 zákona č. 254/2001 Sb. o vodách, ve znění pozdějších předpisů (vodní zákon). Pokud nechceme či nemůžeme měnit způsob hospodaření (tzn. zavést či zvýšit hnojení a příkrmování ryb), bude nutné přiměřeně snížit počet nasazovaných ryb, abychom se nedostali za hranici optimální obsádky.

Pozitiva:

- při nutnosti snížení obsádek (např. u rybníků s mimoprodukčními funkcemi, pod dozorem AOPK ČR, v chráněných krajinných oblastech) udržíme lépe původní produkci ryb z jednotky rybníční plochy;
- při zachování původních obsádek dojde k navýšení využití produktivity rybníků, a tím zvýšení produkce ryb z jednotky rybníční plochy.

Negativa:

- při překročení hranice optimální obsádky nutnost změny hospodaření (vyšší hnojení rybníků, popř. přikročit k příkrmování ryb).

b) Původní obsádka ryb byla chována polointenzivním způsobem s příkrmováním. Při chovu ryb s vyšším růstovým potenciálem bude situace obdobná jako v předchozím případě. Z důvodu vyššího růstu ryb bude vyšší tlak na přirozenou potravu a její zdroje budou rychleji vyčerpány, avšak lépe využity. Bude nutné více podpořit její rozvoj či dříve začít s příkrmováním ryb, abychom množství přirozené potravy udrželi v mezích, jež umožní její průběžnou obnovu. Změna hospodaření je ale opět závislá na získání výjimky z vodního zákona o použití závadných látek ke krmení ryb a úpravě povrchových vod (krmení a hnojení). Pokud nechceme či nemůžeme zvyšovat intenzifikaci hospodaření, bude nutné snížit obsádku nasazovaných ryb.

Pozitiva:

- při nižších obsádkách ryb efektivnější využití produktivity rybníka a udržení či mírné navýšení produkce ryb na jednotku plochy.

- při zachování obsádek výraznější zvýšení produkce ryb na jednotku plochy.

Negativa:

- při překročení hranice optimální obsádky nutnost zintenzívnit hospodaření (hnojení, krmení atd.).

c) Původní obsádka ryb byla chována intenzivním způsobem s vysokým podílem příkrmování (na či nad hranicí 50 % přírůstku ryb). Platí opět podobné zásady jako v předešlých dvou případech. Přirozená potrava bude díky rychlejšímu růstu ryb dříve vyčerpána, příkrmování ryb bude nutné zintenzívnit či opět razantněji podpořit rozvoj přirozené potravy. Pokud nechceme nebo nemůžeme zvyšovat intenzitu hospodaření za účelem podpory rozvoje přirozené potravy, bude opět nutné přiměřeně snížit obsádku nasazovaných ryb. Pokud nebudeme měnit obsádku nasazovaných ryb, dále již nelze či nemůžeme hospodářskými opatřeními zvýšit rozvoj přirozené potravy a chceme-li zároveň plně využít lepšího genetického potenciálu ryb, bude nutné přejít na režim krmení plnohodnotnými (kompletními) krmnými směsmi, které dodají rybám všechny potřebné živiny pro jejich růst. Doplnková krmiva sama o sobě totiž bez dostupnosti přirozené potravy nebo s podílem přirozené potravy nižším než 50 % k plnohodnotnému růstu ryb nedostačují. V dnešní době je na trhu řada firem, které dodávají plnohodnotné krmné směsi pro různé druhy ryb či skupiny ryb (pro kaprovité ryby, pro lososovité ryby atd.) s údaji o doporučených denních krmných dávkách. Při výběru krmiva bude nutné také vycházet z podmínek udělení výjimky z vodního zákona, které mohou mimo jiné stanovit i maximální krmný koeficient krmiva či denní krmnou dávku.

Pozitiva:

- při nižších obsádkách ryb efektivnější využití produktivity rybníka a mírné zvýšení produkce ryb na jednotku plochy;
- při zachování obsádek výraznější zvýšení produkce ryb na jednotku plochy rybníka.

Negativa:

- při překročení hranice optimální obsádky nutnost přistoupit ke krmení kompletními krmnými směsmi.

III. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Metodika navazuje na práce publikované v 70. letech 20. století a obsahově vychází z nejnovějších poznatků v oblasti šlechtění ryb. Ty byly získány zejména díky rozvoji molekulární biologie, jejíž využití se stalo neoddělitelnou součástí šlechtění hospodářských zvířat. Zpřesněné a objektivnější výsledky z vhodně navržených experimentů bylo možné využít k sestavení poměrně jednoduchého a efektivního metodického postupu za účelem zlepšení genetického potenciálu užitkových vlastností hospodářsky významných druhů ryb. Poprvé v historii chovu ryb v České republice je navržena metoda hromadné selekce ryb, jež by měla přinést především zvýšení rychlosti růstu ryb, zkrátit dobu jejich odchovu do tržní velikosti a zvýšit tak, i v návaznosti na doprovodné zlepšení jiných užitkových vlastností, rentabilitu chovu ryb ve střednědobém až dlouhodobém časovém horizontu. Metodika řeší problematiku selekce u ryb v širším měřítku a zabývá se i úpravou hospodaření, kterou si aplikace selekčního programu vyžádá. V metodice nechybí rovněž ekonomická kalkulace efektivity selekčního programu.

IV. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Využitím hromadné selekce je možné zvýšit genetický potenciál důležitých užitkových vlastností u generačních ryb a zajistit, že tyto vlastnosti budou předávány i na následující generace. Metodika je tedy určena pro chovatelské subjekty zabývající se produkcí tržních ryb ke konzumaci, které mají uzavřený obrat ryb, tj. že si produkci násad zajišťují reprodukcí vlastních generačních ryb. Metodika by neměla být nikdy uplatňována v chovech určených 1) k uchování genetických rezerv *in vivo* či 2) k produkci násadového materiálu pro re-introdukcii rybích druhů do volných vod.

Při aplikaci postupů popsaných v metodice lze očekávat dlouhodobé zvyšování užitkovosti ryb u těch znaků, jež jsou předmětem selekce a zajistit si tak udržitelnost ekonomiky chovu. Metodika je zaměřena především na zvyšování rychlosti růstu, popřípadě na zvyšování podílu jedlých částí těla u kapra obecného. Díky genetickým korelacím jednotlivých užitkových znaků se může zvýšení užitkovosti projevit i u jiných znaků, čímž zvýšíme ekonomický přínos selekčního programu. V některých případech však může dojít i k negativnímu ovlivnění některých znaků, proto je důležité během programu vést podrobnou evidenci, zaznamenávat a vyhodnocovat všechny změny užitkových vlastností ryb. Zda se aplikace selekčního programu chovatelským subjektům provádějícím šlechtitelskou činnost vyplatí, je závislé na celé řadě faktorů. Jelikož je však výše roční produkce ryb jedním z nejdůležitějších hledisek, je možné doporučit využití metodiky zejména podnikům s roční produkcí ryb nad 50 tun. Čím vyšší produkci bude podnik mít, tím vyšší ekonomický přínos a dřívější návratnost vynaložených prostředků na selekční program se dá však předpokládat. Metodika je vhodná zejména pro chovatele kapra obecného a pstruha duhového, kde byl vliv selekce na zlepšování užitkovosti ryb přímo prokázán. S ohledem k výsledkům u jiných druhů ryb, u nichž byl přínos selekce testován, se zdá být selekce vhodnou metodou ke zvyšování růstu i u našich ostatních druhů ryb.

PODĚKOVÁNÍ

Autoři děkují poskytovatelům výše zmiňovaných projektů za jejich finanční podporu. Autoři dále upřímně děkují technickému personálu FROV JU, bez jejichž pomoci by nebylo možné uskutečnit náročné experimenty a zhotovit publikace předcházející vzniku této metodiky.

V. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Ankorion, Y., Moav, R., Wohlfarth, G.W., 1992. Bidirectional mass selection for body shape in common carp. *Genetics Selection Evolution* 24: 43–52.
- Bongers, A.B.J., Ben-Ayed, M.Z., Doulabi, B.Z., Komen, J., Richter, C.J.J., 1997. Origin of variation in isogenic, gynogenetic, and androgenetic strains of common carp, *Cyprinus carpio*. *Journal of Experimental Zoology* 277 (1): 72–79.
- Elvingson, P., 1992. Estimates of phenotypic and genetic parameters of carcass lipid content on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) based on specific gravity measurements. Dr. Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. pp. 1–10.
- Falconer, D.S., Mackay, T.F.C., 1996. Introduction to quantitative genetics. 4th edition. Longman, Harlow, UK. 464 pp.
- Fjalestad, K.T., Larsen, H.J.S., Roed, K.H., 1997. Antibody response in Atlantic salmon (*Salmo salar*) against *Vibrio anguillarum* and *Vibrio salmonicida* O-antigens: Heritabilities, genetic correlations and correlations with survival. *Aquaculture* 145 (1–4): 77–89.
- Flajšhans, M., Hulák, M., Kašpar, V., Rodina, M., Kocour, M., Gela, D., 2009. Metodika uchování genetických zdrojů ryb v živé genové bance. Edice Metodik, FROV JU Vodňany, č. 91, 23 s.
- Flajšhans, M., Kocour, M., Ráb, P., Hulák, M., Šlechta, V., Linhart, O., 2008. Genetika a šlechtění ryb. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, 232 s.
- Gall, G.A.E., Huang, N., 1988. Heritability and selection schemes for rainbow trout: body weight. *Aquaculture* 73: 43–56.
- Gela, D., Kocour, M., Rodina, M., Flajšhans, M., Beránková, P., Linhart, O., 2009. Řízená reprodukce kapra obecného. Edice Metodik, FROV JU Vodňany, č. 99, 41 s.
- Gjedrem, T., 1979. Selection for growth rate and domestication in Atlantic salmon. *Z. Tierz. Zuchtungsbiol.* 96: 56–59.
- Gjedrem, T., 2005. Selection and breeding programs in aquaculture. Springer, Dordrecht, The Netherlands. 364 pp.
- Gjedrem, T., Salte, R., Gjoen, H.M., 1991. Genetic-variation in susceptibility of atlantic salmon to furunculosis. *Aquaculture* 97 (1): 1–6.
- Gjerde, B. 1986. Growth and reproduction in fish and shellfish. *Aquaculture* 57: 37–55.
- Gjerde, B., Gjedrem, T., 1984. Estimates of phenotypic and genetic parameters for carcass traits in Atlantic salmon and rainbow trout. *Aquaculture* 36: 97–110.
- Gjerde, B., Schaeffer, L.R., 1989. Body traits in rainbow trout. II. Estimates of heritabilities and phenotypic and genetic correlations. *Aquaculture* 80: 25–44.
- Güzel, S., Zden, O., Güllü, K., 2006]. The effect of estradiol valerate administration on growth of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Research Journal of Animal and Veterinary Sciences* 1 (1): 59–61.
- Henryon, M., Jokumsen, A., Berg, P., Lund, I., Pedersen, P.B., Olesen, N.J., Slierendrecht, W.J.,

2002. Genetic variation for growth rate, feed conversion efficiency, and disease resistance exists within a farmed population of rainbow trout. *Aquaculture* 209 (1–4): 59–76.
- Hulák, M., Kašpar, V., Kohlmann, K., Coward, K., Tešitel, J., Rodina, M., Gela, D., Kocour, M., Linhart, O., 2010. Microsatellite-based genetic diversity and differentiation of foreign common carp strains farmed in the Czech Republic. *Aquaculture* 298 (3–4): 194–201.
- Hulata, G., 2001. Genetic manipulation in aquaculture: a review of stock improvement by classical and modern technologies. *Genetika* 111: 155–173.
- Chevassus, B., Dorson, M., 1990. Genetics of resistance to disease in fishes. *Aquaculture* 85: 83–107.
- Kause, A., Paananen, T., Ritola, O., Koskinen, H., 2007. Direct and indirect selection of visceral lipid weight, fillet weight, and fillet percentage in a rainbow trout breeding program. *Journal of Animal Science* 85 (12): 3218–3227.
- Kause, A., Ritola, O., Paananen, T., Mantysaari, E., Eskelinen, U., 2002. Coupling body weight and its composition: a quantitative genetic analysis in rainbow trout. *Aquaculture* 211: 65–79.
- Kause, A., Ritola, O., Paananen, T., Mantysaari, E., Eskelinen, U., 2003. Selection against early maturity in large rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: the quantitative genetics of sexual dimorphism and genotype-by-environment interactions. *Aquaculture* 228: 53–68.
- Kause, A., Ritola, O., Paananen, T., Wahlroos, H., Möntysaari, E.A., 2005. Genetic trends in growth, sexual maturity and skeletal deformations, and rate of inbreeding in a breeding programme for rainbow trout. *Aquaculture* 247: 177–187.
- Kincaid, H.L., Bridges, W.R., Von Limbach, B., 1977. Three generations of selection for growth rate in fall spawning rainbow trout. *Transactions of the American Fisheries Society* 106: 621–629.
- Kinghorn, B.P., 1981. Quantitative Genetics in Fish Breeding. Ph.D. Thesis, University of Edinburgh, Edinburgh, Scotland. 142 pp.
- Kinghorn, B.P., 1983. Genetic variation in food conversion efficiency and growth in rainbow trout. *Aquaculture* 32: 141–155.
- Kirpichnikov, V.S., 1999. Genetics and breeding of common carp. In: Billard, R., Reperant, J., Rio, J.P., Ward, R. (Eds), INRA Editions, Paris, France. 97 pp.
- Kocour, M., Gela, D., Šlechtová, V., Kopecká, J., Šlechta, V., Rodina, M., Flajšhans, M., 2008. Carp Breeds of the Czech Republic. In: Bogeruk, A.K. (Ed.), Catalogue of Carp Breeds (*Cyprinus carpio* L.) of the Countries of the Central and Eastern Europe, Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Moscow. pp 13–46.
- Kocour, M., Mauger, S., Rodina, M., Gela, D., Linhart, O., Vandeputte, M., 2007. Heritability estimates for processing and quality traits in common carp (*Cyprinus carpio*) using a molecular pedigree. *Aquaculture* 270: 43–50.

