

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



---

Fakulta  
tělesné kultury

**POROVNÁNÍ VÝKONŮ V OBRÁTKOVÝCH ÚSECÍCH U ELITNÍCH  
ČESKÝCH A SVĚTOVÝCH PLAVCŮ S PLOUTVEMI V  
DISCIPLÍNÁCH 100 A 200 METRŮ BI-FINS.**

Diplomová práce

Autor: Bc. Endy Agalliu

Studijní program: Trenérství a management sportu

Vedoucí práce: doc. PhDr. Zbyněk Svozil, Ph. D.

Olomouc 2023

## Bibliografická identifikace

**Jméno autora:** Bc. Endy Agalliu

**Název práce:** Porovnání výkonů v obrátkových úsecích u elitních českých a světových plavců s ploutvemi v disciplínách 100 a 200 metrů Bi-Fins.

**Vedoucí práce:** doc. PhDr. Zbyněk Svozil, Ph. D.

**Pracoviště:** Katedra společenských věd v kinantropologii

**Rok obhajoby:** 2023

### Abstrakt:

Videoanalýza je důležitým diagnostickým nástrojem v mnoha sportech. V plavání s ploutvemi však nebyl její potenciál plně využit a podobné studie zde chybí. Cílem této diplomové práce bylo posoudit výkony elitních českých a světových plavců s ploutvemi dosažených v obrátkových úsecích 100 a 200 metrů Bi-Fins. Byl také posouzen vztah dílčích částí s výsledným časem dosaženým v obrátkovém úseku u elitních českých i světových plavců v obou disciplínách. Pro účely tohoto výzkumu byly analyzovány videozáznamy finálových závodů 100 a 200 m Bi-Fins z Mistroství České republiky v Pardubicích 2022 a z Mistroství světa v Cali 2022 na 50 m bazénu. V disciplínách 100 a 200 m Bi-Fins ženy i muži byly zjištěny signifikantní rozdíly mezi elitními českými a zahraničními plavci téměř ve všech výkonnostních parametrech. Dále byla provedena korelační analýza dílčích částí s výsledným časem obrátkového úseku se záměrem zjistit, která z dílčích částí nejvíce ovlivňuje výsledný čas obrátkového úseku. V disciplíně 100 m Bi-Fins na MČR byla prokázána silná korelace dílčí části čas 5-15 m po obrátce u žen a mužů ( $r=0,93$ ;  $r=0,78$ ) s výsledným časem obrátkového úseku, zatímco na MS to byla dílčí část čas 5 m před obrátkou u žen a mužů ( $r=0,87$ ;  $r=0,81$ ). V disciplíně 200 m Bi-Fins ženy na MČR s výsledným časem obrátkového úseku nejvíce korelovala dílčí část čas 5-15 m po obrátce, kdežto na MS dílčí části vykázaly pouze slabou a středně silnou míru korelace ( $r=0,30$ ;  $r=0,51$ ;  $r=0,56$ ). U elitních českých i světových plavců v disciplíně 200 m Bi-Fins muži nejvíce korelovala s výsledným časem v obrátkovém úseku stejná dílčí část čas 5-15 m po obrátce ( $r=0,97$ ;  $r=0,95$ ). Z výsledků vyplývá, že největší rozdíly mezi elitními českými a světovými plavci a plavkyněmi s ploutvemi jsou ve vzdálenosti a v rychlosti ve fázi pod hladinou. Na základě těchto zjištění by se trenéři a sportovci měli v tréninku zaměřit především na efektivní pohyb ve fázi pod hladinou, který se u obou disciplín i pohlaví jeví jako kritický z hlediska celkového výkonu v obrátkových úsecích.

**Klíčová slova:** plavání s ploutvemi, Bi-Fins, videoanalýza, obrátkový úsek, podvodní strategie

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovnických služeb.

## **Bibliographical identification**

**Author:** Bc. Endy Agalliu  
**Title:** Comparison of performances in turning sections of elite Czech and world fin swimmers in 100 and 200 m Bi-Fins.

**Supervisor:** doc. PhDr. Zbyněk Svozil, Ph. D.  
**Department:** Department of Social Sciences in Kinanthropology  
**Year:** 2023

### **Abstract:**

Videoanalysis is an important diagnostic tool in many sports. In fin swimming its potential has not been fully exploited and similar studies are not available. The aim of this thesis was to assess the performances of elite Czech and world fin swimmers achieved in the 100 and 200 m Bi-Fins turning sections. The relationship of the sub-parts with the final time achieved in the turning section by elite Czech and world swimmers in both events was also assessed. For this research, video recordings of the 100 and 200 m Bi-Fins finals from the Czech Republic Championships in Pardubice 2022 and the World Championships in Cali 2022 in the 50 m pool were analyzed. Significant differences between elite Czech and foreign swimmers in almost all performance parameters were found in the 100 and 200 m Bi-Fins women's and men's events. Furthermore, a correlation analysis of the subparts with the final turn time was performed with the intention to determine which subpart most influences the final turn time. In the 100 m Bi-Fins event at the Czech Championships, a strong correlation of the sub-part time 5-15 m after the turn in women and men ( $r=0,93$ ;  $r=0,78$ ) with the final time of the turning section was demonstrated, while at the World Championships it was the sub-part time 5 m before the turn in women and men ( $r=0,87$ ;  $r=0,81$ ). In the 200 m Bi-Fins women's event at the Czech Championships, the sub-part time 5-15 m after the turn was the most correlated with the final time of the turning section, whereas at the World Championships the sub-part showed only weak and moderate correlation ( $r=0,30$ ;  $r=0,51$ ;  $r=0,56$ ). For the elite Czech and world swimmers in the 200 m Bi-Fins men's event, the same sub-part time 5-15 m after the turn was the most correlated with the final time in the turning section ( $r=0,97$ ;  $r=0,95$ ). The results show that the biggest differences between the elite Czech and world swimmers and female swimmers with fins are in distance and speed in the underwater phase. Based on these findings, coaches and athletes should focus their training primarily on efficient movement in the underwater phase, which appears to be critical for both disciplines and genders in terms of overall performance in the turning sections.

**Keywords:** fin swimming, Bi-Fins, videoanalysis, turning section, underwater strategy

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracoval samostatně pod vedením doc. PhDr. Zbyňka Svozila, Ph. D., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 16. dubna 2023

.....

Děkuji vedoucímu práce doc. PhDr. Zbyňku Svozilovi, Ph. D. za pomoc, cenné rady a vstřícnost při konzultacích, které mi poskytnul při zpracování mé diplomové práce. Také bych chtěl poděkovat Mgr. Tomášovi Michalicovi za konzultace a doporučení, které mi poskytnul.

## OBSAH

Obsah .....	7
1 Úvod .....	9
2 Přehled poznatků .....	10
2.1 Charakteristika plavání s ploutvemi .....	10
2.1.1 Historie plavání s ploutvemi .....	10
2.2 Plavání s ploutvemi (PP) .....	11
2.3 Rychlostní potápění (RP) .....	13
2.4 Bi-Fins .....	14
2.4.1 Technika plavání v disciplíně Bi-Fins .....	14
2.5 Fyzikální základy plavání.....	16
2.5.1 Hydrostatické síly .....	17
2.5.2 Hydrodynamické síly .....	18
2.6 Videoanalýza ve vodních sportech.....	21
2.6.1 Videoanalýza v závodním plavání .....	21
2.6.2 Videoanalýza v plavání s ploutvemi .....	22
2.7 Obecné části plaveckého závodu .....	22
2.7.1 Startovní úsek .....	22
2.7.2 Plavecký úsek .....	28
2.7.3 Obrátkový úsek .....	28
2.7.4 Finiš .....	29
2.8 Základní pojmy .....	30
2.8.1 Plavecký cyklus.....	30
2.8.2 Plavecký krok.....	30
2.8.3 Plavecká propulze .....	30
2.8.4 Čas dosažený v obrátkovém úseku .....	31
2.8.5 Rychlost v průběhu obrátkového úseku .....	31
2.8.6 Čas strávený pod hladinou.....	31
2.8.7 Vzdálenost pod hladinou .....	32
2.9 Technika kotoulové obrátky .....	32

2.9.1	Fáze kotoulové obrátky .....	33
3	Cíle .....	36
3.1	Hlavní cíl .....	36
3.2	Dílčí cíle .....	36
3.3	Hypotézy .....	36
3.4	Výzkumné otázky .....	36
4	Metodika .....	37
4.1	Metody zpracování dat .....	38
4.2	Metody vyhodnocení dat .....	39
4.2.1	Statistické zpracování dat .....	40
5	Výsledky .....	41
5.1	Porovnání dílčích výkonnostních parametrů v obrátkovém úseku elitních českých a světových plavců s ploutvemi v disciplíně 100 m Bi-Fins a 200 m Bi-Fins .....	41
5.1.1	Rozdíly mezi ženami v disciplíně 100 m Bi-Fins .....	41
5.1.2	Rozdíly mezi muži v disciplíně 100 m Bi-Fins .....	42
5.1.3	Rozdíly mezi ženami disciplíně 200 m Bi-Fins. ....	42
5.1.4	Rozdíly mezi muži disciplíně 200 m Bi-Fins. ....	42
5.2	Vliv dílčích výkonnostních parametrů na celkový výkon v obrátkovém úseku. ....	47
5.2.1	Výkony žen v obrátkovém úseku v disciplíně 100 m Bi-Fins na MČR a MS .....	47
5.2.2	Výkony mužů v obrátkovém úseku v disciplíně 100 m Bi-Fins na MČR a MS ....	48
5.2.3	Výkony žen v obrátkovém úseku v disciplíně 200 m Bi-Fins na MČR a MS .....	49
5.2.4	Výkony mužů v obrátkovém úseku v disciplíně 200 m Bi-Fins na MČR a MS ....	50
6	Diskuse .....	51
7	Závěry .....	53
8	Souhrn .....	54
9	Summary .....	55
10	Referenční seznam .....	56
11	Seznam obrázků .....	62
12	Přílohy .....	63

# 1 ÚVOD

Plavecký závod může být rozdělen na cyklické a acyklické úseky. Acyklický úsek zahrnuje startovní a obrátkový úsek. Tyto úseky jsou považovány za velmi důležité pro plavce, protože zde dosahují největší rychlosti, což může ovlivnit konečný výsledek závodu (Marinho et al., 2020; Veiga et al., 2014). Dle Polacha et al. (2019) je obrátkový úsek druhou nejdelší částí z celkového času a plavci zde tráví 20% až 38% času při disciplínách 50 až 1500 metrů volným stylem (Maglischo, 2003). Protože právě obrátkový úsek představuje značnou část výsledného času plaveckého závodu, bude se tato práce zaměřovat na porovnání výkonů českých a elitních světových plavců s ploutvemi dosažených v obrátkových úsecích v disciplínách 100 a 200 m Bi-Fins.

Disciplína Bi-Fins je jednou z dílčích disciplín plavání s ploutvemi a je označována jako nejnovější. Vzhledem k tomu, že je tato disciplína relativně nová, tak zde nebylo plně využito potenciálu záznamové techniky a také se touto disciplínou zatím nezabývá tolik vědeckých studií jako při klasickém plavání. Díky tomu může být tato práce velmi přínosná.