- Kohlmann, K., Gross, R., Murakaeva, A., Kersten, P., 2003. Genetic variability and structure of common carp (*Cyprinus carpio*) populations throughout the distribution range inferred from allozyme, microsatellite and mitochondrial DNA markers. *Aquatic Living Resources* 16: 421–431.
- Kohlmann, K., Kersten, P., Flajšhans, M., 2005. Microsatellite-based genetic variability and differentiation of domesticated, wild and feral common carp (*Cyprinus carpio* L.) populations. *Aquaculture* 247: 253–266.
- Kolářová, J., Velíšek, J., Nepejchalová, L., Svobodová, Z., Kouřil, J., Hamáčková, J., Máchová, J., Piačková, V., Hajšlová, J., Holadová, K., Kocourek, V., Klimánková, E., Modrá, H., Dobšíková, R., Groch, L., Novotný, L., 2007. Anestetika pro ryby. Edice Metodik, VÚRH JU, Vodňany, č. 77, 19 s.
- Minvielle, F. 1990. Principes d'amélioration génétique des animaux domestiques. Paris, Québec: INRA, Univ. Laval Ed. p. 211.
- Moav R., Wohlfarth G., 1976. Two way selection for growth rate in the common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Genetics* 82: 83–101.
- Nenashev, G.A., 1966. The determination of heritability of different characters in fishes. *Genetika* 11: 100–108.
- Nilsson, J., 1992. Genetic variation in resistance of Arctic char to fungal infection. *Journal of Aquatic Animal Health* 4: 126–128.
- O'Flynn, F.M., Bailey, J.K., Friars, G.W., 1999. Responses to two generations of index selection in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 173: 143–147.
- Ponzoni, R.W., Hamzah, A., Tan, S., Kamaruzzaman, N., 2005. Genetic parameters and response to selection for live weight in the GIFT strain Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 247: 203–210.
- Quillet, E., Le Guillou, S., Aubin, J., Fauconneau, B., 2005. Two-way selection for muscle lipid content in pan-size rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 245 (1–4): 49–61.
- Quinton, C.D., McMillan, I., Glebe, B.D., 2005. Development of an Atlantic salmon (*Salmo salar*) genetic improvement program: Genetic parameters of harvest body weight and carcass quality traits estimated with animal models. *Aquaculture* 247 (1–4): 211–217.
- Rye, M., Lillevik, K.M., Gjerde, B., 1990. Survival in early life of atlantic salmon and rainbow-trout – estimates of heritabilities and genetic correlations. *Aquaculture* 89 (3–4): 209–216.
- Saillant, E., Dupont-Nivet, M., Sabourault, M., Haffray, P., Laureau, S., Vidal, M.O., Chatain, B., 2009. Genetic variation for carcass quality traits in cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquatic Living Resources* 22 (1): 105–112.
- Sbírka zákonů ČR, 2001, částka 98: Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Tiskárna MV, Praha.
- Sbírka zákonů ČR, 2006, částka 106: Zákon č. 344/2006 Sb. Úplné znění zákona č. 154/2000

- Sb. o šlechtění, plemenitbě a evidenci hospodářských zvířat a o změně některých souvisejících zákonů (plemenářský zákon), jak vyplývá z pozdějších změn, jak vyplývá ze změn provedených zákonem č. 162/2003 Sb., zákonem č. 282/2003 Sb., zákonem č. 444/2005 Sb. a zákonem č. 130/2006 Sb. Tiskárna MV, Praha.
- Sbírka zákonů ČR, 2006, částka 145: Vyhláška MZe ČR č. 447/2006 Sb. o genetických zdrojích zvířat. Tiskárna MV, Praha.
- Sbírka zákonů ČR, 2006, částka 145: Vyhláška MZe ČR č. 448/2006 Sb. o provedení některých ustanovení plemenářského zákona. Tiskárna MV, Praha.
- Sbírka zákonů ČR, 2010, částka 53: Zákon č. 150, kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 200/1990 Sb., o přestupcích, ve znění pozdějších předpisů. Tiskárna MV, Praha.
- Smíšek, J., 1979. Výzkum exteriéru, heritability a biochemických hodnot v genetice kapra v ČSSR. Bulletin VÚRH Vodňany 15 (1): 3–12.
- Storset, A., Strand, C., Wetten, M., Sissel, K., Rarnstad, A., 2007. Response to selection for resistance against infectious pancreatic necrosis in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture 272: S62–S68.
- Tanck, M.W.T., Vermeulen, K.J., Bovenhuis, H., Komen, H., 2001. Heredity of stress-related cortisol response in androgenetic common carp (*Cyprinus carpio* L.). Aquaculture 199 (3–4): 283–294.
- Taylor, R.S., Kube, P.D., Muller, W.J., Elliott, N.G., 2009. Genetic variation of gross gill pathology and survival of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) during natural amoebic gill disease challenge. Aquaculture 294 (3–4): 172–179.
- Thodesen, J., Gjerde, B., Grisdale-Helland, B., Storebakken, T., 2001. Genetic variation in feed intake, growth and feed utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture 194 (3–4): 273–281.
- Vandeputte, M., Kocour, M., Mauger, S., Dupont-Nivet, M., De Guerry, D., Rodina, M., Gela, D., Vallod, D., Chevassus, B., Linhart, O., 2004. Heritability estimates for growth-related traits using microsatellite parentage assignment in juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L.). Aquaculture 235: 223–236.
- Vandeputte, M., 2003. Selective breeding of quantitative traits in the common carp (*Cyprinus carpio*): a review. Aquatic Living Resources 16: 399–407.
- Vandeputte, M., 2009. Genetic improvement of common carp (*Cyprinus carpio* L.). Cahiers Agricultures 18 (2–3): 256–261.
- Vandeputte, M., Dupont-Nivet, M., Haffray, P., Chavanne, H., Cenadelli, S., Parati, K., Vidal, M.O., Vergnet, A., Chatain, B., 2009. Response to domestication and selection for growth in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) in separate and mixed tanks. Aquaculture 286 (1–2): 20–27.
- Vandeputte, M., Kocour, M., Mauger, S., Rodina, M., Launay, A., Gela, D., Dupont-Nivet, M., Hulák, M., Linhart, O., 2008. Genetic variation for growth at one and two summers of age in the common carp (*Cyprinus carpio* L.): Heritability estimates and response

VI. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- Flajšhans, M., Kocour, M., Ráb, P., Hulák, M., Šlechta, V., Linhart, O., 2008. Genetika a šlechtění ryb. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech. 232 pp.
- Gela, D., Kocour, M., Rodina, M., Flajšhans, M., Beránková, P., Linhart, O., 2009. Řízená reprodukce kapra obecného. Edice Metodik, FROV JU Vodňany, č. 99, 41 s.
- Kocour, M., Mauger, S., Rodina, M., Gela, D., Linhart, O., Vandeputte, M., 2007. Heritability estimates for processing and quality traits in common carp (*Cyprinus carpio*) using a molecular pedigree. *Aquaculture* 270: 43–50.
- Vandeputte, M., Kocour, M., Mauger, S., Dupont-Nivet, M., De Guerry, D., Rodina, M., Gela, D., Vallod, D., Chevassus, B., Linhart, O., 2004. Heritability estimates for growth-related traits using microsatellite parentage assignment in juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture* 235: 223–236.
- Vandeputte, M., Kocour, M., Mauger, S., Rodina, M., Launay, A., Gela, D., Dupont-Nivet, M., Hulák, M., Linhart, O., 2008. Genetic variation for growth at one and two summers of age in the common carp (*Cyprinus carpio* L.): Heritability estimates and response to selection. *Aquaculture* 277: 7–13.

Seznam příloh:

Příloha 1. Odhady heritability (h^2) kvantitativních znaků u kapra obecného a pstruha duhového.

Příloha 2. Vyjádření procenta selektovaných jedinců (selekčního tlaku, T_s) ze základní populace v počtu směrodatných odchylek (σ) od průměru a odpovídající intenzity selekce (i) za předpokladu normálního rozdělení znaku v populaci.

Příloha 3. Příklady stanovení přibližného počtu ryb v rybníce/nádrži s obsádkou ryb určenou pro aplikaci selekční výzvy.

Příloha 4. Příklady stanovení předpokládaného počtu ryb po aplikaci selekční výzvy (N_s) při různém selekčním tlaku (T_s) a počtu ryb k selekci (N).

Příloha 5. Modelový příklad stanovení hranice selekčního prahu (S_p) při aplikaci selekčního programu na rychlost růstu s hmotností jako selekčním kritériem.

Příloha 6. Modelový příklad stanovení hranice selekčního prahu (S_p) při aplikaci selekčního programu na rychlost růstu s délkou těla jako selekčním kritériem.

Příloha 7. Modelový příklad stanovení hranice selekčního prahu (S_p) při aplikaci selekčního programu na podíl jedlých částí těla s využitím nepřímé selekce pomocí relativní délky hlavy (indexu délky hlavy).

Příloha 8. Modelové příklady stanovení potřeby obsádek a odchovných ploch pro selekční program či stanovení selekčního tlaku dle počtu dostupných ryb.

Příloha 9. Genetické korelace mezi důležitými užitkovými znaky a morfologickými ukazateli u kapra obecného a pstruha duhového.

Příloha 10. Modelové kalkulace ekonomické efektivity selekčního programu u kapra obecného.

Příloha 1.

Odhady heritability (h^2) kvantitativních znaků u kapra obecného a pstruha duhového. \bar{X} – průměrná hodnota; **CV** – variační koeficient; **(O)** – výpočet podle komponentů variance otců; **(M)** – výpočet podle komponentů variance matky; **S.E.** – střední chyba průměru; **Odhad** – h^2 byl odhadován z dat u příbuzných jedinců; **Realizovaná** – koeficient heritability byl odhadován z výsledků selekčního experimentu. Převzato z Flajšhans a kol. (2008). Tučně zvýrazněné hodnoty koeficientu heritability (h^2) byly zjištěny v podmínkách České republiky.

Kapr obecný					
Znak	\bar{X}	CV	$h^2 \pm S.E.$	Metoda	Autor/Autoři
Hmotnost			0,21–0,30	Odhad	Smišek (1979)
Hmotnost			0,0–0,51 \pm 0,08	Odhad	Nenashev (1966)
Hmotnost (kg)	1,55	22	0,70 \pm 0,08	Odhad	Kocour a kol. (2007)
Hmotnost (g)	680	24	0,31–0,44	Odhad	Vandeputte a kol. (2008)
Hmotnost, 110 dní			0,09	Odhad	Tanck a kol. (2001)
Hmotnost, 13 měs.			0,58	Odhad	Bongers a kol. (1997)
Hmotnost (g), 56 dní	5,5	29	0,33 \pm 0,07	Odhad	Vandeputte a kol. (2004)
Růst			0,08–0,33	Realizovaná	Vandeputte a kol. (2008)
Vyšší růst			0	Realizovaná	Moav a Wohlfarth (1976)
Nížší růst			0,3	Realizovaná	Moav a Wohlfarth (1976)
Délka těla (mm)			0,04–0,55	Odhad	Smišek (1979)
			0,04–0,55 \pm 0,08	Odhad	Nenashev (1966)
			0,50	Odhad	Bongers a kol. (1997)
	300	8,3	0,21–0,33	Odhad	Vandeputte a kol. (2008)
Délka těla, 110 dní			0,11	Odhad	Tanck a kol. (2001)
Délka těla, 56 dní (mm)	54	11	0,33 \pm 0,08	Odhad	Vandeputte a kol. (2004)
Výška těla			0,42–0,69	Odhad	Smišek (1979)
Poměr výška/délka těla			0,0–0,75 \pm 0,09	Odhad	Nenashev (1966)
			0,33–0,47 \pm 0,10	Odhad	Ankorion a kol. (1992)
	0,40	5,5	0,32 \pm 0,06	Odhad	Kocour a kol. (2007)
Kondiční faktor (FK), 56 dní	3,4	6,6	0,37 \pm 0,07	Odhad	Vandeputte a kol. (2004)
Kondiční faktor (FK), 110 dní			0,37	Odhad	Tanck a kol. (2001)
Odolnost proti jarní virémii			0,15–0,20	Odhad	Kirpichnikov (1999)
Odolnost vůči stresu			0,6	Odhad	Tank a kol. (2001)
Obsah tuku (%)			0,22	Odhad	Nenashev (1969)
			0,14–0,15	Odhad	Smišek (1979)
	5,2	36,7	0,58 \pm 0,09	Odhad	Kocour a kol. (2007)
Výtěžnost (%)	67,2	3,3	0,28 \pm 0,06	Odhad	Kocour a kol. (2007)
Výtěžnost filetů s kůží (%)	41,1	5,4	0,38 \pm 0,09	Odhad	Kocour a kol. (2007)
Výtěžnost filetů bez kůže (%)	32,1	6,2	0,21 \pm 0,07	Odhad	Kocour a kol. (2007)

METODICKÉ POSTUPY PŘI APLIKACI SELEKČNÍHO PROGRAMU ZAMĚŘENÉHO
NA ZVYŠOVÁNÍ UŽITKOVOSTI RYB V PODMÍNKÁCH ČESKÉHO RYBÁŘSTVÍ

Pstruh duhový					
Znak	\bar{X}	CV	$h^2 \pm S.E.$	Metoda	Autor/Autoři
Hmotnost při dospívání (kg)	1,9	25	(O) 0,20 \pm 0,1 (M) 0,57	Odhad	Gall, Huang (1988)
Hmotnost ve věku 2,5 let (kg)	3,4	21	(O) 0,21 (M) 0,41	Odhad	Gjerde, Schaeffer (1989)
Výtěžnost (%)	83,3	6	(O) 0,01 \pm 0,05 (M) 0,14 \pm 0,07	Odhad	Gjerde, Gjedrem (1984)
	87,3	2	(O) 0,36 (M) 0,42	Odhad	Gjerde, Schaeffer (1989)
Barva masa (body)	4,3	15	(O) 0,27 (M) 0,29	Odhad	Gjerde, Schaeffer (1989)
	3,4	23	(O) 0,06 \pm 0,08 (M) 0,28 \pm 0,09	Odhad	Gjerde, Gjedrem (1984)
Kondiční faktor	1,6	10	(O) 0,19 (M) 0,34	Odhad	Gjerde, Schaeffer (1989)
	1,7	11	(O) 0,03 \pm 0,04	Odhad	Elvingson (1992)
Obsah tuku (%)	14,8	17	(O) 0,47 (M) 0,19	Odhad	Gjerde, Schaeffer (1989)
	14,7	23	(O) 0,17 \pm 0,09	Odhad	Elvingson (1992)
	9,7	10	(O) 0,47 \pm 0,34	Odhad	Kinghorn (1981)
Obsah proteinů (%)	20,0	7	(O) 0,03 (M) 0,08	Odhad	Gjerde, Schaeffer (1989)
Odolnost proti VHS			(O) 0,69 \pm 0,25	Odhad	Chevassus, Dorson (1990)
Věk pohlavního dospívání			(O) 0,13 \pm 0,14	Odhad	Gjerde, Gjedrem (1984)
			0,12–0,34 \pm 0,03	Odhad	Kause a kol. (2003)
Hmotnost			0,21–0,27 \pm 0,03	Odhad	Kause a kol. (2003)
Konzumace potravy	1,4	24	(O) 0,41 \pm 0,13	Odhad	Kinghorn (1983)

Příloha 2.

Vyjádření procenta selektovaných jedinců (selekčního tlaku, T_s) ze základní populace v počtu směrodatných odchylek (σ) od průměru a odpovídající intenzity selekce (i) za předpokladu normálního rozdělení znaku v populaci. Převzato od Gjedrem (2005).

% selektovaných jedinců	Počet σ od průměru	Intenzita selekce	% selektovaných jedinců	Počet σ od průměru	Intenzita selekce
0,01	3,719	3,960	9	1,341	1,804
0,05	3,291	3,554	10	1,282	1,755
0,10	3,090	3,367	11	1,227	1,709
0,20	2,878	3,170	12	1,175	1,667
0,30	2,748	3,050	13	1,126	1,627
0,40	2,652	2,962	14	1,080	1,590
0,50	2,576	2,892	15	1,036	1,554
0,60	2,512	2,834	16	0,994	1,521
0,70	2,457	2,784	17	0,954	1,489
0,80	2,409	2,740	18	0,915	1,458
0,90	2,366	2,701	19	0,878	1,428
1,00	2,326	2,665	20	0,842	1,400
2,00	2,054	2,421	25	0,674	1,271
3,00	1,881	2,268	30	0,524	1,159
4,00	1,751	2,154	35	0,385	1,058
5,00	1,645	2,063	40	0,253	0,966
6,00	1,555	1,985	45	0,126	0,880
7,00	1,476	1,918	50	0,000	0,798
8,00	1,405	1,858	60	-0,25	0,644

Příloha 3.

Příklady stanovení přibližného počtu ryb v rybníce/nádrži s obsádkou ryb určenou pro aplikaci selekční výzvy (viz kapitola 4.4.2.).

Příklad 1.

Při výlovu rybníka, jehož obsádka kapra obecného je určena pro aplikaci selekčního programu, bylo prováděno vážení ryb pomocí velkého přesměnu. Z důvodu velikosti ryb byla váhová jednotka nastavena na 50 kg. Byly zjištěny následující skutečnosti:

- *Celkový počet váhových jednotek:* 30
- *Počet ryb v jedné váhové jednotce (počítáno 5x)* – 120 ks, 150 ks, 140 ks, 130 ks a 135 ks

Přibližný počet ryb v rybníce (**N**) vypočítáme následujícím způsobem:

- Průměrný počet ryb v jedné váhové jednotce
 $= (120 + 150 + 140 + 130 + 135)/5 = 675/5 = \mathbf{135 \text{ ks}}$
- $\mathbf{N} = 30$ (počet váhových jednotek) * 135 ks (průměrný počet ryb v jedné jednotce) = **4050 ks**

Za předpokladu, že známe jen celkovou hmotnost ryb v rybníce, která činí 1500 kg ryb (30 * 50), pak:

- $\mathbf{N} = 1500/50$ (nastavení váhové jednotky) * 135 (průměrný počet ryb v jedné jednotce) = **4050 ks**

Příklad 2.

Obsádku pstruha duhového určeného pro selekční program jsme při výlovu odchovné nádrže přepočítávali přes měрку a zjistili jsme následující skutečnosti:

- *Počet měrek celkem:* 50
- *Počet ryb v jedné měrce (počítáno 3x)* – 90 ks, 100 ks, 85 ks

Přibližný počet ryb v nádrži (**N**) vypočítáme následujícím způsobem:

- Průměrný počet ryb v jedné měrce = $(90 + 100 + 85)/3 = 275/3 = 91,7$ ks. Číslo raději zaokrouhlíme dolů, je lepší počítat s horší variantou počtu ryb, tedy **91 ks** ryb v měrce
- $\mathbf{N} = 50$ (počet měrek) * 91 ks (průměrný počet ryb v jedné měrce) = **4550 ks**

Příloha 4.

Příklady stanovení předpokládaného počtu ryb, který nám zůstane po aplikaci selekční výzvy (N_s) při různém selekčním tlaku (T_s) a počtu ryb k selekci (N) (viz kapitola 4.4.2.).

N (ks)	T_s (%)	N_s (ks)	N (ks)	T_s (%)	N_s (ks)	N (ks)	T_s (%)	N_s (ks)	N (ks)	T_s (%)	N_s (ks)
250	50	125	1250	50	625	3000	50	1500	10000	50	5000
250	40	100	1250	40	500	3000	40	1200	10000	40	4000
250	30	75	1250	30	375	3000	30	900	10000	30	3000
250	20	50	1250	20	250	3000	20	600	10000	20	2000
250	15	37,5	1250	15	187,5	3000	15	450	10000	15	1500
250	10	25	1250	10	125	3000	10	300	10000	10	1000
250	5	12,5	1250	5	62,5	3000	5	150	10000	5	500
250	2	5	1250	2	25	3000	2	60	10000	2	200
250	1	2,5	1250	1	12,5	3000	1	30	10000	1	100
250	0,5	1,25	1250	0,5	6,25	3000	0,5	15	10000	0,5	50
500	50	250	1500	50	750	4000	50	2000	15000	50	7500
500	40	200	1500	40	600	4000	40	1600	15000	40	6000
500	30	150	1500	30	450	4000	30	1200	15000	30	4500
500	20	100	1500	20	300	4000	20	800	15000	20	3000
500	15	75	1500	15	225	4000	15	600	15000	15	2250
500	10	50	1500	10	150	4000	10	400	15000	10	1500
500	5	25	1500	5	75	4000	5	200	15000	5	750
500	2	10	1500	2	30	4000	2	80	15000	2	300
500	1	5	1500	1	15	4000	1	40	15000	1	150
500	0,5	2,5	1500	0,5	7,5	4000	0,5	20	15000	0,5	75
750	50	375	1750	50	875	5000	50	2500	20000	50	10000
750	40	300	1750	40	700	5000	40	2000	20000	40	8000
750	30	225	1750	30	525	5000	30	1500	20000	30	6000
750	20	150	1750	20	350	5000	20	1000	20000	20	4000
750	15	112,5	1750	15	262,5	5000	15	750	20000	15	3000
750	10	75	1750	10	175	5000	10	500	20000	10	2000
750	5	37,5	1750	5	87,5	5000	5	250	20000	5	1000
750	2	15	1750	2	35	5000	2	100	20000	2	400
750	1	7,5	1750	1	17,5	5000	1	50	20000	1	200
750	0,5	3,75	1750	0,5	8,75	5000	0,5	25	20000	0,5	100
1000	50	500	2000	50	1000	7500	50	3750	50000	50	25000
1000	40	400	2000	40	800	7500	40	3000	50000	40	20000
1000	30	300	2000	30	600	7500	30	2250	50000	30	15000
1000	20	200	2000	20	400	7500	20	1500	50000	20	10000

METODICKÉ POSTUPY PŘI APLIKACI SELEKČNÍHO PROGRAMU ZAMĚŘENÉHO
NA ZVYŠOVÁNÍ UŽITKOVOSTI RYB V PODMÍNKÁCH ČESKÉHO RYBÁŘSTVÍ

N (ks)	T _s (%)	N _s (ks)	N (ks)	T _s (%)	N _s (ks)	N (ks)	T _s (%)	N _s (ks)	N (ks)	T _s (%)	N _s (ks)
1000	15	150	2000	15	300	7500	15	1125	50000	15	7500
1000	10	100	2000	10	200	7500	10	750	50000	10	5000
1000	5	50	2000	5	100	7500	5	375	50000	5	2500
1000	2	20	2000	2	40	7500	2	150	50000	2	1000
1000	1	10	2000	1	20	7500	1	75	50000	1	500
1000	0,5	5	2000	0,5	10	7500	0,5	37,5	50000	0,5	250

Poznámka: Abychom v reprodukčním věku po aplikaci selekční výzvy o doporučeném selekčním tlaku (T_s) na úrovni 10 % měli minimálně stanovený počet ryb (120 ks), musíme s přihlédnutím 1) k obvyklým ztrátám od věku ryb při provádění selekce do jejich reprodukčního věku, 2) možné změně poměru pohlaví selektovaných ryb a 3) dostatečné rezervy (50–100 %) mít k dispozici v základní populaci 2500–3000 ks ryb.

Příloha 5.

Modelový příklad stanovení hranice selekčního prahu (S_p) při aplikaci selekčního programu na rychlost růstu s hmotností jako selekčním kritériem (viz kapitola č. 4.4.2.).

Situace:

- V rámci selekčního programu na rychlost růstu dle hmotnosti u kapra obecného jsme před aplikací selekční výzvy v obsádce jednoho rybníka provedli vážení u 150 náhodně vybraných jedinců z populace. Zjištěné hodnoty v gramech jsou ukázány níže v tabulce (*kvůli grafické úpravě byly hodnoty převedeny do upravených tabulek*):

Číslo ryby	Hmotnost v g														
1–15	530	507	451	437	514	645	550	551	634	446	528	660	552	661	503
16–30	612	593	509	446	531	518	541	532	564	392	227	307	253	522	568
31–45	477	593	534	596	526	600	599	437	463	631	441	520	423	536	501
46–60	470	672	516	450	486	433	444	421	336	470	268	758	552	473	463
61–75	552	476	748	781	553	600	772	599	391	451	754	520	453	463	373
76–90	544	350	437	400	404	476	432	520	391	560	625	530	476	529	571
91–105	648	542	531	543	643	471	470	478	459	574	443	361	435	687	551
106–120	974	863	475	374	672	323	561	455	654	593	372	195	555	652	954
121–135	587	541	732	343	279	730	963	572	556	777	805	445	495	521	387
136–150	252	793	635	619	874	916	555	483	975	1036	593	784	434	475	731

- Rozhodli jsme se pro selekční tlak na úrovni 10 %. Jaká bude hodnota selekčního prahu?

Řešení:

- Naměřené hmotnosti ryb si v programu MS Excel seřadíme sestupně (od největší po nejmenší). Hodnoty seřazených hmotností budou následující:

METODICKÉ POSTUPY PŘI APLIKACI SELEKČNÍHO PROGRAMU ZAMĚŘENÉHO
NA ZVYŠOVÁNÍ UŽITKOVOSTI RYB V PODMÍNKÁCH ČESKÉHO RYBÁŘSTVÍ

Číslo ryby	Hmotnost v g														
	1036	975	974	963	954	916	874	863	805	793	784	781	777	772	758
1–15	1036	975	974	963	954	916	874	863	805	793	784	781	777	772	758
16–30	754	748	732	731	730	687	672	672	661	660	654	652	648	645	643
31–45	635	634	631	625	619	612	600	600	599	599	596	593	593	593	593
46–60	587	574	572	571	568	564	561	560	556	555	555	553	552	552	552
61–75	551	551	550	544	543	542	541	541	536	534	532	531	531	530	530
76–90	529	528	526	522	521	520	520	520	518	516	514	509	507	503	501
91–105	495	486	483	478	477	476	476	476	475	475	473	471	470	470	470
106–120	463	463	463	459	455	453	451	451	450	446	446	445	444	443	441
121–135	437	437	437	435	434	433	432	423	421	404	400	392	391	391	387
136–150	374	373	372	361	350	343	336	323	307	279	268	253	252	227	195

• **Hodnota selekčního prahu (S_p)** = $n * T_s = 150$ (150 ryb bylo váženo) * 0,1 (10 % = 0,1) = 15.

• Patnáctou nejvyšší hodnotou v tabulce je 758 g (**znázorněno tučně**). **Hodnota 758 g bude selekčním prahem**. Všechny ryby z obsádky určené k aplikaci selekční výzvy s **hmotností vyšší či rovnající se hodnotě 758 g** vybereme pro pokračování selekčního programu. Ostatní ryby vyřadíme.