Tato práce je rozdělena do dvou částí. V první části práce se budu věnovat teoretickému rámci, kde představím plavání s ploutvemi jako sportovní disciplínu, její historii, vývoj a její dílčí disciplíny. Dále budu analyzovat specifika plavání s ploutvemi a faktory, které mohou ovlivnit závodní výkon a výkon v obrátkovém úseku. Druhá část práce je praktická. Zde provedu analýzu výkonů v obrátkových úsecích elitních českých a světových plavců s ploutvemi dosažených v disciplínách 100 a 200 m Bi-Fins. Získaná data ze stanovených výkonnostních parametrů obrátkového úseku mezi sebou porovnáám, provedu statistické výpočty a zhodnotím případné rozdíly.

Výzkum této problematiky může přinést důležité poznatky nejen pro trenéry a tréninkový proces plavců s ploutvemi, ale také pro celkové pochopení specifík tohoto sportu. Vzhledem k tomu, že plavání s ploutvemi je jako celek relativně novou sportovní disciplínou, může tato práce přispět i k jejímu rozvoji a zlepšení závodních výkonů plavců.

Studie vznikla v rámci projektu IGA (IGA\_FTK\_2022\_008) „Analýza vnitřních mechanismů plaveckého závodního výkonu: porozumění výkonnosti u elitních světových a českých plavců a plavců s ploutvemi“.



## 2 PŘEHLED POZNATKŮ

### 2.1 Charakteristika plavání s ploutvemi

Sportovní disciplína „plavání s ploutvemi“ je definována jako plavání s jednou ploutví (tzv. Monofin) nebo se dvěma ploutvemi (tzv. Bi-Fins) a jedná se o nejrychlejší pohyb člověka ve vodě pomocí vlastních sil. Nejrychlejší plavci mohou dosahovat rychlosti až 14 km/h (Hue et al., 2006). Kromě ploutví plavci využívají i dalšího vybavení, které přímo souvisí se zvolenou konkrétní disciplínou. Plavání s ploutvemi je sportovní disciplína, která může probíhat jak na hladině s využitím dýchací trubice, tak pod vodou se zadržením dechu (Apnea) nebo s tlakovou láhví (Immersion) (*Finswimming CMAS Rules*, 2023).

Plavání s ploutvemi je svými dílčími disciplínami a pravidly velmi podobné klasickému plavání. Plavci jsou zde však vybaveni ploutvemi, dále pak dýchacími trubicemi a plaveckými brýlemi. V některých případech plavci používají i masky z plexiskla tvarované podle obličeje závodníka. Pro muže je běžné použití krátkých plavek, zatímco ženy obvykle nosí plavky jednodílné nebo dvoudílné závodního typu. Použití celotělových nebo nohavičkových plavek je povoleno, musí však být schváleny Mezinárodní asociací potápěčů (Plavání s ploutvemi, n.d.).

Plavání s ploutvemi se rozlišuje na tři základní způsoby plavání: plavání s ploutvemi, rychlostní potápění a Bi-Fins. Tyto způsoby plavání se od sebe liší plaveckou technikou, použitým vybavením plavce a také vzdáleností závodu.

#### 2.1.1 Historie plavání s ploutvemi

Sportovní potápění se začalo rozvíjet od roku 1933, kdy francouzský vynálezce de Corlieu vynalezl první ploutve. Ty se staly základním a nejpoužívanějším prostředkem pohybu pod vodou. Potápěčský sport jako takový se však začal rozvíjet až na přelomu čtyřicátých a padesátých let 20. století, kdy nebyly disciplíny sjednoceny a záleželo pouze na organizátorech jednotlivých soutěží, jaké disciplíny vyberou a jaká pravidla vymyslí. Soutěže se obvykle skládaly z plavání pod vodou na nádech, z obratnostních cvičení a plavání pod vodou s přístrojem. S postupem času se začalo soutěžit i na mezinárodní úrovni především v orientačním plavání a distančním plavání s ploutvemi (Historie plavání s ploutvemi, n.d.).

Dle Dvořákové a Svozila (2005) plavání s ploutvemi (PP) a rychlostní potápění (RP) jsou nejnovější disciplíny potápěčského sportu. Tyto disciplíny vznikly z orientačních a distančních vícebojů, ze kterých byly oddělovány převážně sprinterské části, a postupně se přesouvaly do plaveckých bazénů.

První evropské medaile byly rozděleny v roce 1967 v italské Angeře, kde se ještě soutěžilo v obou disciplínách současně, tedy na 40 metrů na nádech a vytrvalostním závodě na 1000 metrů. V roce 1968 však došlo k jejich úplnému rozdělení a od roku 1969 se místa konání mistrovství v plavání s ploutvemi a orientačním potápění liší (Historie plavání s ploutvemi, n.d.).

První mistrovství světa se v tomto sportu konalo v roce 1976 v německém Hannoveru. Od roku 1981 jsou součástí Světových her a také patří mezi volitelné olympijské sporty (Dvořáková & Svozil, 2005).

Dvořáková a Svozil (2005) uvádějí, že v České republice se plavání s ploutvemi a rychlostní potápění stalo oblíbeným sportem již od šedesátých let 20. století. První závody se začaly pořádat v Praze a v Ústí nad Labem. Jedním z nejstarších závodů, který se pořádá až do současnosti, je soutěž družstev Potápěčská liga, kterou pořádá Klub sportovních potápěčů v Olomouci už od roku 1968. Od roku 1971 se také pořádají mistrovství republiky v individuálních závodech, které se každoročně konají v různých městech po celé České republice.

Tento sport je tedy relativně nový a patří do odvětví potápěčských sportů, které zastřešuje Mezinárodní potápěčská federace CMAS (Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques), pořádající soutěže na světové a kontinentální úrovni (Gower, 2020). V České republice je tento sport pod záštitou Svazu potápěčů České republiky.

## 2.2 Plavání s ploutvemi (PP)

Disciplína PP se plave v bazénech a plavci mohou plavat ve vzdálenostech od 50 metrů do 1500 metrů. Mají možnost plavat i štafetový závod na 4x50 (smíšený), 4x100 a 4x200 metrů.

Povinná výstroj plavce se skládá z monoploutve, anebo ze dvou ploutví a dýchací trubice, kterou musí mít během celého závodu. Povoleny jsou dýchací trubice pouze s kruhovým průřezem s minimálním vnitřním průměrem 15 mm a maximálním vnitřním průměrem 23 mm. Minimální délka dýchací trubice je stanovena na 430 mm a maximální délka na 480 mm. Všechno vybavení včetně plavek má předepsané rozměry podle pravidel a podléhá homologaci CMAS (*Finswimming CMAS Rules*, 2023).

Během celého závodu je plavec povinen nějakou částí těla nebo výstroje protínat hladinu vody (obrázek 1) vyjma fáze pod hladinou po startu a po obrátce do vzdálenosti 15 metrů (Dvořáková & Svozil, 2005).

Plavec v této disciplíně využívá převážně techniku delfínového vlnění. Tento pohyb je uspořádaný podobně jako u kytovců. Síla, která pohání plavce vpřed je generována především trupem a dolními končetinami. Horní končetiny nejsou přímo zapojeny do pohybu v uzavřeném kinetickém řetězci, ale mohou ovlivnit jeho dynamiku. V plavání s ploutvemi jsou akrální části

dolních končetin ještě zvětšeny pomocí ploutví nebo monoploutví. Tyto ploutve jsou elastické a navrženy tak, aby zde doznívala tzv. horizontální vlna. Tato vlna začíná v ramenním pletenci a postupně se šíří celým tělem až do akrálních částí. Použití ploutví či monoploutví při delfínovém vlnění dále plavci umožňuje dosáhnout maximálního působení propulzních sil pro posun vpřed (Kračmar et al., 2008).



Obrázek 1. Technika plavání s ploutvemi (PP) (Plavání s ploutvemi, n.d.)

## 2.3 Rychlostní potápění (RP)

Stejně jako předchozí disciplína PP se i disciplína RP plave v bazénech, a to ve vzdálenosti 50 metrů až 800 metrů. Plavci v této disciplíně využívají převážně monoploutev, ale dle pravidel mohou využít i dvě ploutve. Dle Dvořákové a Svozila (2005) se disciplíny 100, 400 a 800 metrů RP plavou s tlakovou láhví (obrázek 2), přičemž každá má jiný objem. Disciplína 800 metrů RP je však vyloučena z oficiálních závodů, ale je stále součástí mítinků (Rychlostní potápění, n.d.). Objem tlakové láhve závisí na délce překonávané tratě. Jediná disciplína, kterou je možné plavat pouze na nádech a bez dýchací trubice, je 50 metrů RP. Muži i ženy zde dosahují nejvyšší rychlosti, kterou může člověk ve vodě vyvinout vlastní silou, tedy až 3,3 metry za sekundu (Dvořáková & Svozil, 2005).

Všechny disciplíny RP se mohou plavat libovolným plaveckým způsobem, plavec však musí být po celou dobu závodu ponořen pod vodou (obrázek 2). Plavec v této disciplíně opět využívá převážně techniku delfínového vlnění, která je nejrychlejší. Je to náročná disciplína, ve které rozhoduje dovednost plavce správně uchopit dýchací přístroj a manipulovat s ním při kotoulových obrátkách. Důležité je také správně načasovat vyplavání na hladinu a přenesení horní části těla i s dýchacím přístrojem do nového směru plavání. Při každém obratu se závodník musí dotknout stěny bazénu jakoukoliv částí těla nebo výstroje. Ve finišovém úseku se při dohmatu může dotknout jakoukoliv částí těla, nikoliv však tlakovou láhví (Rychlostní potápění, n.d.).



Obrázek 2. Technika rychlostního potápění (RP) (Kremmer, 2016)

## 2.4 Bi-Fins

Disciplína se dvěma ploutvemi (Bi-Fins) má jen krátkou historii. V tomto závodě má plavec ploutev na každé noze, jejich délka může být maximálně 65 cm. Tyto ploutve však vyrábí pouze čtyři výrobci a existuje asi 20 druhů těchto ploutví, které jsou certifikované federací CMAS (Kokai, n.d.). Kromě ploutví je plavec povinen v této disciplíně používat i dýchací trubici. Plavec může dále využít stejné vybavení jako v disciplíně PP, které je schválené mezinárodní federací CMAS (Bi-Fins, n.d.).

Bi-Fins se staly součástí programu MS a ME v roce 2007. Od tohoto roku však byla přijata pouze disciplína, kdy plavec musí plavat na hladině, s výjimkou 15metrového pásma po startu a obrátce, a to plaveckým způsobem kraul. V této disciplíně si je možné vybrat ze čtyř individuálních disciplín: 50, 100, 200, 400 metrů. Disciplína 400 metrů Bi-Fins byla nicméně přidána až v roce 2017. V tomto roce byla také poprvé uvedena smíšená štafeta 4 x 100 Bi-Fins (Bi-Fins, n.d.).

### 2.4.1 Technika plavání v disciplíně Bi-Fins

Pojmem technika se rozumí „způsob řešení pohybového úkolu v souladu s pravidly příslušného sportu, biomechanickými zákonitostmi a pohybovými možnostmi sportovce“ (Dovalil, 2009, p. 171). Dle Taorminy a Gainese (2014) je technika v plavání nejdůležitějším faktorem plaveckého výkonu. Lze zde aplikovat pravidlo 80/20, což znamená, že technika tvoří 80% plavání, zatímco síla, kondice a antropometrické údaje plavce pouze 20 %. I když jsou síla a kondice v plavání také důležité, tak bez správné techniky jsou velmi málo účinné.