Příloha 6.

Modelový příklad stanovení hranice selekčního prahu (S_p) při aplikaci selekčního programu na rychlost růstu s délkou těla jako selekčním kritériem (viz kapitola č. 4.4.2.).

Situace:

- V rámci selekčního programu na rychlost růstu dle hmotnosti u kapra obecného jsme před aplikací selekční výzvy u obsádky jednoho rybníka provedli měření délky těla u 180 náhodně vybraných jedinců z populace. Zjištěné hodnoty v milimetrech jsou ukázány níže v tabulce (*kvůli grafické úpravě byly hodnoty převedeny do upravených tabulek*):

Číslo ryby	Délka těla v mm														
1–15	215	228	235	262	255	263	227	219	215	245	247	253	237	248	217
16–30	233	169	233	223	252	203	222	235	256	254	267	235	229	242	233
31–45	247	225	208	230	243	246	242	245	259	247	226	227	260	242	250
46–60	243	245	219	243	260	250	224	217	273	236	263	267	240	229	201
61–75	282	232	242	195	252	260	252	246	250	237	252	225	225	239	208
76–90	223	245	225	227	218	257	224	250	241	249	273	208	227	230	240
91–105	215	211	227	246	232	240	234	230	243	282	233	235	287	233	237
106–120	273	250	215	241	245	250	219	255	240	267	214	211	273	216	256
121–135	196	230	266	214	237	246	253	260	245	255	256	181	240	211	242
136–150	218	250	241	217	224	213	258	263	209	174	259	240	241	242	232
151–165	242	228	235	243	240	226	257	217	227	235	207	220	230	164	206
166–180	254	228	206	199	202	212	247	228	230	258	260	212	212	225	272

- Rozhodli jsme se pro selekční tlak na úrovni 8 %. Jaká bude hodnota selekčního prahu?

Řešení:

- Naměřené hmotnosti ryb si v programu MS Excel seřadíme sestupně (od největší po nejmenší). Hodnoty seřazených hmotností budou následující:

METODICKÉ POSTUPY PŘI APLIKACI SELEKČNÍHO PROGRAMU ZAMĚŘENÉHO
NA ZVYŠOVÁNÍ UŽITKOVOSTI RYB V PODMÍNKÁCH ČESKÉHO RYBÁŘSTVÍ

Číslo ryby	Délka těla v mm																													
	1-15	16-30	31-45	46-60	61-75	76-90	91-105	106-120	121-135	136-150	151-165	166-180	287	282	282	273	273	273	272	267	267	266	263	263	263					
1-15	287	282	282	273	273	273	272	267	267	266	263	263	263	287	282	282	273	273	273	272	267	267	266	263	263	263				
16-30	262	260	260	260	260	260	259	259	258	258	257	257	256	256	256	262	260	260	260	260	260	259	259	258	258	257	257	256	256	256
31-45	255	255	255	254	254	253	253	252	252	252	252	250	250	250	250	255	255	255	254	254	253	253	252	252	252	250	250	250	250	250
46-60	250	250	250	249	248	247	247	247	247	246	246	246	246	245	245	250	250	250	249	248	247	247	247	246	246	246	246	245	245	245
61-75	245	245	245	245	243	243	243	243	243	242	242	242	242	242	242	245	245	245	245	243	243	243	243	242	242	242	242	242	242	242
76-90	242	241	241	241	241	240	240	240	240	240	240	240	239	237	237	242	241	241	241	241	240	240	240	240	240	240	239	237	237	237
91-105	237	237	236	235	235	235	235	235	235	234	233	233	233	233	233	237	237	236	235	235	235	235	235	234	233	233	233	233	233	233
106-120	232	232	232	230	230	230	230	230	230	229	229	228	228	228	228	232	232	232	230	230	230	230	230	229	229	228	228	228	228	228
121-135	227	227	227	227	227	227	226	226	225	225	225	225	225	224	224	227	227	227	227	227	227	226	226	225	225	225	225	224	224	224
136-150	224	223	223	222	220	219	219	219	218	218	217	217	217	217	216	224	223	223	222	220	219	219	219	218	218	217	217	217	217	216
151-165	215	215	215	215	214	214	213	212	212	212	211	211	211	209	208	215	215	215	215	214	214	213	212	212	211	211	211	209	208	208
166-180	208	208	207	206	206	203	202	201	199	196	195	181	174	169	164	208	208	207	206	206	203	202	201	199	196	195	181	174	169	164

• **Hodnota selekčního prahu (S_p)** = $n * TS = 180$ (180 ryb bylo měřeno) * 0,08 (8% = 0,08) = 14,4. Hodnotu zaokrouhlíme na **14**.

• Čtrnáctou nejvyšší hodnotou v tabulce je 263 mm. Tato hodnota odpovídá ale i 13. a 15. místu (**znázorněno tučně**). I přesto můžeme hodnotu **263 g stanovit jako selekční práh**. Pokud jsme si jisti, že máme, s ohledem k pravděpodobnému počtu vybraných ryb a potřebou ryb, dostatečný počet ryb v základní populaci, můžeme hodnotu selekčního prahu zvednout o 1 mm na **264 mm**. Všechny ryby z obsádky určené k aplikaci selekční výzvy **s délkou těla vyšší či rovnající se hodnotě 263 mm (resp. 264 mm)** vybereme pro pokračování selekčního programu. Ostatní ryby vyřadíme.

Příloha 7.

Modelový příklad stanovení hranice selekčního prahu (S_p) při aplikaci selekčního programu na podíl jedlých částí těla s využitím nepřímé selekce pomocí relativní délky hlavy (indexu délky hlavy) (viz kapitola č. 4.4.2.).

Situace:

- V rámci selekčního programu na zvýšení podílu jedlých částí těla u kapra obecného jsme před aplikací selekční výzvy u obsádky jednoho rybníka provedli měření ryb a výpočet indexu délky hlavy u 150 náhodně vybraných jedinců z populace. Zjištěné hodnoty jsou uvedeny níže v tabulce (*kvůli grafické úpravě byly hodnoty převedeny do upravených tabulek*):

Číslo ryby	Index délky hlavy (%)														
1–15	29,6	31,1	29,1	28,3	27,6	29,3	29,6	30,5	28,5	27,3	27,8	26,5	28,1	30,1	28,4
16–30	31,0	28,5	26,6	27,2	28,9	28,5	30,4	28,4	29,5	26,7	30,1	26,6	28,8	29,2	26,3
31–45	28,5	27,0	29,8	29,2	27,4	29,4	27,9	28,3	28,5	28,2	28,3	29,9	27,8	27,6	29,1
46–60	27,2	27,9	29,7	27,1	29,2	27,4	28,4	26,8	28,4	28,8	29,2	29,5	28,9	26,9	28,5
61–75	27,6	29,1	28,2	29,9	27,7	28,2	29,7	30,9	30,2	30,1	27,5	28,6	29,4	26,2	28,0
76–90	31,3	28,6	32,9	31,3	31,1	32,0	27,9	28,8	28,1	29,1	28,7	29,0	31,4	31,3	29,9
91–105	31,2	27,3	28,9	28,1	27,2	32,0	26,7	30,2	27,2	31,2	28,8	28,5	31,6	30,3	30,3
106–120	27,9	27,0	29,7	33,9	28,7	29,3	29,2	29,0	27,4	30,1	30,1	30,4	27,9	28,7	31,7
121–135	28,1	29,2	32,7	31,1	28,8	28,3	31,9	29,2	31,3	28,8	27,9	28,0	29,8	29,3	29,4
136–150	28,4	27,7	29,9	27,5	31,2	30,4	28,3	28,1	29,2	29,7	26,2	29,6	29,7	28,1	28,7

- Rozhodli jsme se pro selekční tlak na úrovni 15 %. Jaká bude hodnota selekčního prahu?

Řešení:

- Vypočítané hodnoty IDH si v programu MS Excel seřadíme vzestupně (od nejnižšího po nejvyšší). Hodnoty seřazených hmotností budou následující:

METODICKÉ POSTUPY PŘI APLIKACI SELEKČNÍHO PROGRAMU ZAMĚŘENÉHO
NA ZVYŠOVÁNÍ UŽITKOVOSTI RYB V PODMÍNKÁCH ČESKÉHO RYBÁŘSTVÍ

Číslo ryby	Index délky hlavy (%)														
	1-15	16-30	31-45	46-60	61-75	76-90	91-105	106-120	121-135	136-150	1-15	16-30	31-45	46-60	61-75
1-15	26,2	26,2	26,3	26,5	26,6	26,6	26,7	26,7	26,8	26,9	27,0	27,0	27,1	27,2	27,2
16-30	27,2	27,2	27,3	27,3	27,4	27,4	27,4	27,5	27,5	27,6	27,6	27,6	27,7	27,7	27,8
31-45	27,8	27,9	27,9	27,9	27,9	27,9	27,9	28,0	28,0	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1
46-60	28,2	28,2	28,2	28,3	28,3	28,3	28,3	28,3	28,4	28,4	28,4	28,4	28,4	28,5	28,5
61-75	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,6	28,6	28,7	28,7	28,7	28,7	28,8	28,8	28,8	28,8
76-90	28,8	28,8	28,9	28,9	28,9	29,0	29,0	29,1	29,1	29,1	29,1	29,2	29,2	29,2	29,2
91-105	29,2	29,2	29,2	29,2	29,3	29,3	29,3	29,4	29,4	29,4	29,5	29,5	29,6	29,6	29,6
106-120	29,7	29,7	29,7	29,7	29,7	29,8	29,8	29,9	29,9	29,9	29,9	30,1	30,1	30,1	30,1
121-135	30,1	30,2	30,2	30,3	30,3	30,4	30,4	30,4	30,5	30,9	31,0	31,1	31,1	31,1	31,2
136-150	31,2	31,2	31,3	31,3	31,3	31,3	31,4	31,6	31,7	31,9	32,0	32,0	32,7	32,9	33,9

- **Hodnota selekčního prahu (S_p)** = $n * TS = 150$ (150 ryb bylo měřeno) * 0,15 (15 % = 0,15) = 22,5. Hodnotu zaokrouhlíme raději na „tvrdší“ hodnotu, což je 22.

- Dvacátou druhou nejnižší hodnotou v tabulce je 27,4. Tato hodnota odpovídá i 21. a 20. místu (**znázorněno tučně**). Jelikož jsou tyto hodnoty na pozicích vyššího selekčního tlaku, a ne nižšího, můžeme hodnotu **27,4 stanovit jako selekční práh**. Všechny ryby z obsádky určené k aplikaci selekční výzvy s **IDH rovnajícím se či nižším** než je hodnota 27,4, vybereme pro pokračování selekčního programu. Ostatní ryby vyřadíme.

Příloha 8.

Modelové příklady stanovení potřeby obsádek a odchovných ploch pro selekční program či stanovení selekčního tlaku dle počtu dostupných ryb.

Příklad 1.

Situace:

- Rozhodli jsme se pro selekční program u kapra obecného. Budeme aplikovat selekci na dva znaky (1. přímou selekci na rychlost růstu dle hmotnosti a 2. nepřímou selekci na podíl jedlých částí těla pomocí IDH). Selekční tlak na hmotnost bude 10 % a na IDH 30 %. Naše produkce tržních ryb se pohybuje kolem 500 t ročně, průměrná hmotnost ryb je kolem 2 kg, tržní cyklus tříletý a způsob hospodaření polointenzivní.

Zajímá nás potřeba generačních ryb pro zabezpečení celé tržní produkce z ryb selekčního programu a plánování potřeby vodních ploch pro selekční program.

- Informace, které potřebujeme k výpočtu znát:
 - Počet tržních ryb.
 - Potřebu generačních ryb pro zajištění tržní produkce.
 - Velikost obsádky určené pro aplikaci selekční výzvy pro výběr dostatečného množství budoucích generačních ryb při námi specifikovaném selekčním tlaku.

Řešení:

- Přibližnou potřebu generačních ryb vypočítáme ze záznamů o průměrném přežití jednotlivých věkových kategorií, údajů o oplozenosti jiker a plodnosti generačních ryb z předchozích let, které by měl mít každý chovatel k dispozici. Pro potřeby našeho příkladu budeme vycházet z obvyklých hodnot (viz tabulka níže). Vždy je vhodnější počítat raději se střední či horší variantou.