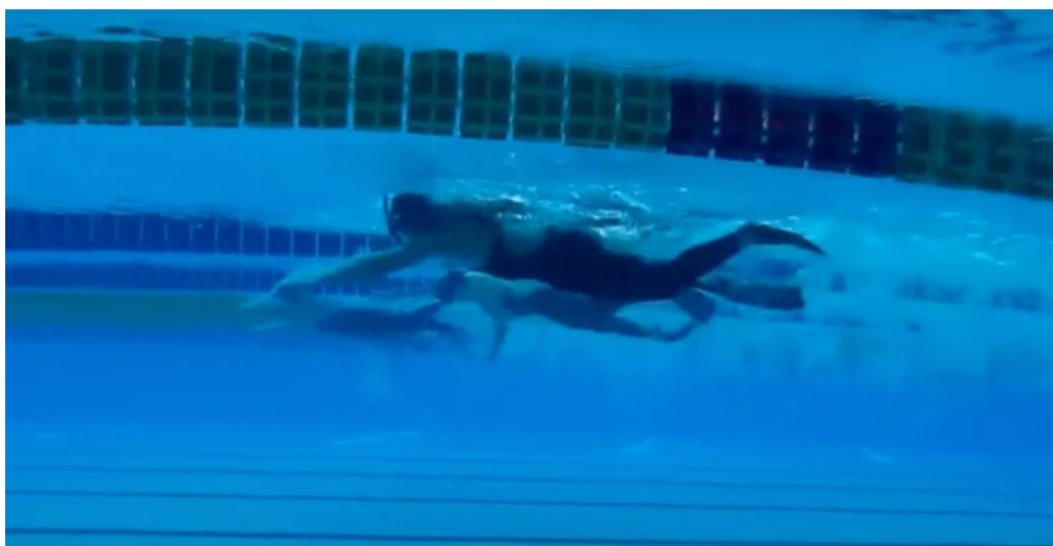
V disciplíně Bi-Fins má plavec možnost po startu a po obrátkách plavat pod vodou jakoukoliv technikou, poté však musí pokračovat střídavými pohyby nohou a paží v poloze na břiše tzv. kraulem (obrázek 3) (Bi-Fins, n.d.). Dle Hofera (2016) je kraul jedním z nejstarších pohybů člověka ve vodě. Tento pohyb nejspíše vznikl napodobováním pohybů zvířat ve vodě. Jeden z nejznámějších takových pohybů je např. čubička či pudl. V dnešní době je kraul nejrychlejším plaveckým způsobem. Dle Baye (2016) je důležité, aby byla kraulová technika prováděna správně. Správné provedení převážně závisí na třech parametrech: délce záběru, rotaci a uvolnění. Při dodržení všech tří parametrů kraulové techniky člověk spotřebuje méně energie než při ostatních plaveckých způsobech.

Stálá rychlost plavání kraulovou technikou je způsobena střídavou prací horních a dolních končetin. Horní končetiny se přenášejí vpřed vzduchem, což má za následek minimální brzdící účinek (Hofer, 2016). Dle Neulse et al. (2018) se paže do vody zasouvají uvolněné a natažené směrem vpřed. První se do vody zanořují prsty, poté předloktí a loket. Záběr je proveden podél

esovité křivky pod tělem. Jako první vystupuje z vody loket. Během přenosu jsou paže uvolněné a ohnuté v lokti. Existuje však i varianta s nataženými lokty. Dolní končetiny provádějí kmitavé a vlnovité pohyby, které vytvářejí velkou sílu a posouvají plavce vpřed. Tyto pohyby vycházejí z kyčelních kloubů, přes kolena až do hlezenních kloubů a provádí se pod hladinou vody (Taormina, 2018). Dle Baye (2016) správně provedený kop poskytuje plavci nejen hnací sílu, ale pomáhá mu i udržovat stabilitu.

Dle Hofera (2016) je poloha těla při kraulové technice mírně nakloněná, s rameny výše než boky. Nejníže se nachází spodní část hrudníku. Při plavání se plavec dívá pod hladinou dopředu dolů a jeho temeno hlavy rozráží vodní hladinu. Rychlé a efektivní plavání je tedy závislé na vysoké poloze těla ve vodě, kdy nohy, boky a chodidla jsou ve stejné vodorovné linii u hladiny (Newsome & Young, 2012).

V disciplíně Bi-Fins je důležité, aby všechny tyto komponenty kraulové techniky byly v souladu, primárně tedy souhra horních a dolních končetin. Na jeden cyklus pažemi připadá šest kopů, což zajišťuje optimální harmonii. Paže mohou být natažené či ohnuté v lokti, zaleží však na typu závodníka. Pro sprintery je charakteristická právě natažená paže, zatímco u středotračů a dálkařů paže ohnutá. Nelze však jednoznačně říct, která z těchto technik je lepší, a plavci by je proto měli obě ve svém tréninku procvičovat (Kokai, n.d.).



Obrázek 3. Technika Bi-Fins (Tomsk, 2017)

## 2.5 Fyzikální základy plavání

Čechovská a Miler (2008) uvádějí, že znalost fyzikálních zákonitostí, je důležitá pro kvalitní pochopení techniky jednotlivých plaveckých způsobů. S tímto tvrzením se shodují i Neuls et al., (2018, p. 10), kteří ve své knize uvádějí: „znalost fyzikálních základů plavání považujeme za nezbytnou zejména ve vztahu ke správné technice plavání, ať už v plavecké výuce nebo v technické přípravě v rámci plaveckého sportovního tréninku“. Giehrla a Hahn (2005) uvádějí, že fyzikální zákony ovlivňují pohyb a pobyt ve vodě, což může mít významný vliv na výukový proces a cvičení ve vodě.

Abychom dokázali své tělo ve vodě správně ovládat, je důležité pochopit vzájemné interakce mezi lidským tělem a vodou. Jejich porozuměním můžeme maximalizovat příznivé účinky vody a současně minimalizovat negativní účinky (Hines, 2008). Pohyb člověka ve vodě je výsledkem vzájemného působení tělesných segmentů s vodou. Na souši člověk působí silou proti zemi, která je pevnou a nepohyblivou oporou, zpětná reakce od země pak umožní člověku vykonat pohyb. Při plavání plavec nemá pevnou oporu a musí si ji vytvořit překonáváním odporových sil (Vorontsov a Romyantsev, 2000). Dle Hinese (2008) i elitní plavci pro překonání odporových sil spotřebují kolem 90% své energie a necelých 10% využijí pro pohyb vpřed.

Neuls et al. (2018, p. 18) uvádějí, že „v plavání se setkáváme především s aplikacemi mechaniky (hydromechaniky). Zákony hydromechaniky jsou odvozeny z Newtonovy mechaniky a můžeme je rozdělit na hydrostatiku a hydrodynamiku (Haller a Murphy, 2020). „Hydrostatika pojednává o zákonitostech souvisejících s možností vznášení a vodorovné polohy těla ve vodě a hydrodynamika se zabývá problematikou pohybu člověka ve vodě“ (Čechovská a Miler, 2008, p. 34). Aby se plavci mohli pohybovat ve vodě, je také důležitá kombinace odporových a vztlakových sil (Orlick a González del Campo Román, 2009).

Odporem se rozumí odpor vody, který působí proti pohybu plavce. Voda je tisíckrát hustší než vzduch a na pohyby plavce tak působí mnohem větší odpor než na ostatní sportovce sportující na suchu. Odpor vznikne tím, že dojde ke změně tlaku vody před plavcem a za plavcem. Před plavcem se tlak vody zvýší, a pokud svoji silou tento tlak nepřekoná, je plavec tažen zpět do oblasti s nízkým tlakem, který je za ním, a jeho pohyb vpřed se tak zpomalí (Maglischo, 2003).

Vztlak můžeme charakterizovat jako sílu, která působí kolmo na tělo plavce, tedy směrem vzhůru (Maglischo, 2003). Giehrl a Hahn (2005, p. 16) uvádějí, že „naše tělo se vznáší ve vodě, jestliže jeho hmotnost a hmotnost vytlačené vody jsou stejné.“ Pokud však dojde k nějakému rozdílu mezi těmito veličinami, pak je tělo plavce vytlačováno z vody ven, anebo padá ke dnu (Giehrl & Hahn, 2005).

### **2.5.1 Hydrostatické síly**

Hydrostatický tlak působí kolmo na tělo plavce. Čím hlouběji je plavec, tím větší hydrostatický tlak na něj působí (Motyčka, 2001). Dle Neulse et al., (2018) tento tlak plavec vůbec nemusí vnímat, pohybuje-li se na hladině. Plavec jej totiž dokáže překonat silou svých dýchacích svalů. Hydrostatický tlak způsobuje zvýšenou vnější zátěž na hrudník, čímž dochází ke zvýšenému odporu při nádechu (Leahy et al., 2019). Touto problematikou se zabýval také Hofer (2016) který uvádí, že při vdechu musí plavec překovávat hydrostatický tlak působící na hrudník silou dýchacích svalů, čímž dochází k rozvoji dechových funkcí. I přesto, že je hydrostatický tlak slabý, může svým působením ovlivnit nácvik základních plaveckých dovedností, mezi které řádíme například dýchání do vody, potápění nebo ponoření (Čechovská a Miler, 2008).

Podle Motyčky (2001) na tělo plavce působí kromě hydrostatického tlaku také hydrostatický vztlak. Neuls et al. (2018, p. 19) uvádějí, že „hydrostatický vztlak je projevem rozdílu tlaků, které působí na části těla ponořené v různých hloubkách“. Tato síla působí v geometrickém středu těla proti gravitaci. Velikost této síly je dána objemem ponořeného těla, tedy Archimedovým zákonem. Díky hydrostatickému vztlaku je tělo ve vodě nadlehčováno, což má pozitivní účinky při rehabilitaci či regeneraci (Neuls et al., 2018).

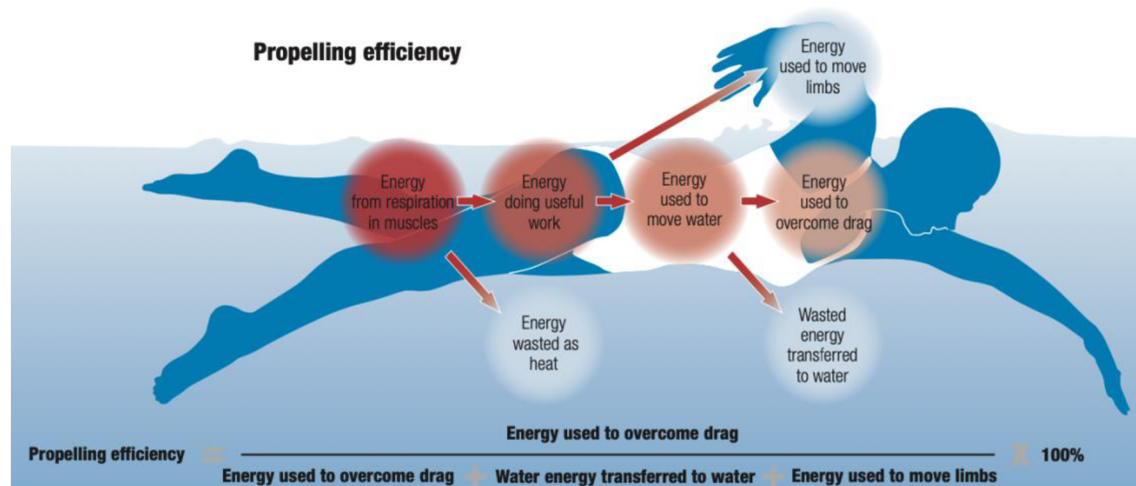
Jak již bylo zmíněno výše, jestliže se tělo vznáší u hladiny nebo padá ke dnu, závisí na rozdílu mezi hmotností těla a hmotností vytlačené vody (Giehrl a Hahn, 2005). Čechovská a Miler (2008, p. 35) uvádějí, že „čím větší je objem těla a menší jeho hmotnost, tím větší je jeho vztlak“. Tělo plavce se volně vznáší ve vodě v případě, že dojde k vyrovnání těchto sil. Je-li hustota vody nižší než hustota těla, tak tělo plavce klesá ke dnu. Tělo plavce vyplave na hladinu, pokud je hustota vody vyšší než jeho tělo (Neuls et al., 2018). Dle Hofer (2016) se hustota těla mění s věkem. Nejmenší hustotu těla má kojeneček, a naopak nejvyšší hustotu má člověk ve středním věku. Kromě věku je rozdíl v hustotě těla i mezi pohlavími, kdy ženské tělo má menší hustotu a mužské tělo vyšší, což je z velké části způsobeno větším množstvím svalové hmoty. Dle Neulse et al., (2018) má na hustotě těla velký podíl i vitální kapacita plic. Při nádechu dochází ke zvětšení objemu plavcova těla a jeho hustota se tak zmenšuje. Z toho plyne, že dýchání má velký vliv na to, zda se bude tělo plavce vznášet na hladině nebo padat ke dnu (Hofer, 2016).

Voda a její hustota je ovlivněna teplotou a rozpuštěnými mineráliemi. S vyšší teplotou hustota klesá (Hofer, 2016). Dle Neulse et al., (2018) to na vznášení těla ve vodě nemá téměř žádný vliv. Větší vyznám na vznášení těla ve vodě však připisuje množství rozpuštěných minerálních látek, zejména solí.



## 2.5.2 Hydrodynamické síly

Jestliže se chce plavec rychle pohybovat ve vodě, je velmi důležité dodržování hydrodynamických pravidel. Z hydrodynamického hlediska není naše tělo velmi dobře přizpůsobené pro pohyb ve vodě, a proto musíme polohu a pohyby našeho těla a končetin přizpůsobit vodnímu prostředí (Brooks, 2011). Dle Colwina (2002) různé polohy a pohyby těla a paží mohou vytvářet tlakové změny, vlny a víry, které pro plavce představují větší odpor, se kterým se musí vyrovnat. Důležité je tedy, aby tělo plavce bylo ve správné poloze, což sníží hydrodynamický odpor a zároveň umožní plavci co nejefektivněji kopat nohama a provést záběr pažemi. Dle McConnella (2011) je velmi důležité, abychom při plavání maximálně zvýšili účinnost kopů a záběrů a tuto hnací sílu končetin využili pro pohyb vpřed. Efektivitu plavání lze vyjádřit mnoha způsoby. Nejlepším způsobem je vyjádřit ji pomocí účinnosti pohonu (obrázek 4) (Mullen, 2018). Dle Hofera (2016) lze účinnost pohonu „...v nejširším slova smyslu pojímat jako podíl plaveckého výkonu a stupně rozvoje některé z pohybových schopností, jež s výkonem souvisí (např. síly a vytrvalosti), jako příkonu“ (p. 7).



Obrázek 4. Účinnost pohonu (Mullen, 2018).

Neuls et al. (2018) uvádějí, že hydrodynamické síly jsou vytvářeny prouděním vody kolem těla plavce. Tyto síly mají odlišný účinek na různých částech těla. Na distálních částech horních a dolních končetin během záběrového cyklu slouží jako zdroj propulze, tj. pohonné síly pro pohyb. Na částech těla, které se neúčastní aktivního pohybu, jako je hlava a trup a na částech horních a dolních končetin, které nevytvářejí pohonnou sílu během záběrové fáze, působí tyto síly jako odpor proti pohybu. Dále tyto síly společně s hydrostatickým vztlakem ovlivňují polohu těla během plavání.

Dle Mullena (2018) je velmi důležité vědět, jaké síly působí na tělo plavce a jak se tyto síly vzájemně ovlivňují, abychom mohli lépe porozumět hydromechanice plavání. Zrychlení a rychlost plavání závisí na dvou silách: hnacích a brzdících. Hnací síly souvisejí s tahem a pohybem plavce vpřed. Zatímco brzdící síly působí proti směru pohybu plavce a označujeme je jako hydrodynamický odpor. Ten je složen ze tří složek, ty rozlišujeme podle jeho působení. Působí-li na hladině, je složen z třecího, tvarového a vlnového odporu (Neuls et al., 2018):

- Třecí odpor vzniká mezi kůží plavce a proudící vodou. Velikost tohoto odporu je dána povrchem, tvarem, plochou plavcova těla a vybavením, které plavec používá (Čechovská a Miler, 2008),
- Tvarový odpor je dán tvarem těla plavce. Lze říci, že nejvýhodnější tvar těla mají plavci s širokými rameny a úzkými boky. Tvar těla plavce se však při pohybu ve vodě stále mění a tento odpor je možné snížit lepší koordinací těla ve vodě (Maglischo, 2003),
- Vlnový odpor vzniká pohybem plavce na hladině. Velkou roli zde hraje plavecká technika. Plavci s dokonalou technikou tedy vytváří jen malé množství vln. Vlnový odpor má na plavce nejmenší vliv pod hladinou, čehož plavci využívají v acyklických částech tratě (fáze pod vodou po startu a obrátce) (Čechovská a Miler, 2008).

Pokud na plavce působí hydrodynamický odpor pod hladinou, působí na plavce místo vlnového odporu, tzv. indukovaný odpor. Indukovaný odpor působí na plavce v hloubce 1 - 1,5 metru. Kromě toho závisí působení tohoto odporu také na rychlosti pohybu plavce (Neuls et al., 2018). Indukovaný odpor vzniká v místech, kde se tlaky vyrovnají a dochází zde k proudění vody z míst vyššího tlaku do míst nižšího tlaku (Hofer, 2016).

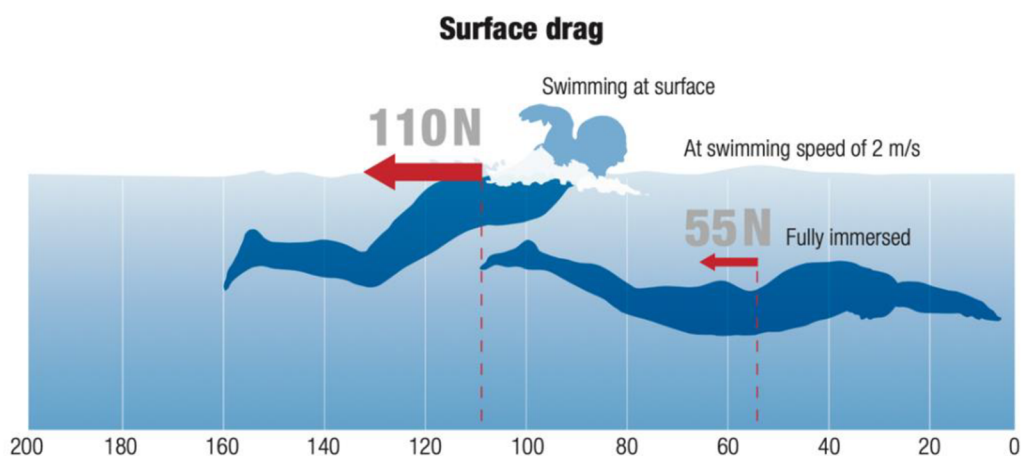
Touto problematikou se zabývá Neuls et al., (2018), který uvádí, že:

Pohybuje-li se plavec pod vodní hladinou, vyskytují se především na trupu místa, kde jsou částice vody zpomalovány (tím roste jejich statický tlak) a místa s vyšší rychlostí proudění (statický tlak klesá – viz zákon Bernoulliův). Vyrovnáváním tlaků mezi nimi po stranách trupu dochází k příčnému proudění, podobně jako u křídla letadla. I v tomto případě hovoříme o indukované rychlosti a indukovaném odporu (p. 25).

Dle Colwina (2002) nelze indukovaný odpor odstranit, protože je nepostradatelnou součástí vztlaku. Hofer (2016) však uvádí, že indukovaný odpor lze minimalizovat vhodným

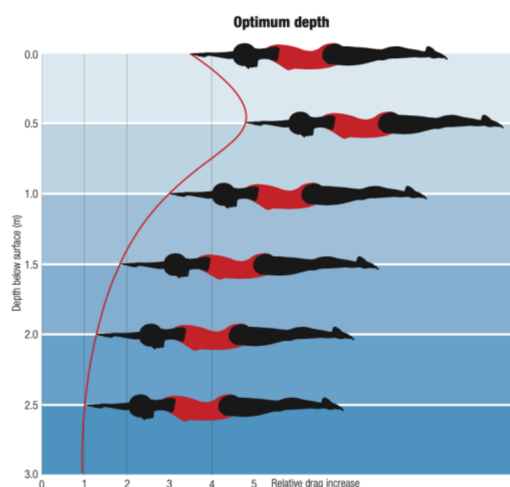
úhlem náběhu těla plavce a ploutve. V takovém případě bude převažovat odpor třecí a tvarový. Z čehož vyplývá, že pohyb plavce pod hladinou bude rychlejší než na hladině (Neuls et al., 2018).

S tímto tvrzením se shoduje Mullen (2018), který ve své knize uvádí, že pokud je plavec zcela ponořen dochází ke snížení odporu, který vytváří vlny. Na plavce, který plave na hladině rychlostí 1,99 m/s působí vlnový odpor silou 110 N. Pokud je plavec zcela ponořen, klesne síla vlnového odporu na 55 N (obrázek 5). Z tohoto důvodu po startu a po obrátce zůstávají plavci pod vodou co nejdéle a provádějí tzv. delfínové vlnění. Podle pravidel pouze do vzdálenosti 15 metrů.



Obrázek 5. Vlnový odpor na hladině a pod hladinou vody (Mullen, 2018)

Dle Vassiliose (n.d.) se maximální vlnový odpor vyskytuje těsně pod povrchem v hloubce 0,5 metru a minimální vlnový odpor se vyskytuje v hloubce cca 3 metry (obrázek 6). Plavec se však nemůže ponořit příliš hluboko a je potřeba najít kompromis mezi hloubkou plavání a dobou potřebnou k návratu zpět na hladinu. Dle Mullena (2018) je ideální hloubkou pro plavání 0,9 metru.