Parametr	Rozpětí obvyklých hodnot	Hodnota zvolená pro výpočet
Přežití K_2-K_V (%)	90–95	90
Přežití K_1-K_2 včetně zimního období (%)	65–80	65
Přežití K_0-K_1 včetně zimního období (%)	5–20	10
Přežití K_0 od vykulení do nasazení (%)	90–99	95
Oplozenost jiker (%)	60–95	70
Plodnost samice (% z tělesné hmotnosti)	8–15	10
Počet jiker v 1 g (ks)	650–800	700
Průměrná hmotnost samic při prvním výtěru (kg)	4,5–6,0	5,0

- Přibližná potřeba tržních ryb (K_v) v ks = 500000
(500 t = 500000 kg)/2 kg (průměrná hmotnost tržních ryb) = 250000
- Přibližná potřeba násady pro užitkový chov K_2 v ks = 250000 $K_v/0,90$
(viz tabulka) \approx 278000
- Přibližná potřeba plůdku (K_1) pro užitkový chov v ks = 295000 $K_2/0,65$
(viz tabulka) \approx 428000
- Přibližná potřeba váčkového plůdku K_0 k nasazení v ks = 428000 $K_1/0,10$
(viz tabulka) \approx 4280000
- Přibližná potřeba vykuleného plůdku K_0 v ks = 4280000 $K_0/0,95$
(viz tabulka) \approx 4506000
- Přibližná potřeba jiker v ks = 4506000 $K_0/0,70$ (viz tabulka) \approx 6438000
- Přibližná potřeba jiker v kg = 6438000/700 (viz tabulka)/1000
(převedení g na kg) \approx 9,2
- Hmotnost samic k zajištění potřeby jiker = 9,2/0,1 (viz tabulka) = 92 kg
- Počet samic k zajištění potřeby jiker = 92/5 (viz tabulka) = 18,4 \approx řekněme 20 samic.
- Doporučovaná minimální velikost generačního hejna (kapitola 4.4.2.) je 120 ks ryb s poměrem pohlaví 1 : 1, což znamená 60 samic a 60 samců. Pro naše účely nám tedy bohatě dostačuje generační hejno 120 ks ryb.
 - Jelikož je naše potřeba generačních ryb poměrně nízká, nemusíme počítat prakticky s žádnou rezervou, neboť i při chovu 120 ks ryb s 60 samicemi budeme mít trojnásobek jejich požadovaného počtu.
 - Nesmíme ale zapomenout na možnost změny poměru pohlaví u selektovaných ryb (viz kapitola 4.4.2.) až na poměr 2 : 1 ve prospěch samic. Chceme-li mít v populaci 60 samců, musíme mít před zařazením ryb do generačního hejna minimálně $60 * 3/1 = 180$ ks ryb. Přežití ryb od selekce (K_2) do reprodukčního věku (K_{GEN}) je kolem 80–90 %.
 - Potřeba ryb těsně po selekci = $180/0,8 = 225$ ks
 - Teoretická potřeba ryb pro selekci v ks = $225/(0,1 (T_5 \text{ na hmotnost}) * 0,3 (T_5 \text{ na IDH})) = 7500$
 - Z kapitol 4.4.1. a 4.7. víme, že díky genetické korelaci mezi hmotností a IDH můžeme však očekávat vyšší procento ryb, které splní obě výběrová kritéria. Výše genetické korelace je ($R = -0,26$) (příloha 9), takže:
 - Reálně odhadovaná potřeba ryb před selekcí v ks = $225/(0,1 * 0,3 * 1,26) \approx 5953$.
 - Nyní je potřeba odhadnout plochu odchovných rybníků pro ryby selekčního programu. Postupujeme podobným způsobem jako při výpočtu potřeby generačních ryb. Nejprve si musíme zjistit, kolik potřebujeme ryb v jednotlivých fázích odchovu selekčního programu:
 - Potřeba K_1 v ks = $5953/0,65 \approx 9200$

- Potřeba K_0 v ks = $9200/0,1 \approx 92000$
- Podle námi praktikovaných zvyklostí nasazení kusů ryb na hektar plochy rybníka vypočítáme potřebnou plochu rybníků k odchovu požadovaného množství ryb. Pro účely našeho příkladu opět vycházíme z běžného rozmezí hodnot nasazení ryb různých věkových kategorií v jednotlivých fázích odchovu v závislosti na způsobu hospodaření (viz tabulka níže).

Věková kategorie	Nasazení ryb (ks.ha ⁻¹) dle způsobu hospodaření			Hodnota zvolená pro výpočet
	Extenzivní	Polointenzivní	Intenzivní	
K_0-K_r	-	300–500 tis.	500 tis.–1 mil.	-
K_r-K_1	-	10000–30000	30000–50000	-
K_0-K_1	30000–50000	100–200 tis.	300–500 tis.	150000
K_1-K_2	1000–2000	3000–5000	6000–10000	3500
K_2-K_3	200–400	500–1000	1200–2000	500
K_1-K_3	500–800	1500–2500	3000–5000	-
K_2-K_4	150–200	300–450	500–800	-
K_3-K_4	100–150	200–300	400–500	250
K_{GEN}	50–100	100–200	300–400	150

- Potřeba výměry rybníků pro odchov $K_0-K_1 = 92000/150000 \approx 0,62$ ha
- Potřeba výměry rybníků pro odchov $K_1-K_2 = 9200/3500 \approx 2,63$ ha
- Potřeba výměry rybníků pro odchov ryb po selekci v kategoriích
 $K_2-K_3 = 225/500 = 0,45$ ha
- Potřeba výměry rybníků pro chov $K_3-K_4 = 180/250 = 0,72$ ha
- Potřeba výměry rybníků pro chov $K_{GEN} = 120/150 = 0,80$ ha

V kapitole 4.3. je doporučováno provádět odchov ryb minimálně ve dvojnásobném opakování či ve vyšších obsádkách, abychom měli možnost volby lepšího z rybníků či vyšší rezervu při vlastní selekci. Potřeba rybníční plochy bude tedy 2x vyšší.

• Nakonec si můžeme spočítat odhadovanou dobu provádění selekční výzvy. Z kapitoly 4.4.3. víme, že je možné za jeden den přetřídit 400 ks ryb. Již víme, že minimální počet ryb před selekcí by měl být 5026. Pokud budeme vycházet z tohoto minimálního počtu pak:

- Doba nutná k selekci ve dnech
 $= 5953/400 = 14,9 \approx 15$ pracovních dní, měří-li jedna osoba
 $= 5953/400 * 2 = 7,4 \approx 8$ pracovních dní, měří-li dvě osoby
 $= 5953/400 * 3 \approx 5$ pracovních dní, měří-li tři osoby
 $= 5953/400 * 4 = 3,7 \approx 4$ pracovní dny, měří-li čtyři osoby

Závěr:

- Pro zajištění naší běžné roční produkce si vystačíme s minimálně doporučovanou velikostí generačního hejna 120 ks ryb.
- Pro námi nastavená kritéria selekčního programu potřebujeme mít k dispozici kolem 6000 ks K_2 v období aplikace selekční výzvy.
- Potřeba rybničního fondu pro zajištění vlastního selekčního programu v jednotlivých fázích odchovu nepřevyšší zpočátku výměru 3 ha, nebudeme-li se jistit opakovaním. Při opakování bude potřeba rybničních ploch 2–3x vyšší, tedy 6–9 ha. Po několika generacích selekčního programu může být potřeba rybníků z důvodu nutnosti úpravy hospodaření ještě o něco vyšší (viz kapitola 4.9.2.).

Příklad 2.

Situace:

• Vycházíme ze situace popsané v příkladu 1. Předpokládejme, že jsme založili selekční program a dle plánu nasadili 78000 ks K_0 . Odchov pobíhal úspěšně a my jsme ve věkové kategorii K_2 v době aplikace selekční výzvy měli přibližně 7000 ks ryb. Přesto jsme se v poslední chvíli rozhodli, že místo selekce na dva znaky budeme praktikovat jen selekci na jeden znak, a to na hmotnost. Z příkladu 1 vyplynulo, že těsně po selekční výzvě potřebujeme mít 225 ks ryb. Jaké máme tedy nyní možnosti?

Řešení:

- Stanovíme si maximální selekční tlak, který můžeme aplikovat:
 $T_s = 225/7000 * 100 \approx 3,5 \%$.
- Znamená to, že můžeme zvýšit selekční tlak až na 3,5 % a pořad získáme kolem 225 ks ryb ($7000 * 0,035 = 245$ ryb). Vyšší selekční tlak nám zajistí vyšší selekční zisk, což si můžeme ukázat na příkladu. Předpokládejme, že h^2 pro hmotnost je například 0,2, průměrná hmotnost ryb je 400 g a směrodatná odchylka hmotnosti je 90 g.
 - Při 10 % selekčním tlaku můžeme očekávat genetický zisk
 $\Delta G (\%) = i * \sigma_P * h^2/\bar{X} * 100 = 1,755$ (příloha 1, 10 % selekční tlak odpovídá intenzitě selekce 1,755) $* 90 * 0,2/400 * 100 = 7,9$.
 - Při 3,5 % selekčním tlaku můžeme očekávat genetický zisk
 $\Delta G (\%) = i * \sigma_P * h^2/\bar{X} * 100 = ((2,268 + 2,154)/2) * 90 * 0,2/400 * 100 \approx 9,95$.
- Čas potřebný k selekci (při 3,5 % T_s) = $7000/400 = 17,5 \approx 18$ pracovních dní, měří-li jedna osoba.
 - = $7000/400 * 2 = 8,75 \approx 9$ pracovních dní, měří-li dvě osoby
 - = $7000/400 * 3 = 5,8 \approx 6$ pracovních dní, měří-li tři osoby
 - = $7000/400 * 4 = 4,375 \approx 5$ pracovních dní, měří-li čtyři osoby
- Pokud se nám zdá doba na změření celé obsádky 7000 ks ryb příliš dlouhá, můžeme zůstat u původně plánovaného selekčního tlaku 10 % a budeme-li ryby k měře-

ní odebrat náhodně, můžeme předpokládat, že denně získáme 10 % ryb splňujících hodnotu selekčního prahu. Při třídění 400 ks ryb denně to tedy znamená přibližně 40 ks ryb.

- Potřebné množství 225 ks ryb získáme za $225/40 \approx 6$ pracovních dní, měří-li jedna osoba.
- Z celé obsádky tedy přetřídíme jen zhruba 2400 ryb ($400 * 6$), což je kolem 34 % obsádky (2400/7000). V tomto okamžiku můžeme další měření a selekci ukončit (samozřejmě budeme-li opravdu daný počet ryb mít). Nepřetříděné ryby společně s vyřazenými můžeme prodat nebo zařadit do užitkových obsádek. Výhodou tohoto postupu je nižší pracnost selekce a časová úspora při zachování ucházejícího selekčního zisku (7,9 %).

Závěr:

Vzhledem k nově nastalé situaci se nám nabízí dvě základní možnosti:

- 1) Při aplikaci selekční výzvy zvýšíme selekční tlak. Nejvyšší možný selekční tlak je 3,5 %. U následné generace můžeme očekávat vyšší selekční zisk, ale provádění vlastní selekce (aplikace selekční výzvy) bude pracnější, neboť musíme přetřídít všechny ryby dané obsádky.
- 2) Ponecháme doporučený selekční tlak 10 % a při dodržení náhodnosti odběru ryb k měření nám k získání 225 ks ryb postačí přetřídít jen část obsádky. Výhodou bude nižší časová náročnost, a to až o třetinu oproti variantě 1.

Příklad 3.

Situace:

- Rozhodli jsme se pro selekční program u pstruha duhového. Budeme aplikovat selekci na rychlost růstu dle délky těla. Selekční tlak na délku těla jsme si stanovili na úrovni 10 %. Naše produkce tržních ryb se pohybuje kolem 100 t ročně a průměrná hmotnost tržních ryb je kolem 300 g. Ryby odchováváme ve speciálním chovatelském zařízení, tržní cyklus je v našich podmínkách 18 měsíců. Zajímá nás potřeba generačních ryb, chceme-li celou tržní produkci zabezpečit z generačních ryb selekčního programu a plánování potřeby odchovných ploch pro vlastní selekční program.
- Informace, které potřebujeme k výpočtu znát:
 - Počet tržních ryb.
 - Potřebu generačních ryb pro zajištění tržní produkce.
 - Velikost obsádky určené pro aplikaci selekční výzvy pro výběr dostatečného množství budoucích generačních ryb při námi specifikovaném selekčním tlaku.

Řešení:

• Přibližnou potřebu generačních ryb vypočítáme ze záznamů o průměrném přežití jednotlivých věkových kategorií, údajů o oplozenosti jiker a plodnosti generačních ryb z předchozích let, které by měl mít každý chovatel k dispozici. Pro potřeby našeho příkladu budeme vycházet z obvyklých hodnot (viz tabulka níže). Vždy je vhodnější počítat raději se střední či horší variantou.

Parametr	Rozpětí obvyklých hodnot	Hodnota zvolená pro výpočet
Přežití $Pd_1 - Pd_v$ (%)	94–98	94
Přežití $Pd_{1/2} - Pd_1$ (%)	80–90	80
Přežití $Pd_k - Pd_{1/2}$ (%)	70–80	70
Přežití $Pd_o - Pd_k$ (%)	80–90	85
Přežití Pd_o od vykulení do počátku exogenní výživy (%)	85–95	90
Oplozenost jiker a přežití zárodků během inkubace (%)	70–90	70
Plodnost samice (ks jiker na 1 kg hmotnosti samice)	2000–2500	2000
Průměrná hmotnost samic při prvním výtěru (kg)	0,8–1,2 kg	0,8

- Přibližná potřeba tržních ryb (Pd_v) v ks = $100000 (100 \text{ t} = 100000 \text{ kg}) / 0,3 \text{ kg}$ (průměrná hmotnost tržních ryb) ≈ 334000
- Přibližná potřeba násady Pd_1 pro užitkový chov v ks = $334000 Pd_v / 0,94$ (viz tabulka) ≈ 356000
- Přibližná potřeba půlročního plůdku ($Pd_{1/2}$) pro užitkový chov v ks = $356000 Pd_1 / 0,80$ (viz tabulka) ≈ 445000
- Přibližná potřeba odkrmeného plůdku (Pd_k) pro užitkový chov v ks = $445000 Pd_{1/2} / 0,70$ (viz tabulka) ≈ 636000
- Přibližná potřeba váčkového plůdku Pd_o k nasazení v ks = $636000 Pd_k / 0,85$ (viz tabulka) ≈ 749000
- Přibližná potřeba vykuleného plůdku Pd_o v ks = $749000 Pd_k / 0,90$ (viz tabulka) ≈ 833000
- Přibližná potřeba jiker v ks = $833000 Pd_o / 0,70$ (viz tabulka) ≈ 1190000
- Hmotnost samic k zajištění potřeby jiker = $1190000 / 2000$ (viz tabulka) = 595 kg
- Počet samic k zajištění potřeby jiker = $595 / 0,8$ (viz tabulka) ≈ 745 .
- Vidíme, že díky nižší reprodukční schopnosti ryb, ale i díky nižší tržní hmotnosti ryb máme v chovu pstruha duhového mnohonásobně vyšší potřebu generačních ryb oproti situaci v chovu kapra obecného (viz příloha 8, příklad 1), a to i při pětinové produkci tržních ryb.
- K zajištění potřebné produkce tržních ryb budeme potřebovat 745 samic. Připočteme rezervu na úrovni 50 %, která by měla postačovat na celé období využívání

generačních ryb. S růstem generačních ryb nám totiž bude potřeba samic z důvodu jejich vyšší absolutní plodnosti klesat.