Obrázek 6. Působení vlnového odporu v různých hloubkách (Mullen, 2018)

## **2.6 Videoanalýza ve vodních sportech**

Dle Laudera (2008) v minulosti nebylo možné z vědeckého hlediska zkoumat techniky vodních sportů kvůli bariéře, kterou představovalo vodní prostředí. Teprve nedávný vývoj technologií umožnil odborníkům získávat informace o činnostech prováděných sportovci v tomto kapalném prostředí.

Videoanalýza ve vodních sportech je především využívána k posouzení techniky a výkonu sportovců. Využívá se také k hodnocení soupeřů. Tyto informace jsou pak důležité pro trenéry i sportovce, protože díky nim jsou pak schopni lépe nastavit tréninkový proces, připravit strategii pro závody a jiné soutěže, a zlepšit tak své výsledky (Ives et al., 2002).

Tuto analýzu lze provádět pomocí software, který umožňuje zaznamenávat, analyzovat a porovnávat videozáznamy sportovců. Tyto programy mohou také pomoci trenérům a sportovcům identifikovat slabé body a najít možnosti, jak je napravit (Olstad et al., 2020).

Videoanalýza se často používá kromě závodního plavání i v jiných vodních sportech např. vodní pólo, vodní lyžování, surfing, skoky do vody, synchronizované plavání atd. Použitím této analýzy mohou sportovci a trenéři získat cenné informace, které jim pomohou zlepšit výkon a dosáhnout svých stanovených cílů (Lauder, 2008).

### **2.6.1 Videoanalýza v závodním plavání**

Videoanalýza v závodním plavání udělala v posledních letech velmi významný pokrok a dnes je velmi důležitým nástrojem pro trenéry a sportovce (Smith et al., 2002). Aplikace této technologie změnila výrazným způsobem pohled na techniku plavání. V posledních letech se objevují vědecké výzkumy, které hodnotí techniku plavání kvantitativními metodami a postupy, které poskytují objektivní údaje (Lauder, 2008).

Většina plaveckých závodů je nahrávána. Tyto videozáznamy mohou být následně analyzovány ve speciálním softwaru. Součástí jsou i oficiální časy z elektronického časoměrného systému. Tyto analýzy slouží trenérům k přesnému vyhodnocení celého závodu. Trenér pomocí nich získá informace o časech a rychlosti v jednotlivých plaveckých úsecích, technice plavce, počtech záběrů a další parametry, které mohou mít vliv na výsledek plaveckého závodu (Olstad et al., 2020). Marinho et al. (2020) uvádí, že tyto informace jsou také důležité pro samotné plavce. Mohou jim totiž pomoci uvědomit si jejich chyby, zjistit jejich slabiny a na ty se v plaveckém tréninku společně s trenérem zaměřit.

## **2.6.2 Videoanalýza v plavání s ploutvemi**

Vzhledem k tomu, že je plavání s ploutvemi relativně nový sport a k rozvoji záznamové techniky a speciálních softwarů došlo teprve nedávno, doposud tak nebylo potenciálu tohoto nástroje (videoanalýzy) v tomto sportu plně využito. Na základě dostupných informací jsem nenašel jedinou publikovanou studii nebo výzkum, který by se touto problematikou zabýval nebo disponoval podobnými daty. Lze tedy říct, že získaná data jsou jedinečná a výsledky této práce mohou mít velký význam pro trenéry a sportovce v tomto sportu.

## **2.7 Obecné části plaveckého závodu**

Plavecký závod lze rozdělit do cyklických a acyklických úseků. Ty dále dělíme na startovní úsek, plavecký úsek, obrátkový úsek a finiš (Morais et al., 2019). Veiga et al. (2014) a Marinho et al. (2020) se shodují, že acyklické úseky jsou pro plavce velmi důležité, protože se v nich pohybuje největší rychlostí, což může mít vliv na konečný výsledek závodu. Dle Maglischa (2003) může plavec rychlejším provedením startu ve startovním úseku v průměru zkrátit výsledný čas závodu minimálně o 0,10 sekund. Dále zrychlením obrátky v obrátkovém úseku může výsledný čas závodu zkrátit minimálně o 0,20 sekund při každé provedené obrátce.

Dle Riewalda a Rodeoa (2015) plavec při maximalizaci výkonu v těchto plaveckých úsecích může získat významnou výhodu nad soupeři.

Dle Hofera (2016) se vliv startu na konečný výsledek závodu snižuje s délkou tratě, zatímco vliv obrátek se jasně zvyšuje. Starty a obrátky tak ovlivňují plavecký výkon v rozmezí 20–40 %, zaleží na délce bazénu a tratě (Hofer, 2016).

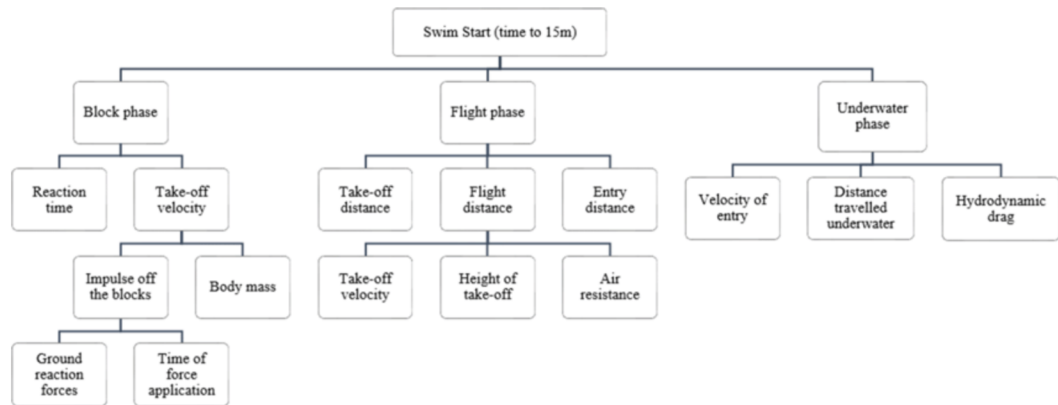
### **2.7.1 Startovní úsek**

Dle Tora et al. (2015) je startovní úsek definován jako doba od zaznění startovního signálu do chvíle, kdy plavec dosáhne vzdálenosti 15 metrů. Dle Cuenca-Fernándeze et al. (2019) jde ve startovním úseku především o soulad dynamických pohybů, jejichž účelem je umožnit plavci rychlý a efektivní přechod ze startovního bloku do vody. Hofer (2016) uvádí, že efektivita celého startu je závislá na třech faktorech: na reakční době, na úrovni výbušné síly a na zvládnutí techniky startovního skoku.

Tento úsek lze dále rozdělit do tří fází: fáze na startovním bloku, fáze letu a v neposlední řadě fáze pod vodou (obrázek 7). Fázi na bloku můžeme definovat jako dobu od zaznění startovního signálu do okamžiku, kdy se plavec odrazí ze startovního bloku. Fázi letu charakterizujeme jako dobu od odrazu plavce ze startovního bloku do okamžiku, kdy jeho hlava

protne hladinu vody. Dobu od protnutí hladiny vody až po vyplavání plavce na hladinu označujeme jako fázi pod vodou, která je zároveň i nejdelší fází (Matuš et al., 2021).

Elipot et al. (2017) ve svém výzkumu provedl časovou analýzu startů, ze které vyplynulo, že čas startu významně ovlivňuje výsledný čas závodu. Dle Neulse et al. (2018) má start na výsledný čas závodu největší vliv u sprintů. Čím delší je závodní trať, tím menší vliv má start na konečný čas. U delších tratí se tedy zvyšuje význam kvalitního provedení obrátek.



Obrázek 7. Deterministic model of the swim start (Thng et al., 2019).

### Fáze na bloku

Matuš et al. (2021) uvádí, že tato fáze začíná zazněním startovního signálu a končí v okamžiku, kdy se dolní končetina plavce přestane dotýkat startovního bloku. Hofer (2016) uvádí, že doba, která uplyne od zaznění startovního signálu do opuštění startovního bloku, se dle výzkumu firmy Omega nejčastěji pohybuje od 0,75 – 1,1 sekund.

Dle Yanga (2018) je tato fáze na bloku velmi důležitá. Má vliv na provedení ostatních fází startu a může také ovlivnit výsledný výkon plavce. V této fázi je klíčové, aby plavec zaujal optimální polohu, tedy základní postavení. Ještě dříve než plavec toto postavení zaujme, musí se řídit pokyny vrchního rozhodčího (Hofer, 2016).

Optimální poloha má zásadní vliv na stabilitu a rychlost startu. Existuje však několik startovacích technik. Ty se liší například v úchopu a v umístění chodidel na startovním bloku (Yang, 2018). V současné době se nejčastěji využívá tzv. nízký start, který má mnoho variant (Hofer, 2016). Nejznámější jsou tyto dvě varianty: klasický start a atletický start.

Při klasickém startu má plavec nohy umístěny vedle sebe, přičemž jsou obě zaklesnuty za přední hranu. Plavci jsou u této varianty v předklonu a dlaněmi se opírají o přední hranu startovního bloku (Maglischo, 2003). Dle mého názoru se s touto variantou startu v dnešní době v klasickém plavání setkáme pouze ojediněle. V plavání s ploutvemi však tuto metodu využívají všichni plavci (obrázek 8). Atletický start je totiž v plavání s ploutvemi zakázán. Dále mají plavci

s ploutvemi ztížené podmínky spočívající v nepřímém kontaktu se startovním blokem kvůli gumovým ploutvím, které mají obuté.



Obrázek 8. Klasický start v disciplíně 100 m Bi-Fins (MS Cali, 2022)

Plavci s ploutvemi mají ještě možnost využít techniku, kdy jsou ruce plavce opřené o metatarzální kůstky (nárt) (obrázek 9), nikoliv o přední hranu startovního bloku. Dle výzkumu Stavrouse a Voutselase (2018) je možné, že tento způsob provedení startu může zlepšit fázi vstupu do vody a dosáhnout tak ještě vyšší rychlosti.



Obrázek 9. Start s dlaněmi opřeny o metatarzální kůstky (Stavrou & Voutselas, 2018)

Dle Hofera (2016) u atletického startu je plavec opět v hlubokém předklonu. Jednu nohu má zaklesnutou za přední hranou startovního bloku a druhou nohu cca 60 cm za ní (obrázek 10).

Yang (2018) ve svém výzkumu popisuje ještě techniku startu, které se nazývá „kick start“ (obrázek 11). Tato technika vychází z atletického startu, kdy plavec zaujme stejné postavení, jedno chodidlo má umístěné v přední části startovního bloku a druhé v zadní části na nakloněné hraně (Matúš et al., 2021). Honda et al. (2010) se domnívají, že tato nakloněná hrana může plavci pomoci zlepšit reakční čas, protože umožňuje zadní noze být ve výhodnější pozici pro produkci síly. Garcio-Hermosa et al. (2013) zjistili, že při použití nakloněné hrany stráví plavci na bloku kratší čas, zejména při závodech na 50 metrů. Při použití tzv. kick startu plavci mohou navíc získat výhodu pro lepší startovní výkon oproti jiným technikám. V plavání s ploutvemi je však tato technika startu zakázaná.



Obrázek 10. Atletický start (Ozeki et al., 2012).