- Potřeba samic s rezervou = $745 * 1,5 \approx 1120$ ks
- Žádoucí poměr pohlaví v chovech pstruha je 2 : 1 ve prospěch samic, neboť plodnost samic je limitující (viz kapitola 4.3.) a držení nadbytečného množství samců by zbytečně prodražovalo nákladovost celého chovu.
 - Potřeba ryb celkem = 1120 ks samic a 560 (1120/2) samců = 1680 ryb
 - Nesmíme zapomínat na možnost ovlivnění poměru pohlaví selekcí. U pstruha duhového si bohužel tímto poměrem, pokud nemáme vlastní zkušenost, nemůžeme být příliš jisti. Počet samic je limitující, je proto lepší počítat, že poměr pohlaví bude vyšší ve prospěch samců. Reálný poměr by neměl být vyšší než 3 : 2.
 - Potřeba ryb před jejich zařazením do generačního hejna s ohledem na poměr pohlaví = $(1120/2 * 3) + 1120 = 2800$ ks
 - Přežití ryb od selekce (Pd_{1+}) do reprodukčního věku (Pd_{GEN}) je kolem 80 %.
 - Potřeba ryb těsně po selekci = $2800/0,80 = 3500$ ks
 - Teoretická potřeba ryb před selekcí v ks = $3500/0,1$ (T_5 na hmotnost) = 35000 ks
 - Nyní je potřeba odhadnout velikost odchovných ploch pro ryby selekčního programu. Postupujeme podobným způsobem jako při výpočtu potřeby generačních ryb. Nejprve si musíme zjistit, kolik potřebujeme ryb v jednotlivých fázích odchovu v průběhu selekčního programu:
 - Potřeba Pd_1 v ks = $35000/0,95 \approx 37000$
 - Potřeba $Pd_{1/2}$ v ks = $37000/0,80 = 46250$
 - Potřeba Pd_k v ks = $46250/0,7 \approx 67000$
 - Potřeba Pd_0 v ks = $67000/0,85 \approx 80000$
 - Podle námi praktikovaných zvyklostí nasazení kusů na m^3 objemu vody odchovné nádrže vypočítáme potřebnou velikost odchovných nádrží. Pro účely našeho příkladu budeme opět vycházet z běžného rozmezí hodnot nasazení ryb různých věkových kategorií v jednotlivých fázích odchovu (viz tabulka níže).

Věková kategorie	Nasazení ryb (ks.m ⁻³)	Hodnota zvolená pro výpočet
Pd_0-Pd_k	10000–20000	15000
$Pd_k-Pd_{1/2}$	2000–4000	3000
$Pd_{1/2}-Pd_1$	1000–2000	1500
Pd_1-Pd_2	300–500	400
Pd_2-Pd_3	50–100	50
Pd_{GEN}	10–30	10

METODICKÉ POSTUPY PŘI APLIKACI SELEKČNÍHO PROGRAMU ZAMĚŘENÉHO
NA ZVYŠOVÁNÍ UŽITKOVOSTI RYB V PODMÍNKÁCH ČESKÉHO RYBÁŘSTVÍ

- Potřeba odchovných kapacit pro chov $Pd_0-Pd_1 = 80000/15000 \approx 6 \text{ m}^3$
- Potřeba odchovných kapacit pro chov $Pd_K-Pd_{1/2} = 67000/3000 \approx 23 \text{ m}^3$
- Potřeba odchovných kapacit pro chov $Pd_{1/2}-Pd_1 = 46250/1500 \approx 31 \text{ m}^3$
- Potřeba odchovných kapacit pro chov Pd_1-Pd_{1+} (období selekce)
 $= 37000/400 \approx 93 \text{ m}^3$
- Potřeba odchovných kapacit pro chov $Pd_{1+}-Pd_2$ (po selekční výzvě)
 $= 3500/400 \approx 9 \text{ m}^3$
- Potřeba odchovných kapacit pro chov Pd_2-Pd_3 (po selekční výzvě)
 $= 3200/50 \approx 64 \text{ m}^3$
- Potřeba odchovných kapacit pro chov Pd_{GEN} (po selekční výzvě)
 $= 2800/10 = 280 \text{ m}^3$

V kapitole 4.3. je doporučováno provádět odchov ryb minimálně ve dvojnásobném opakování pro případ problémů v jedné z nádrží. Potřeba odchovných ploch bude tedy ve všech kategoriích 2x vyšší.

- Nakonec spočítáme odhadovanou dobu provádění selekční výzvy. Z kapitoly 4.4.3. víme, že jedna osoba přetřídí za jeden den 400 ks ryb. Minimální počet ryb před selekcí by měl být 35000. Pokud budeme vycházet z tohoto minimálního počtu a nepoužijeme-li třídičku k předtřídění ryb, pak:

- Doba nutná k selekci ve dnech
 $= 35000/(400 * 5) = 17,5 \approx 18$ pracovních dní, měří-li pět osob
 $= 35000/(400 * 10) = 8,75 \approx 9$ pracovních dní, měří-li deset osob.

Při předtřídění ryb třídičkou zkrátíme dobu selekce nebo snížíme potřebu osob na dotřídění ryb.

Závěr:

- Pro zajištění produkce 100 t tržních ryb budeme potřebovat generačního hejno o velikosti 2800 ks ryb.
- Pro námi nastavená kritéria selekčního programu potřebujeme mít k dispozici 35000 ks Pd_{1+} v období aplikace selekční výzvy.
- Potřeba odchovných kapacit pro zajištění vlastního selekčního programu v jednotlivých fázích odchovu nepřevyší 280 m^3 .

Příloha 9.

Genetické korelace mezi důležitými užitkovými znaky a morfologickými ukazateli u kapra obecného a pstruha duhového (viz kapitola č. 4.7.). Hodnoty jsou uvedeny se střední chybou průměru. Čím blíže jsou hodnoty k číslu 1 či -1, tím vyšší je genetická korelace mezi znaky. Záporné hodnoty představují negativní genetickou korelaci, kladné hodnoty pozitivní genetickou korelaci. Signifikantně významné závislosti mezi znaky jsou zpravidla jen ty hodnoty, jejichž S.E. je poloviční či nižší než vlastní hodnota (např. $0,59 \pm 0,14$ je významná kladná genetická korelace střední úrovně; $0,34 \pm 0,19$ je neprůkazná pozitivní korelace střední úrovně). **HM** – hmotnost; **DT** – délka těla; **PTS** – podíl tuku ve svalovině; **IDH** – index délky hlavy; **RVT** – relativní výška těla; **POT** – podíl opracovaného trupu; **PFSK** – podíl filetů s kůží; **PFBK** – podíl filetů bez kůže; **FK** – Fultonův kondiční koeficient; **PV** – podíl vnitřnosti; **ROHL** – relativní objem hlavy; **PT** – podíl tuku; **PTF** – podíl tuku ve filetech; **PVT** – podíl viscerálního tuku (podíl tukové tkáně ve vnitřnostech).

METODICKÉ POSTUPY PŘI APLIKACI SELEKČNÍHO PROGRAMU ZAMĚŘENÉHO
NA ZVYŠOVÁNÍ UŽITKOVOSTI RYB V PODMÍNKÁCH ČESKÉHO RYBÁŘSTVÍ

Kapr obecný										
Znak	DT	HM	PTS	IDH	RVT	POT	PFSK			Citace
HM	0,97 ± 0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	Kocour a kol. (2008)
PTS	0,71 ± 0,16	0,59 ± 0,14	-	-	-	-	-	-	-	Kocour a kol. (2008)
IDH	-0,36 ± 0,12	-0,26 ± 0,12	-0,82 ± 0,15	-	-	-	-	-	-	Kocour a kol. (2008)
RVT	-0,14 ± 0,17	0,08 ± 0,11	-0,63 ± 0,08	0,53 ± 0,11	-	-	-	-	-	Kocour a kol. (2008)
POT	0,69 ± 0,12	0,74 ± 0,12	0,66 ± 0,15	-0,75 ± 0,13	0,00 ± 0,17	-	-	-	-	Kocour a kol. (2008)
PFSK	0,77 ± 0,10	0,73 ± 0,11	0,76 ± 0,10	-0,83 ± 0,08	-0,14 ± 0,16	0,79 ± 0,13	-	-	-	Kocour a kol. (2008)
PFBK	0,50 ± 0,19	0,60 ± 0,16	0,64 ± 0,11	-0,86 ± 0,05	-0,07 ± 0,16	0,75 ± 0,18	0,96 ± 0,04	-	-	Kocour a kol. (2008)
FK	-0,38 ± 0,16	-0,17 ± 0,18	-	-	-	-	-	-	-	Vandeputte a kol. (2004)

Pstruh duhový										
Znak	HM	PV	PFSK	POT	PT	FK	PVT			Citace
PV	0,16 ± 0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	Kause a kol. (2007)
PFSK	0,04 ± 0,08	-0,71 ± 0,04	-	-	-	-	-	-	-	Kause a kol. (2007)
ROHL	-0,17 ± 0,10	-0,29 ± 0,09	-0,17 ± 0,11	-	-	-	-	-	-	Kause a kol. (2007)
HM	-	-	-	0,07	-0,19	0,16	-	-	-	Gjerde, Schaeffer (1989)
FK	-	-	-	-0,09	0,15	-	-	-	-	Gjerde, Schaeffer (1989)
POT	-	-	-	-	0,24	-	-	-	-	Gjerde, Schaeffer (1989)
PT	0,40 ± 0,35	-	-	-	-	0,05 ± 0,80	-	-	-	Elvingson (1992)
PFSK	0,29 ± 0,19	-	-	0,94 ± 0,03	-	-0,09 ± 0,16	0,27 ± 0,37	-	-	Kause a kol. (2002)
POT	0,04 ± 0,18	-	-	-	-	-	-	-	-	Kause a kol. (2002)
PTF	-0,12 ± 0,26	-	0,34 ± 0,19	0,38 ± 0,18	-	0,00 ± 0,20	0,59 ± 0,29	-	-	Kause a kol. (2002)
FK	0,29 ± 0,17	-	-	-0,27 ± 0,14	-	-	-	-	-	Kause a kol. (2002)
PVT	0,15 ± 0,40	-	-	0,32 ± 0,14	-	-0,02 ± 0,27	-	-	-	Kause a kol. (2002)

Příloha 10.

Modelové kalkulace ekonomické efektivity selekčního programu u kapra obecného.

Příklad 1.

Situace:

- Vycházejme z údajů v příloze 8, příkladu 1. Přímým hodnocením výsledků selekčního programu bylo zjištěno, že selekční zisk u hmotnosti odpovídá zhruba 5 % za jednu generaci a u výtěžnosti 1 % za generaci. Přežití ryb se výrazně nezměnilo. Na výrobky zpracováváme asi 10 % celkové produkce kapra, a to jen v podobě púleného kapra s počáteční výtěžností na úrovni 60 %. Průměrná produkce kapra na jednotku plochy se i přes očekávání nezměnila, výrobní roční náklady se tedy nezměnily. Výkupní ceny kapra jsou u jakostní kategorie I 40 Kč/kg a u kategorie „výběr“ 45 Kč/kg, 1 kg zpracovaných ryb prodáváme průměrně za 100 Kč/kg. Pro zjednodušení předpokládáme, že poměr mezi výkupní cenou a náklady zůstane v průběhu času zachován.

Kalkulace

- U jednotlivých generací si vypočítáme vývoj tržeb za ryby (viz tabulka níže).