Obrázek 11. Kick start (Ozeki et al., 2012)



### **Fáze letu**

Dle Hofera (2016) je fáze letu primárně ovlivněna předchozí fází, tedy technikou startu a schopností plavce se správně odrazit. Tyto faktory mohou mít vliv na celou dráhu letu. Plavci, kteří upřednostňují silný odraz, vyšší a delší dráhu letu, opouštějí startovní blok většinou později. Pokud se však odráží více do dálky, jejich trajektorie letu je více plochá. Plavci s tímto způsobem provedení sice jsou v počáteční fázi rychlejší, ale v následujících fázích se ztráty plavců s první variantou startu obvykle srovnají. Dle Hallera a Murphyho (2020) může plavec svoji trajektorii startovního skoku ovlivnit i během letu. Lze k tomu využít pohyb hlavy či končetin. Záleží na úrovni jeho schopností.

Haller a Murphy (2020) uvádějí, že plavec by měl vstoupit do vody v tzv. streamline poloze (obrázek 12). V této poloze má totiž nejnižší plavec nejnižší koeficient odporu. Aby streamline polohy plavec dosáhl, musí být všechny jeho tělesné segmenty dokonalé vyrovnané. Jedině tak dosáhne co nejmenšího odporu působícího na tělo (Mullen, 2018). To stejné platí i pro plavce v plavání s ploutvemi.



*Obrázek 12. Polohy plavce během startu (Mullen, 2018).*

### **Fáze pod vodou**

Maglischo (2003) tuto fázi definoval jako dobu od okamžiku, kdy ruce plavce protnou hladinu vody. Dle Matúše et al. (2021) je tato fáze ukončena vynořením plavce. Dle pravidel plavání musí hlava plavce protnou hladinu maximálně ve vzdálenosti 15 ti metrů od startovní stěny ve všech plaveckých způsobech s výjimkou plaveckého způsobu prsa. (Hofer, 2016). Tato fáze pod vodou je totožná i v disciplínách Bi-Fins a PP. V těchto disciplínách je však tato fáze mnohem důležitější než u klasického plavání, a to z důvodu dosažení mnohem vyšších rychlostí.

V okamžiku vstupu do vody dosahuje rychlost plavce až  $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (Hofer, 2016). Pokud nedojde k vytvoření pohonu, rychlost plavce okamžitě klesá a ztrácí tak krok se svými soupeři (Mullen, 2018).

Rychlost, kterou plavec získá při startu, lze udržet pomocí delfínového vlnění (Vantorre et al., 2014). Dle Takeda et al. (2022) je nutné delfínové vlnění správně načasovat, aby nedošlo ke ztrátě rychlosti, kterou plavec získal startovním skokem nebo odrazem od stěny bazénu při obrátce.

Delfínové vlnění plavci využívají jak po startu, tak po obrátce, a to z důvodu větší účinnosti. Dle pravidel jej mohou plavci využívat u všech plaveckých způsobů kromě prsou, kde se provádí tzv. tempo pod vodou (zátah pažemi a jeden delfínový kop). Dle Willemse et al. (2014) jde o důležitou část startovního a obrátkového úseku, kde plavec může minimalizovat ztrátu rychlosti. Bylo zjištěno, že plavci, kteří provedou dva delfínové kopy pod hladinou, uplavou stejnou vzdálenost, jako plavci, kteří provedou jeden záběr paží na hladině. Rychlost provedení dvou delfínových kopů pod hladinou je však mnohem větší než rychlost provedení jednoho záběru (Taormina & Gaines, 2014). Dle Colwina (2002) je to z důvodu eliminace vlnového odporu, který působí na tělo plavce na hladině.

Ikeda et al. (2021) uvádí, že pro delfínové vlnění je charakteristický pohyb celého těla, které se pohybuje nahoru a dolů. Tělo plavce je během delfínového vlnění v proudnicové poloze, paže jsou natažené a spojené za temenem hlavy. Vlnovitý pohyb prochází celým tělem směrem k nohám. Jedná se o tzv. „subcarangiformní“ pohyb, který využívají delfíni a ostatní kytovci (Cohen et al., 2012). Dle Willemse et al. (2014) lze delfínové vlnění provádět v různých polohách, např. na břiše, na zádech a na boku.

Dle Maglischa (2003) je vlnivý pohyb určen činností dolních končetin, tedy delfínovým kopem, díky kterému může plavec své tělo hnát směrem dopředu. Taormina a Gaines (2014) uvádějí, že delfínový kop se skládá ze dvou fází:

- kop nahoru – pohyb dolních končetin probíhá směrem vzhůru k vodní hladině,
- kop dolů – pohyb dolních končetin je veden od hladiny směrem dolů.

Ikeda et al. (2021) uvádí, že plavec při kopu dolů vyvine mnohem větší hnací sílu než při kopu nahoru. Zároveň po kopu dolů plavci dosahují maximální rychlosti. S tímto tvrzením se shoduje i Willems et al. (2014), kteří ve svém článku uvádějí, že většina hnacího tahu, který pohání plavce dopředu, je tvořen dolními končetinami, zejména při kopu vedeným od hladiny směrem dolů.

I přesto, že je podle pravidel možné vyplavat až ve vzdálenosti 15 metrů, tak dle Veigy et al. (2022) elitní plavci protínají hladinu už ve vzdálenosti 8 až 14 metrů. Dle Connaboye et al. (2009) jsou rozdíly ve výkonu delfínového vlnění mezi plavci tvořeny jejich dovednostmi a také fyzickými schopnostmi. Montgomery a Chambers (2009) uvádějí ještě další faktory ovlivňující

výkon delfínového vlnění. Těmi jsou typy plavce (sprinter, středotračař a dálkař) a zvolená disciplína.

Pokud se zaměříme na rychlost delfínového vlnění, tak dle Ikedy et al. (2021) největší rychlosti plavec dosáhne vysokou frekvencí kopů, nikoliv jejich rozsahem.

### **2.7.2 Plavecký úsek**

Dle Moraise et al. (2021) je plavecký úsek definován jako vzdálenost 30 metrů, která je zhruba uprostřed 50ti metrového bazénu. Na krátkém bazénu (25 metrů) je to vzdálenost cca 10-20 metrů. Tento úsek, který je také označován jako „čistě plavecký úsek“, je mezi acyklickými fázemi plaveckého závodu (startem, obrátkami) a finišem (Olstad et al., 2020). Gonjo a Olstad (2020) uvádějí, že plavecký úsek je nejkonzistentnější částí plaveckého závodu, průměrná rychlost dosažená v tomto úseku souvisí s průměrnou rychlostí dosaženou v celém závodě. Dle Marinha et al. (2020) je čistě plavecký úsek nejlepším prediktorem výsledného času v disciplínách na 200 metrů.

### **2.7.3 Obrátkový úsek**

Polach et al. (2019, p. 9) uvádějí, že „...obrátkové úseky (OU) představují po samotném plavání největší část z celkového času“. Tento úsek je dlouhý cca 20 metrů – 5 metrů před provedením kotoulu a 15 metrů po odrazu plavce od stěny (Morais et al., 2020). Tento úsek lze definovat stejně jako v klasickém plavání i v disciplínách v plavání s ploutvemi. Výjimku však tvoří disciplíny, které jsou plavané plaveckým způsobem prsa. V těchto disciplínách plavec může tuto vzdálenost překonat. Dle Neulse et al. (2018, p. 47) „po startu a po každé obrátce lze provést jeden záběr pažemi až ke stehnům, v jehož průběhu může být plavec ponořen. Kdykoliv před prvním prsové kopem po startu a po každé obrátce je povolen jeden delfínový kop.“ Maglischo (2003) uvádí, že plavci v tomto úseku stráví 20 % až 38 % času při disciplínách 50 metrů až 1500 metrů volným stylem. Z tohoto důvodů jsem se rozhodl v této práci zabývat právě tímto acyklickým úsekem.

Maglischo (2003) rozdělil obrátkový úsek na pět částí: naplávání, rotace, kontakt se stěnou, fáze pod hladinou a vytažení. Colwin (2002) pak samotnou obrátku popisuje jako gymnastickou disciplínu, kdy plavec provádí kotoul vpřed s mírným vytočením těla. Kotoulová obrátka se převážně využívá při plavání plaveckým způsobem kraul a znak (Bay, 2016). Kromě kotoulové obrátky se můžeme setkat i s tzv. otevřenou obrátkou. Ta se provádí u plaveckého způsobu prsa a motýlek. Dále se pak využívá i u polohového závodu při přechodu z motýlka na znak (Brooks, 2011).

Jak bylo zmíněno výše, význam kvalitního provedení obrátek se zvyšuje s rostoucí délkou tratě, přičemž největší vliv kvalitně provedených obrátkových úseků je znatelný při závodech na 25 metrovém bazénu (Nicol et al., 2021). Dle Maglischa (2003) mohou plavci v disciplíně na 50 metrů volný způsob na 25 metrovém bazénu zkrátit svůj čas až o 0,40 sekund, v disciplíně na 100 metrů pak až o 0,80 sekund a v disciplíně 1500 volný způsob o 10 až 12 sekund.

#### **2.7.4 Finiš**

Dle Suita et al. (2016) je finišový úsek definován jako úsek posledních 5 metrů před koncem bazénu až do dotyku stěny. V této fázi by plavci měli být agresivní a soustředění, aby úspěšně dokončili závod. Zároveň by měli do cíle plavat s vypětím všech sil a poslední záběr dokončit silným úderem konečky prstů asi 10 cm pod hladinou vody (Brooks, 2011).

Dle Montgomeryho a Chamberse (2009) rozlišujeme dva druhy doteků. Dotek jednou rukou, který se využívá u kraulové techniky plavání a u plaveckého způsobu znak. Tento způsob dohmatu se využívá i v disciplíně Bi-Fins. Dotek oběma rukama se zase využívá u plaveckých způsobů motýlek a prsa.

V disciplínách PP a RP není způsob dohmatu přesně definován a závodník tak může dohmatnout libovolně. V disciplíně RP je však zakázáno se dotknout cílové dotykové desky tlakovou láhví. Plavec také během finišového úseku nesmí vynořit obličej před dotykem cílové desky (*Finswimming CMAS Rules, 2023*).

## **2.8 Základní pojmy**

### **2.8.1 Plavecký cyklus**

Jerszyński et al. (2013) plavecký cyklus popisují jako soubor pohybů, které se opakují ve stejném pořadí. Dle Hofera (2016) plavec během jednoho plaveckého cyklu provede jeden záběr pravou a levou paží, přičemž na jeden tento cyklus pažemi pak připadá jeden nebo více cyklů dolních končetin. Jediným plaveckým způsobem, při kterém plavec provádí jeden záběrový cyklus horními a dolními končetinami současně, jsou prsa (Bay, 2016). Další plavecké způsoby se svými plaveckými cykly od sebe odlišují. Dle Hofera 2016 (p. 8) „...se pohybové cykly jednotlivých plaveckých technik odvozují vždy od pohybu horních končetin. „Za začátek cyklu se zpravidla považuje taková poloha, kterou lze z optického záznamu jednoznačně určit“ (Hofer, 2016, p. 8).

U plaveckého způsobu kraul lze za začátek cyklu považovat vstup ruky do vody po přenosu (Riewald a Rodeo, 2015). Dle Jerszyńskiho et al. (2013) můžeme kraulový cyklus také rozdělit do dvou fází: záběrové (pod vodou) a přenosu (nad vodou).

### **2.8.2 Plavecký krok**

Hoch et al. (1983, s. 90) popisuje plavecký krok jako „...vzdálenost, kterou urazí tělo plavce během jednoho záběru.“ Plavecký krok je výrazně ovlivněn technikou plavání. Plavci se špatnou technikou mají zpravidla menší plavecký krok. Dle Hofera (2016, p. 10) „...plavci s účinnější technikou překonávají svoji trať menším počtem záběrů tzn. delším plaveckým krokem. Délka kroku v plavání, může být tedy kritériem účinnosti plavecké techniky obecně“.

### **2.8.3 Plavecká propulze**

Dle Neulse et al. (2018) lze plaveckou propulzi označit jako pohonnou složku pohybu (hnací síly). Za hnací sílu lze považovat například pohyb paží proti směru lokomoce umožňující plavci pohyb vpřed (Haller & Murphy, 2020). Plavecká propulze je v těsném vztahu s účinností plavecké techniky. Její velikost ovlivňuje počet záběrů nezbytný pro překonání určité vzdálenosti. (Hofer, 2016).

### **2.8.4 Čas dosažený v obrátkovém úseku**

Pro analýzu času dosaženého v obrátkovém úseku je nutné si nejprve tento úsek označit. Celkový čas obrátkového úseku je měřen od značek, které jsou umístěny 5 metrů před koncem bazénu a ve vzdálenosti 15 metrů po odrazu plavce. Pro podrobnější analýzu času je možné si tento úsek rozdělit ještě na několik dílčích částí: čas mezi značkou umístěnou 5 metrů před koncem a dotykem plavcovýma nohama stěny, čas mezi dotykem stěny až po protnutí hladiny hlavou, čas od odrazu po dosažení vzdálenosti 15 metrů (Morais et al., 2021).

Dle Polacha et al. (2019) existují však ještě další varianty rozdělení obrátkového úseku:

- 7,5 m před a 7,5 po obrátce (včetně samotné obrátky),
- 5 m před a 10 m po obrátce (včetně samotné obrátky).

V této práci je použita první uvedená varianta 5 m před koncem bazénu a 15 metrů po obrátce včetně samotné obrátky.

### **2.8.5 Rychlost v průběhu obrátkového úseku**

Dle Veigy et al. (2014) plavec v obrátkovém úseku průměrně dosahuje vyšší rychlosti než v čistě plaveckém úseku. Je to jeden ze způsobů, jak plavci mohou zlepšit čas celkového závodu. Rychlost v průběhu obrátkového úseku je opět měřená od značky 5 metrů před koncem bazénu až do značky, která je umístěna ve vzdálenosti 15 metrů. Rychlost lze taktéž změřit i v jednotlivých částech obrátkového úseku: rychlost ve vzdálenosti 5 metrů před koncem bazénu, rychlost samotné obrátky (od započetí obratu až po odraz), rychlost od odrazu až po protnutí hladiny hlavou (rychlost vyvlnění) (Morais et al., 2021).

### **2.8.6 Čas strávený pod hladinou**

Čas strávený pod vodou je měřen od okamžiku, kdy se plavec odrazí od stěny bazénu až po protnutí hladiny vody hlavou plavce (Pla et al., 2021). Dle Cuenca-Fernández et al. (2022) je však mnohem důležitějším ukazatelem výkonnosti rychlost během podvodní fáze než čas strávený pod vodou.

Veiga et al. (2016) uvádí, že plavci, kteří stráví delší dobu pod hladinou a uplavou větší vzdálenost, mohou dosahovat lepších výkonů. Dle Vennella et al. (2006) je to způsobeno odbouráním vlnového odporu. Tento odpor tvoří asi 20-25 % z celkových odporových sil, které působí na plavce. Plavec pod vodou vytvoří tzv. „proudnicový tvar“, díky čemuž se může pohybovat mnohem rychleji než na hladině (Haller & Murphy, 2020).

### **2.8.7 Vzdálenost pod hladinou**

Pla et al. (2021) definuje tuto vzdálenost od stěny bazénu až do okamžiku proražení hladiny vody hlavou plavce. Dle Veigy a Roiga (2016) tato vzdálenost závisí na tom, zda plavec po odrazu od stěny provádí delfínové vlnění. Kromě toho to také závisí na jeho efektivitě. Veiga et al. (2014) ve své studii uvádí, že plavci na elitní úrovni dosahují delších vzdáleností pod hladinou než plavci neelitní. Dle pravidel plavání s ploutvemi je možné dosáhnout vzdálenosti maximálně 15 metrů. Poté musí plavec protnout hladinu vody.

## **2.9 Technika kotoulové obrátky**

Dle Colwina (2002) bylo první pozorování plavcovy techniky pod vodou ještě před vynalezením pozorovacího zařízení velmi obtížné. Pozorovatel většinou stál vedle řeky, jezera nebo kanálu, přičemž pozorování bylo ještě ztíženo zakalenou vodou. Dle Kokaie (n.d.) se i dnes většina trenérů dívá z kraje bazénu. Podstatné však je dívat se pod vodu.

„Obrátka je změna směru plavání, kterou využíváme, je-li délka tratě delší než jedna délka bazénu. Při dokonalém provedení zlepšuje celkový čas závodníka, z čehož vyplývá, že dosahované výkony na 25m bazénu jsou lepší než v 50m bazénu“ (Čechovská a Miler, 2008, p. 78). Dle Brookse (2011) nezáleží pouze na správné technice provedení, ale i na mentalitě a přístupu plavce. Elitní plavci totiž obrátku vnímají jako místo, kde mohou nabrat rychlost a získat výhodu před ostatními. Zatímco ostatní plavci mohou tuto část závodu vnímat jako místo k odpočinku.

Dle Hannuly a Thorntona (2001) je cílem kotoulové obrátky rychlá změna směru s minimálním časem stráveným v kontaktu se stěnou. Aby byl plavec schopen správně provádět rychlé obrátky v soutěži, musí nejprve zdokonalit jednotlivé fáze obrátky v tréninku. S tím souvisí i získání obrátkové kondice. Obrátky totiž vyžadují jinou sílu a jiné pohyby než jenom samostatné plavání (Haller a Murphy, 2020). „Každá obrátka, která je plavcem v tréninku provedena, musí být perfektní závodní obrátka, bez ohledu na intenzitu tréninku. Čím je intenzita tréninku nižší, tím lépe musí být obrátky prováděny“ (Sweetenham & Atkinson, 2006, p. 125).

Dle Brookse (2011) existují dva druhy obrátek, které plavci provádějí. První možností je tzv. otevřená obrátka. Otevřená obrátka je tvořena napláváním (5 metrů před stěnou), otočkou u stěny, kdy se plavec dotkne rukama stěny, a odrazem. Tento druh se však převážně využívá u plaveckého způsobu prsa a motýlek. Druhou možností je kotoulová obrátka. Tento způsob obratu se využívá u plaveckého způsobu kraul a znak. Při správném provedení zde plavec dosahuje větší rychlosti.

### **2.9.1 Fáze kotoulové obrátky**

#### **Naplavání**

Dle Riewalda a Rodea (2015) se plavec v této fázi připravuje na kotoulovou obrátku. Většinou je toto místo definováno jako vzdálenost 5 metrů od stěny bazénu a trvá až do započetí obratu plavce s rukama u těla. Plavec se v této fázi musí zkoordinovat a načasovat své pohyby tak, aby byla obrátka co nejvíce dynamická. Hannula a Thornton (2001) uvádějí, že sekvence obrátkových pohybů začíná závěrečným záběrem před koncem bazénu. To znamená, že plavec má jednu ruku v natažení a druhou ruku u boku. Natažená ruka provede záběr pod tělem, čímž plavci pomůže nabrat rychlost pro otočení těla. Riewald a Rodeo (2015) ve své knize uvádějí ještě jeden způsob závěrečného záběru, kdy natažená ruka čeká vepředu na druhou paži. Následně pak dochází k obouručnému přitažení k bokům těla plavce. Plavci většinou poslední záběr zahajují ve vzdálenosti 1,7 až 2 metry od stěny bazénu (Maglischo, 2003).

Vzdálenost od stěny, kde se plavci začínají otáčet, je u každého rozdílná. Hraje zde roli mnoho faktorů, např. úroveň dovedností, antropometrické rozměry plavce a rychlost plavce (Riewald a Rodeo, 2015). Dle Maglischa (2003) sprinteři provádějí kotoulovou obrátku dále od stěny právě kvůli vysoké rychlosti.

Brooks (2011) uvádí, že naplavání je velmi důležité pro udržení rychlosti plavání. Jakékoliv narušení celé sekvence pohybů může pro závodníka znamenat velkou ztrátu času. Během této fáze obrátky je tedy nutné udržovat závodní rychlost, jelikož zde lze získat výhodu před ostatními plavci, kteří většinou zpomalí, aby lépe zkoordinovali otočení (Maglischo, 2003).

#### **Rotace**

Fáze rotace začíná ohybem hlavy a páteře směrem dopředu spolu s provedením delfínového kopu. Delfínový kop pomáhá hlavu a ramena dostat pod hladinu, přičemž dojde ke zvednutí boků. Tento sled pohybů způsobí, že plavec udělá kotoul dopředu. Obrátku je však možné provést i bez delfínového kopu (Riewald & Rodeo, 2015).

Dle Brookse (2011) jsou důležité pro rychlé provedení rotace čtyři základní pohyby, přitažení brady k hrudníku, silný delfínový kop, srolování se a přitažení obou paží směrem k obličejí. Evans (2007) uvádí, že bradu je důležité přitáhnout k hrudníku co nejvíce a tělo by mělo být během rotace co nejvíce skrčené.

Dle Hannuly a Thorntona (2001) by měla být chodidla přenášena po celou dobu rotace nad vodou, zatímco hladinu vody by měl plavec mít uprostřed bérce mezi kotníkem a kolenem. Kolena plavec přenáší v pokrčení mírně od sebe. Maglischo (2003) uvádí, že nohy se přenáší pokrčené, aby bylo možné obrát provést co nejrychleji. Ještě než se nohy dotknou stěny, měla



by se hlava dostat mezi paže tak, aby tělo plavce bylo v okamžiku kontaktu se stěnou srovnané a připravené na odraz vpřed. Chodidla by se stěny měla dotknou špičkami nahoru s mírným vytočením ve směru otáčení těla. V tomto okamžiku by měl být plavec převážně na zádech (Maglischo, 2003). Dle Riewalda a Rodea (2015) většinou plavci na krátkých tratích provádí tzv. rovnou obrátku, kdy kontakt se stěnou zahajují v poloze na zádech. Při tradičním stylu se plavec při provádění obrátky otočí přibližně o 150 stupňů. Optimální velikost rotace však nebyla definována a zaleží na specifických faktorech plavce.

### **Kontakt se stěnou**

Riewald a Rodeo (2015) ve své knize uvádějí, že tato fáze nastává v momentu, kdy se chodidla plavce dotknou stěny bazénu. Přibližná hloubka kontaktu chodidel se stěnou je 30 až 40 centimetrů. V okamžiku kontaktu by měl mít plavec nohy ohnuté o téměř 90 stupňů v kyčlích a o více jak 90 stupňů v kolenním kloubu (Maglischo, 2003). Dle Brookse (2011) se nohy při rotaci přetočí rovně a chodidla by se stěny měla dotknou se špičkami směřujícími vzhůru. Kromě toho by zde mělo docházet pouze k jednomu dotyku a ihned k odrazu.