Generace	Živá hm. ¹ (kg)	Výtěžnost ² %	Prodej v živém stavu ³ (t)	Tržby v tis. Kč	Prodej zprac. ryb ⁴ (t)	Tržby v tis. Kč	Tržby celkem v tis. Kč
G ₀	2,00	60,0	450	18000	30,0	3000	21000
G ₁	2,10	60,6	450	18000	30,3	3030	21030
G ₂	2,21	61,2	450	18000	30,6	3060	21060
G ₃	2,32	61,8	450	18000	30,9	3090	21090
G ₄	2,43	62,4	450	18000	31,2	3120	21120
G ₅	2,55	63,1	450	20250	31,6	3155	23405
G ₆	2,68	63,7	450	20250	31,9	3185	23435
G ₇	2,81	64,3	450	20250	32,2	3215	23465

1 Živá hmotnost generace G_n (kg) = Hmotnost generace G_{n-1} * 1,05 (přepokládaný selekční zisk)

2 Výtěžnost generace G_n (%) = Výtěžnost generace G_{n-1} * 1,01 (přepokládaný selekční zisk)

3 Prodej v živém stavu (t) = 0,9 (podíl prodeje živých ryb) * 500 (produkce tržních ryb)

4 Prodeje zpracovaných ryb (t) = 0,1 (podíl zpracovaných ryb) * 500 (produkce tržních ryb) * výtěžnost (v %)/100

METODICKÉ POSTUPY PŘI APLIKACI SELEKČNÍHO PROGRAMU ZAMĚŘENÉHO
NA ZVYŠOVÁNÍ UŽITKOVOSTI RYB V PODMÍNKÁCH ČESKÉHO RYBÁŘSTVÍ

- U živého prodeje získáme vyšší zisky až po změně jakostní kategorie ryb, což potrvá 5 generací, tedy asi 28 let (generačním interval je 5 let, $5 * 5 = 25$ let + 3 roky do dosažení tržní velikosti ryb).
- U prodeje ve zpracovaném stavu se lepší genetický zisk promítne do tržeb hned od první generace (tedy asi za osm let po začátku selekčního programu).
- Díky výsledkům selekčního programu budeme při stejném hospodaření a stejných výrobních nákladech od generace G_5 dosahovat ročně celkem o 2,4 mil Kč vyšší tržby oproti G_0 , a to především díky změně jakostní kategorie tržních ryb a zvýšení jejich výkupní ceny.
- Pokud se nám nepodařilo zvýšit produkci z plochy rybníka nemá pokračování selekčního programu po G_6 význam. Navyšováním průměrné hmotnosti ryb budeme pouze snižovat počet odchovaných ryb a tržby za 1 kg živé hmotnosti zůstanou stejné.
- Nyní započteme náklady spojené se selekčním programem. Zmíňovány budou jen ty, jež se liší oproti běžnému chovu s uzavřeným obratem ryb.
 - Chov a obnova ryb výchozí populace pro přímé hodnocení selekčního programu – 120 tis. Kč/rok (odhadnuto z plateb dotace na udržování genetikých zdrojů ryb).
 - Náklady spojené s aplikací selekční výzvy, evidencí a nákupem potřebného technického vybavení – 100 tis. Kč ročně (odhad na základě zkušeností).
 - Testování užitkovosti provedeno 2x za celé období (1 test trvá 3 roky) – navýšení nákladů oproti běžnému chovu – 500 tis. Kč ročně (odhad na základě žádostí o dotace na testování užitkovosti kapra).
- Nyní si vypočítáme vývoj tržeb s ohledem na náklady selekčního programu (viz tabulka dále).

Generace	Tržby v tis. Kč/rok	Dodatečné ná- klady SP za rok (tis. Kč)	Změna zisku oproti G_0 (tis. Kč) za rok ²	Kumulativní změna nákladů za dané období ³ (tis. Kč)
G_0	21000	220	-220	-1100
G_1	21030	220	-190	-2050
G_2	21060	520 ¹	-460	-4350
G_3	21090	220	-130	-5000
G_4	21120	220	-100	-5500
G_5	23405	520 ¹	1885	3925
G_6	23435	220	2215	15000
G_7	23465	220	2245	26225

¹ Dodatečné náklady SP za rok (tis. Kč) = $(220 * L + 500 * 3)/L$ (L – generační interval = 5 let)

² Změna zisku oproti G_0 za rok = tržby v příslušném období (2. sloupec) – 21000 (tržby v generaci G_0) – dodatečné náklady SP v příslušném období na rok (3. sloupec)

³ Kumulativní změna zisku za dané období³ = kumulativní změna zisku za předchozí období (5. sloupec) + změna zisku oproti G_0 v daném roce (4. sloupec) * L

- Z tabulky je zřejmé, že až do generace G_5 (po dobu 25 let) budeme mít díky dodatečným nákladům na selekční program nižší tržby, a to průměrně o 220 tis. Kč ročně (5500/25).

- Propad zisku se bude díky vyšším tržbám z prodeje zpracovaných ryb neustále snižovat kromě období, v kterých budeme provádět testování ryb za účelem přímého ověření výsledků selekčního programu.

- Po změně jakostní kvality ryb a navýšení tržeb bude na konci generace G_5 (po 30 letech od zahájení selekčního programu) bilance již pozitivní a to o 3925 tis. Kč, což odpovídá průměrnému ročnímu navýšení tržeb o 130,8 tis. Kč (3925/30), po 35 letech budou průměrné roční tržby od začátku selekčního programu vyšší již o 428 tis. Kč (15000/35) a po 40 letech o 655 tis. Kč ročně (26225/40).

- Z příkladu je patrné, že selekční program se vyplatí až v dlouhodobějším časovém horizontu.

- Nadefinované podmínky tohoto příkladu byly úmyslně hodně „pesimistické“. Faktorů, které mohou úspěšnost selekčního programu výrazně vylepšit, je mnoho a při optimálních podmínkách se kladná bilance selekčního programu může dostavit mnohem dříve.

- V tabulce č. 4 byly provedeny kalkulace ekonomické návratnosti selekčního programu s ohledem k:

- Celkové roční tržní produkci ryb (jmenovitě 50, 200, 500, 1000 a 2000 t).
- Podílu prodeje ryb ve zpracovaném stavu (jmenovitě 0, 5, 10 a 20 %).
- Výši selekčního zisku u hmotnosti (jmenovitě 5, 10 a 20 % za generaci).
- Výši selekčního zisku u podílu opracovaného trupu (jmenovitě 1 a 5 %).
- Zvýšení produkce ryb z jednotky plochy rybníka (jmenovitě o 0, 100 a 200 kg.ha⁻¹) při konstantních nákladech.

Závěr:

- Z kalkulací v příkladu a tabulce je patrné, že čím vyšší je naše roční produkce ryb, tím vyššího procenta ročního zisku po 40 letech selekčního programu docílíme, a tím dříve se nám náklady na selekční program vrátí zpět (v některých případech do 10 let). Důvodem je skutečnost, že náklady na selekční program se prakticky nemění a jsou podobné při produkci 50 t i 2000 t tržních ryb.

- Selekční programy se z hlediska časové návratnosti i ekonomické efektivity více vyplatí středním a větším rybářským podnikům. Při nižších produkcích ryb (do 100 t ročně) se selekční program z ekonomického hlediska vyplatí jen při vyšších hodnotách selekčního zisku (10 % a více u hmotnosti a 5 % u podílu jedlých částí těla) a za předpokladu navýšení produkce ryb z jednotky plochy rybníka. U podniků s produkcí

nad 500 t ročně, se selekční program vyplatí i při nižším genetickém zisku (kolem 5 %) za předpokladu mírného navýšení hektarové produkce ryb.

- U podniků s produkcí do 200 t tržních ryb ročně se buď nedoporučuje provádět přímé hodnocení selekčního programu a nebo žádat o dotace na testování užitkovosti ryb. Náklady selekčního programu se tak minimalizují. Ekonomická návratnost bude kratší a efektivita programu bude příznivější.

Kalkulace ekonomické efektivity a návratnosti selekčního programu u kapra obecného v rybničním chovu v závislosti na různých proměnných (viz text výše). Hodnoty nutné pro výpočet byly převzaty z příkladu 1 přílohy 10. Legenda je umístěna pod poslední částí tabulky.

CRP (t)	PZR (%)	ΔG_{HM} (%)	ΔG_{POT} (%)	ZHP (kg.ha ⁻¹)	RT _P (tis. Kč)	T _{MAX} (tis. Kč)	EN (roky)	ZZ _{G7} (%.rok ⁻¹)	
50	0	5	-	0	2000	2250	N	-10,1	
				100	2000	2571	N	-2,5	
				200	2000	2893	35	5,1	
		10	-	0	2000	2250	N	-6,9	
				100	2000	2571	35	0,9	
				200	2000	2893	30	8,7	
		20	-	0	2000	2250	N	-5,4	
				100	2000	2571	35	2,5	
				200	2000	2893	20	10,4	
	5	5	1		0	2050	2298	N	-9,8
					100	2050	2627	N	-2,2
					200	2050	2955	35	5,4
			5		0	2050	2320	N	-9,0
					100	2050	2651	N	-1,3
					200	2050	2983	35	6,3
		10	1		0	2050	2298	N	-6,9
					100	2050	2627	40	0,9
					200	2050	2955	30	8,7
			5		0	2050	2320	N	-6,1
					100	2050	2651	40	1,8
					200	2050	2983	25	9,7
		20	1		0	2050	2298	N	-5,4
					100	2050	2627	35	2,4
					200	2050	2955	25	10,3
			5		0	2050	2320	N	-4,6
					100	2050	2651	35	3,3
					200	2050	2983	25	11,2
	10	5	1		0	2100	2347	N	-9,5
					100	2100	2682	N	-1,9
					200	2100	3017	35	5,6
			5		0	2100	2390	N	-7,9
					100	2100	2731	N	-0,2
					200	2100	3072	35	7,5

METODICKÉ POSTUPY PŘI APLIKACI SELEKČNÍHO PROGRAMU ZAMĚŘENÉHO
NA ZVYŠOVÁNÍ UŽITKOVOSTI RYB V PODMÍNKÁCH ČESKÉHO RYBÁŘSTVÍ

CRP (t)	PZR (%)	ΔG_{HM} (%)	ΔG_{POT} (%)	ZHP (kg.ha ⁻¹)	RT _P (tis. Kč)	T _{MAX} (tis. Kč)	EN (roky)	ZZ _{G7} (%.rok ⁻¹)
50	10	10	1	0	2100	2347	N	-6,8
				100	2100	2682	40	0,9
				200	2100	3017	30	8,7
			5	0	2100	2390	N	-5,3
				100	2100	2731	35	2,6
				200	2100	3072	25	10,6
		20	1	0	2100	2347	N	-5,5
				100	2100	2682	35	2,3
				200	2100	3017	25	10,1
			5	0	2100	2390	N	-3,9
				100	2100	2731	35	4,0
				200	2100	3072	25	12,0
	20	5	1	0	2200	2443	N	-9,0
				100	2200	2792	N	-1,5
				200	2200	3141	35	6,1
			5	0	2200	2529	N	-6,0
				100	2200	2891	40	1,8
				200	2200	3252	30	9,6
		10	1	0	2200	2443	N	-6,8
				100	2200	2792	40	1,0
				200	2200	3141	25	8,7
			5	0	2200	2529	N	-3,7
				100	2200	2891	35	4,3
				200	2200	3252	25	12,2
20	1	0	2200	2443	N	-5,6		
		100	2200	2792	35	2,1		
		200	2200	3141	25	9,9		
	5	0	2200	2529	N	-2,6		
		100	2200	2891	25	5,4		
		200	2200	3252	25	13,5		
200	0	5	-	0	8000	9000	40	1,0
				100	8000	10260	25	8,6
				200	8000	11520	15	16,1
		10	-	0	8000	9000	25	4,1
				100	8000	10260	20	11,9
				200	8000	11520	15	19,7
		20	-	0	8000	9000	15	5,7
				100	8000	10260	15	13,5
				200	8000	11520	15	21,4

CRP (t)	PZR (%)	ΔG_{HM} (%)	ΔG_{POT} (%)	ZHP (kg.ha ⁻¹)	RT _P (tis. Kč)	T _{MAX} (tis. Kč)	EN (roky)	ZZ _{G7} (%.rok ⁻¹)	
200	5	5	1	0	8200	9193	40	1,0	
				100	8200	10480	25	8,6	
				200	8200	11767	15	16,1	
			5	0	8200	9279	35	1,8	
				100	8200	10578	25	9,4	
				200	8200	11878	15	17,1	
		10	1	0	8200	9193	25	3,9	
				100	8200	10480	20	11,7	
				200	8200	11767	15	19,4	
			5	0	8200	9279	25	4,7	
				100	8200	10578	20	12,5	
				200	8200	11878	15	20,4	
		20	1	0	8200	9193	15	5,4	
				100	8200	10480	15	13,2	
				200	8200	11767	15	21,0	
			5	0	8200	9279	15	6,2	
				100	8200	10578	15	14,0	
				200	8200	11878	15	21,9	
		10	5	1	0	8400	9387	40	1,0
					100	8400	10701	25	8,5
					200	8400	12015	15	16,1
				5	0	8400	9559	35	2,6
					100	8400	10897	20	10,3
					200	8400	12235	15	18,0
	10			1	0	8400	9387	25	3,7
					100	8400	10701	20	11,4
					200	8400	12015	15	19,1
				5	0	8400	9559	20	5,3
					100	8400	10897	20	13,1
					200	8400	12235	15	21,0
	20		1	0	8400	9387	20	5,0	
				100	8400	10701	15	12,8	
				200	8400	12015	15	20,6	
			5	0	8400	9559	15	6,6	
				100	8400	10897	15	14,5	
				200	8400	12235	15	22,5	
	20		5	1	0	8800	9773	40	1,0
					100	8800	11141	20	8,5
					200	8800	12510	15	16,0

METODICKÉ POSTUPY PŘI APLIKACI SELEKČNÍHO PROGRAMU ZAMĚŘENÉHO
NA ZVYŠOVÁNÍ UŽITKOVOSTI RYB V PODMÍNKÁCH ČESKÉHO RYBÁŘSTVÍ

CRP (t)	PZR (%)	ΔG_{HM} (%)	ΔG_{POT} (%)	ZHP (kg.ha ⁻¹)	RT _P (tis. Kč)	T _{MAX} (tis. Kč)	EN (roky)	ZZ _{G7} (%.rok ⁻¹)		
200	20	5	5	0	8800	10117	30	4,1		
				100	8800	11534	20	11,8		
				200	8800	12950	10	19,6		
		10	1	0	8800	9773	25	3,3		
				100	8800	11141	20	11,0		
				200	8800	12510	15	18,6		
			5	0	8800	10117	20	6,3		
				100	8800	11534	20	14,3		
				200	8800	12950	10	22,2		
		20	1	0	8800	9773	20	4,4		
				100	8800	11141	15	12,2		
				200	8800	12510	15	19,9		
			5	0	8800	10117	15	7,5		
				100	8800	11534	15	15,4		
				200	8800	12950	10	23,4		
		500	0	5	-	0	20000	22500	30	3,2
						100	20000	25650	15	10,8
						200	20000	28800	10	18,3
10	-			0	20000	22500	20	6,3		
				100	20000	25650	15	14,1		
				200	20000	28800	10	21,9		
20	-			0	20000	22500	15	7,9		
				100	20000	25650	15	15,7		
				200	20000	28800	10	23,6		
5	5			1	0	20500	22983	30	3,2	
					100	20500	26201	15	10,7	
					200	20500	29418	10	18,3	
			5	0	20500	23198	30	4,0		
				100	20500	26446	10	11,6		
				200	20500	29694	10	19,2		
10	1		0	20500	22983	20	6,1			
			100	20500	26201	15	13,8			
			200	20500	29418	10	21,6			
	5	0	20500	23198	20	6,9				
		100	20500	26446	10	14,7				
		200	20500	29694	10	22,5				
20	1	0	20500	22983	15	7,5				
		100	20500	26201	15	15,3				
		200	20500	29418	10	23,1				

CRP (t)	PZR (%)	ΔG_{HM} (%)	ΔG_{POT} (%)	ZHP (kg.ha ⁻¹)	RT _P (tis. Kč)	T _{MAX} (tis. Kč)	EN (roky)	ZZ _{G7} (%.rok ⁻¹)				
500	5	20	5	0	20500	23198	15	8,3				
				100	20500	26446	10	16,2				
				200	20500	29694	10	24,1				
	10	5	1	5	0	21000	23466	30	3,1			
					100	21000	26752	10	10,7			
					200	21000	30037	10	18,2			
					5	5	0	21000	23897	25	4,7	
							100	21000	27242	10	12,4	
							200	21000	30588	10	20,1	
			10	10	1	10	0	21000	23466	20	5,8	
							100	21000	26752	10	13,5	
							200	21000	30037	10	21,2	
					5		10	0	21000	23897	20	7,4
								100	21000	27242	10	15,2
								200	21000	30588	10	23,1
		20	20	1	20	0	21000	23466	15	7,1		
						100	21000	26752	10	14,9		
						200	21000	30037	10	22,7		
				5		20	0	21000	23897	15	8,7	
							100	21000	27242	10	16,6	
							200	21000	30588	10	24,6	
		20	5	1	5	0	22000	24433	30	3,0		
						100	22000	27853	10	10,5		
						200	22000	31274	10	18,1		
						5	5	0	22000	25293	20	6,1
								100	22000	28834	10	13,8
								200	22000	32375	10	21,6
	10			1		10	0	22000	24433	20	5,3	
							100	22000	27853	10	13,0	
							200	22000	31274	10	20,6	
			5		10		0	22000	25293	20	8,3	
							100	22000	28834	10	16,3	
							200	22000	32375	10	24,2	
			20	1	20		0	22000	24433	15	6,5	
							100	22000	27853	10	14,2	
							200	22000	31274	10	21,9	
5	20			0		22000	25293	15	9,5			
				100		22000	28834	10	17,5			
				200		22000	32375	10	25,4			

METODICKÉ POSTUPY PŘI APLIKACI SELEKČNÍHO PROGRAMU ZAMĚŘENÉHO
NA ZVYŠOVÁNÍ UŽITKOVOSTI RYB V PODMÍNKÁCH ČESKÉHO RYBÁŘSTVÍ

CRP (t)	PZR (%)	ΔG_{HM} (%)	ΔG_{POT} (%)	ZHP (kg.ha ⁻¹)	RT _P (tis. Kč)	T _{MAX} (tis. Kč)	EN (roky)	ZZ _{G7} (%.rok ⁻¹)	
1000	0	5	-	0	40000	45000	30	4,0	
				100	40000	51300	10	11,5	
				200	40000	57600	10	19,1	
		10	-	0	40000	45000	20	7,1	
				100	40000	51300	10	14,9	
				200	40000	57600	10	22,6	
		20	-	0	40000	45000	15	8,6	
				100	40000	51300	10	16,5	
				200	40000	57600	10	24,3	
	5	5	1		0	41000	45966	30	3,9
					100	41000	52402	10	11,4
					200	41000	58837	10	19,0
			5		0	41000	46397	25	4,7
					100	41000	52892	10	12,3
					200	41000	59388	10	19,9
		10	1		0	41000	45966	20	6,8
					100	41000	52402	10	14,5
					200	41000	58837	10	22,3
			5		0	41000	46397	20	7,6
					100	41000	52892	10	15,4
					200	41000	59388	10	23,2
		20	1		0	41000	45966	15	8,2
					100	41000	52402	10	16,0
					200	41000	58837	10	23,8
			5		0	41000	46397	15	9,0
					100	41000	52892	10	16,9
					200	41000	59388	10	24,8
	10	5	1		0	42000	46933	30	3,8
					100	42000	53503	10	11,4
					200	42000	60074	10	18,9
			5		0	42000	47793	20	5,4
					100	42000	54484	10	13,1
					200	42000	61175	10	20,8
		10	1		0	42000	46933	20	6,5
					100	42000	53503	10	14,2
					200	42000	60074	10	21,9
			5		0	42000	47793	20	8,1
					100	42000	54484	10	16,0
					200	42000	61175	10	23,8

CRP (t)	PZR (%)	ΔG_{HM} (%)	ΔG_{POT} (%)	ZHP (kg.ha ⁻¹)	RT _P (tis. Kč)	T _{MAX} (tis. Kč)	EN (roky)	ZZ _{G7} (%.rok ⁻¹)
1000	10	20	1	0	42000	46933	15	7,8
				100	42000	53503	10	15,6
				200	42000	60074	10	23,4
			5	0	42000	47793	15	9,4
				100	42000	54484	10	17,3
				200	42000	61175	10	25,3
	20	5	1	0	44000	48866	30	3,7
				100	44000	55707	10	11,2
				200	44000	62548	10	18,7
			5	0	44000	50586	10	6,7
				100	44000	57668	10	14,5
				200	44000	64750	10	22,3
		10	1	0	44000	48866	20	6,0
				100	44000	55707	10	13,7
				200	44000	62548	10	21,3
			5	0	44000	50586	10	9,0
				100	44000	57668	10	16,9
				200	44000	64750	10	24,9
	20	1	0	44000	48866	15	7,1	
			100	44000	55707	10	14,8	
			200	44000	62548	10	22,5	
		5	0	44000	50586	10	10,1	
			100	44000	57668	10	18,1	
			200	44000	64750	10	26,1	
2000	0	5	-	0	80000	90000	30	4,3
				100	80000	102600	10	11,9
				200	80000	115200	10	19,4
		10	-	0	80000	90000	20	7,4
				100	80000	102600	10	15,2
				200	80000	115200	10	23,0
	20	-	0	80000	90000	15	9,0	
			100	80000	102600	10	16,9	
			200	80000	115200	10	24,7	
	5	5	1	0	82000	91933	30	4,2
				100	82000	104803	10	11,8
				200	82000	117674	10	19,3
5			0	82000	92793	20	5,1	
			100	82000	105784	10	12,7	
			200	82000	118775	10	20,3	

METODICKÉ POSTUPY PŘI APLIKACI SELEKČNÍHO PROGRAMU ZAMĚŘENÉHO
NA ZVYŠOVÁNÍ UŽITKOVOSTI RYB V PODMÍNKÁCH ČESKÉHO RYBÁŘSTVÍ

CRP (t)	PZR (%)	ΔG_{HM} (%)	ΔG_{POT} (%)	ZHP (kg.ha ⁻¹)	RT _P (tis. Kč)	T _{MAX} (tis. Kč)	EN (roky)	ZZ _{G7} (%.rok ⁻¹)	
2000	5	10	1	0	82000	91933	20	7,1	
				100	82000	104803	10	14,9	
				200	82000	117674	10	22,6	
			5	0	82000	92793	20	8,0	
				100	82000	105784	10	15,8	
				200	82000	118775	10	23,6	
		20	1	0	82000	91933	15	8,6	
				100	82000	104803	10	16,4	
				200	82000	117674	10	24,2	
			5	0	82000	92793	15	9,4	
				100	82000	105784	10	17,3	
				200	82000	118775	10	25,2	
	10	5	1	0	84000	93866	30	4,2	
				100	84000	107007	10	11,7	
				200	84000	120148	10	19,2	
			5	0	84000	95586	10	5,8	
				100	84000	108968	10	13,4	
				200	84000	122350	10	21,1	
		10	1	0	84000	93866	20	6,9	
				100	84000	107007	10	14,6	
				200	84000	120148	10	22,3	
			5	0	84000	95586	10	8,4	
				100	84000	108968	10	16,3	
				200	84000	122350	10	24,2	
		20	1	0	84000	93866	15	8,2	
				100	84000	107007	10	16,0	
				200	84000	120148	10	23,7	
			5	0	84000	95586	10	9,8	
				100	84000	108968	10	17,7	
				200	84000	122350	10	25,6	
		20	5	1	0	88000	97731	20	4,0
					100	88000	111414	10	11,6
					200	88000	125096	10	19,1
				5	0	88000	101172	10	7,1
					100	88000	115336	10	14,9
					200	88000	129500	10	22,6
	10		1	0	88000	97731	20	6,3	
				100	88000	111414	10	14,0	
				200	88000	125096	10	21,7	

CRP (t)	PZR (%)	ΔG_{HM} (%)	ΔG_{POT} (%)	ZHP (kg.ha ⁻¹)	RT _p (tis. Kč)	T _{MAX} (tis. Kč)	EN (roky)	ZZ _{G7} (%.rok ⁻¹)	
2000	20	10	5	0	88000	101172	10	9,3	
				100	88000	115336	10	17,3	
				200	88000	129500	10	25,2	
		20	1	5	0	88000	97731	15	7,5
					100	88000	111414	10	15,2
					200	88000	125096	10	22,9
			5	5	0	88000	101172	10	10,5
					100	88000	115336	10	18,5
					200	88000	129500	10	26,5

CRP – celková roční produkce tržních ryb; **PZR** – podíl zpracovávaných ryb na rybí produkty; ΔG_{HM} – selekční zisk u hmotnosti; ΔG_{POT} – selekční zisk u podílu opracovaného trupu; **ZHP** – změna hektarové produkce rybníků; **T_p** – roční tržby na počátku selekčního programu; **T_{MAX}** – maximální roční tržby v průběhu selekčního programu do sedmé generace selektovaných ryb; **EN** – ekonomická návratnost (doba, kdy se poprvé všechny kumulativně vynaložené náklady na selekční program vrátí ve zvýšených tržbách a dosáhneme tak kladného ekonomického výsledku); **ZZ_{G7}** – procentické vyjádření průměrného ročního zisku (změna zisku) po sedmi generacích (zhruba 40 let) selekčního programu oproti situaci před začátkem selekčního programu: $ZZ_{G7} = \text{kumulativní změna zisku za dané období}/40/T_p * 100$; **N** – selekční program je neefektivní.

Obrazová příloha



Obr. 4. (ze strany 27) Ukázka aplikace selekční výzvy při přímé selekci na hmotnost ryb. Vlevo jedinec pod hranicí selekčního prahu stanoveného na 500 g, vpravo jedinec nad hranicí selekčního prahu, jenž bude vybrán k založení nového generačního hejna ryb.



Obr. 5. (ze strany 27) Ukázka aplikace selekční výzvy při nepřímé selekci na hmotnost ryb u kapra obecného dle délky těla. Vlevo nahoře jedinec pod hranicí selekčního prahu stanoveného na 300 mm (vlevo dole detail délky těla); vpravo nahoře jedinec nad hranicí selekčního prahu, jenž bude vybrán k založení nového generačního hejna (vpravo dole detail délky těla).

OPONENT ZA STÁTNÍ SPRÁVU

Ing. Vladimír Gall

MZe Praha

Odbor rybářství, myslivosti a včelařství (16230)

Těšnov 17, 117 05 Praha 1

ODBORNÝ OPONENT

prof. Ing. Josef Dvořák, CSc.

MENDELU Brno, Agronomická fakulta, Ústav morfologie, fyziologie a genetiky zvířat
Zemědělská 1, 613 00 Brno

Osvědčení o uplatnění certifikované metodice

č. 002/21379/2010-16230 ze dne 27. 10. 2010

Vydalo:

Ministerstvo zemědělství, úsek lesního hospodářství, sekce lesního hospodářství,
odbor rybářství, myslivosti a včelařství, Těšnov 17, 117 05 Praha 1

Adresa autorského kolektivu:

Ing. Martin Kocour, Ph.D. (kocour@vurh.jcu.cz),

doc. Ing. Martin Flajšhans, Dr.rer.agr. (flajshans@vurh.jcu.cz),

Ing. David Gela, Ph.D. (gela@vurh.jcu.cz)

Ing. Martin Hulák, Ph.D. (hulak@vurh.jcu.cz),

Ing. Vojtěch Kašpar, Ph.D. (vkašpar@vurh.jcu.cz),

Ing. Marek Rodina, Ph.D. (rodina@vurh.jcu.cz),

prof. Ing. Otomar Linhart, DrSc. (linhart@vurh.jcu.cz)

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod,

Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz

a Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, Zátíší 728/II, 389 25 Vodňany,

www.frov.jcu.cz

V Edici Metodik (Technologická řada)

vydala Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod

Náklad: 200 ks, předáno do tisku 2010

Grafický design a technická realizace: Lukáš Páral



EVROPSKÝ RYBÁŘSKÝ FOND
INVESTICE DO UDRŽITELNÉHO RYBOLOVU

VYDÁNÍ PUBLIKACE BYLO USKUTEČNĚNO
ZA FINANČNÍ PODPORY PROJEKTU OP RYBÁŘSTVÍ:
PŘÍPRAVA A VYDÁNÍ METODICKÝCH PUBLIKACÍ V ROCE 2010
(reg. č. CZ.1.25/3.1.00/10.00303)



ISBN 978-80-87437-08-7