Dle Evansové (2007) je nutné se v tomto podřepu o stěnu pevně opřít chodidly a poté se co nejsilněji odrazit. Plavec by se měl odrazit vodorovně, nikoliv směrem nahoru, a současně natáhnout ruce, což dodá odrazu větší dynamiku (Maglischo, 2003). Důležité také je provést obrátku v optimální vzdálenosti od stěny, aby bylo možné silný odraz vykonat (Hannula & Thornton, 2001).

Riewald a Rodeo (2015) tuto fázi kotoulové obrátky rozdělují na dvě části:

- Pasivní – v této části dochází k nárazu chodidel na stěnu bazénu a protipohybu (excentrické kontrakci čtyřhlavého svalu stehenního).
- Aktivní – zde dochází k aktivní produkci síly (propnutí kolen, boků a plantární flexi kotníku), tedy k odrazu.

Dle Brookse (2011) by v této v fázi dále nemělo docházet k žádnému čekání a přetáčení na břicho. Plavec by se měl tedy od stěny odrazit co nejrychleji a nepřidávat zde zbytečné pohyby, které by jej mohly zpomalit.

### **Fáze pod hladinou**

Fáze pod hladinou probíhá po odrazu plavce. Dle pravidel World Aquatics je však možné v této fázi setrvat maximálně do vzdálenosti 15 metrů (Colwin, 2002).

Maglischo (2003) uvádí, že fáze pod hladinou po odrazu by měla být provedena dostatečně hluboko, aby se plavec vyhnul odporům, které působí na hladině. Během fáze pod hladinou plavci nejčastěji využívají tzv. delfínový kop (Colwin, 2002). Dle Maglischa (2003) plavci delfínový kop během fáze pod hladinou využívají, protože se díky němu mohou pod hladinou vody pohybovat mnohem rychleji než na hladině. Počet delfínových kopů vykonaných po odrazu většinou závisí na kondici plavce, na vzdálenosti, které plavec chce dosáhnout, a také na typu plavce. Například plavci na krátkých tratích se snaží dosáhnout co největší vzdálenosti pod hladinou, zatímco dálkoví plavci vyplavávají na hladinu mnohem rychleji, protože na ní dosahují větší rychlosti (Montgomery a Chambers, 2009).

### **Vytažení**

Vytažení se provádí pouze u klasického plavání a u disciplíny Bi-Fins. Za tzv. vytažení je považován první záběr paží, který plavec provede pod hladinou. Tento záběr paží by měl plavec provést těsně pod hladinu, tedy v okamžiku, kdy si je plavec jistý, že mu pomůže prorazit hladinu vody. Během tohoto záběru má plavec hlavu skloněnou s bradou přitaženou k hrudníku. Po proražení hladiny se hlava vrací do normální plavecké polohy (Maglischo, 2003).

Po vytažení nad hladinu vody je pro plavce důležité vědět, kdy provést první nádech. Dle Maglischa (2003) by plavci na krátkých tratích měli první nádech provádět až při druhém záběru, aby nedošlo k narušení rytmu a udrželi si tak závodní rychlost. Zatímco u plavců na středních a dlouhých tratích by nádech až na druhý záběr mohl být vyčerpávající. Měli by jej tedy provádět již při prvním záběru a zbavit se tak negativního pocitu. Ten je způsobený dlouhou dobou bez přísunu kyslíku.

## **3 CÍLE**

### **3.1 Hlavní cíl**

Posoudit výkon v obrátkovém úseku u elitních českých a světových plavců s ploutvemi v disciplínách 100 a 200 m Bi-Fins.

### **3.2 Dílčí cíle**

- 1) Posoudit výkony v dílčích výkonnostních parametrech obrátkového úseku mezi českými a světovými elitními plavci v disciplíně 100 m Bi-Fins.
- 2) Posoudit výkony v dílčích výkonnostních parametrech obrátkového úseku mezi českými a světovými elitními plavci v disciplíně 200 m Bi-Fins.

### **3.3 Hypotézy**

- 1) Elitní světoví plavci s ploutvemi dosahují vyšší rychlosti pod hladinou v porovnání s elitními českými plavci s ploutvemi.
- 2) Elitní světové plavkyně s ploutvemi dosahují vyšší rychlosti pod hladinou v porovnání s elitními českými plavkyněmi s ploutvemi.

### **3.4 Výzkumné otázky**

- 1) Která z dílčích částí obrátkového úseku nejvíce ovlivňuje výkon plavců v celkovém obrátkovém úseku na MČR na 100 m Bi-Fins?
- 2) Která z dílčích částí obrátkového úseku nejvíce ovlivňuje výkon plavců v celkovém obrátkovém úseku na MS na 100 m Bi-Fins?
- 3) Která z dílčích částí obrátkového úseku nejvíce ovlivňuje výkon plavců v celkovém obrátkovém úseku na MČR Pardubicích na 200 m Bi-Fins?
- 4) Která z dílčích částí obrátkového úseku nejvíce ovlivňuje výkon plavců v celkovém obrátkovém úseku na MS na 200 m Bi-Fins?

## 4 METODIKA

Tato diplomová práce se zaměřuje na posouzení výkonů v obrátkovém úseku a jeho dílčích výkonnostních parametrů u plavců s ploutvemi. Výzkum byl primárně zaměřen na sběr a statistickou interpretaci dat z obrátkových úseků v disciplínách 100 a 200 m Bi-Fins muži i ženy, které se plavaly v 50 m bazénu. Data byla získána z Mistrovství České republiky v Pardubicích 2022 a z Mistrovství světa v Cali 2022 (dále jen MČR a MS).

Výzkumný soubor celkem zahrnuje 63 plavců (32 žen a 31 mužů) z obou soutěží (MČR Pardubice 2022; MS Cali 2022).

V rámci výzkumu byla provedena analýza výkonů v obrátkovém úseku a jeho dílčích výkonnostních parametrů u mužů i žen a následně provedena komparace mezi soutěžemi MČR Pardubice 2022 a MS Cali 2022.

Před započítáním analýzy byla všechna data anonymizována a studie byla schválena Etickou komisí FTK UP v souladu s Helsinskou deklarací (jednací číslo 102/2021).

## 4.1 Metody zpracování dat

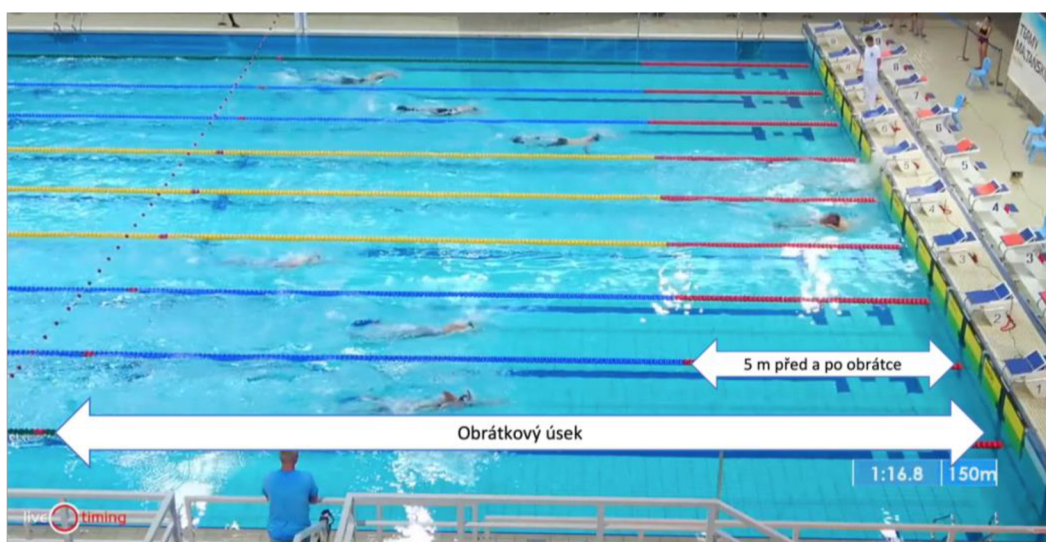
V rámci tohoto výzkumu byla pro sběr dat použita kinematografická metoda 2D videozáznamu. Konkrétně byly pořízeny videozáznamy závodů z MČR v Pardubicích 2022 a z MS v Cali 2022. Videozáznamy byly pořízeny videokamerou Sony FDR-AX700, která byla umístěna na tribuně tak, aby zachytila celou délku bazénu.

K analýze obrátkového úseku byl použit software Dartfish. Tento program umožňuje měřit délkové jednotky a čas s přesností na setiny a tisíciný sekundy. V tomto softwaru byly analyzovány všechny pořízené videozáznamy. Všechny záznamy, které byly použité jsou ve shodném formátu (MP4, Full HD 1920x1080, 50 snímků/s).

Základem této analýzy bylo porovnat časy obrátkových úseků a jejich dílčích výkonnostních parametrů, které byly získány extrahováním dat z výše uvedeného softwaru. Reliabilita analýzy v tomto programu byla dále posouzena dvěma dalšími analytiky. K ověření shody mezi opakovanými měřeními byl použit Koeficient vnitřní korelace (ICC) a jeho hodnota se pohybovala v rozmezí 0,988 až 0,989.

Výsledné časy a mezičasy všech závodníků zahrnutých do tohoto výzkumu byly získané z oficiální časomíry a výsledkového servisu soutěží ([www.polisetime.cz](http://www.polisetime.cz); [www.cmas.org](http://www.cmas.org)).

Obrátkový úsek byl stanoven na základě referenčního značení závodního bazénu na jednotlivých plaveckých drahách (Obrázek 13). Přesnost těchto označených vzdáleností byly ověřeny kontrolním přeměřením.



Obrázek 13. Popis obrátkového úseku a jeho dílčích výkonnostních parametrů (ME Poznaň, 2022)

Pro zpracování a analýzu dat byl obrátkový úsek dále rozdělen na dílčí výkonnostní parametry (obrázek 13):

- Čas 5 m před obrátkou [s],
- Čas 5 m po obrátce [s],
- Čas 5 -15m po obrátce [s],
- Čas 15 m po obrátce [s],
- Čas 5 m před + 5 m po obrátce [s],
- Čas 5 m před + 15 m po obrátce [s],
- Čas do protnutí hladiny (fáze pod hladinou) [s],
- Vzdálenost uplavaná pod hladinou (délka fáze pod hladinou) [m],
- Rychlost během fáze pod hladinou (rychlost fáze pod hladinou) [m.s<sup>-1</sup>].

Tyto parametry proměnných byly zvoleny pro jejich snadnou pozorovatelnost a možnost dalšího porovnání. Všechny proměnné zahrnuté do této studie by měly důkladně zmapovat celý průběh obrátkového úseku.

## 4.2 Metody vyhodnocení dat

Všechna získaná data z MČR v Pardubicích a z MS v Cali byla přepočtena do průměrných hodnot a poté byla dopočtena směrodatná odchylka, rozptyl a medián. U získaných dat byl dále proveden test Shapiro-Wilkovy normality.

Jako první byl proveden Studentův t-test mezi naměřenými hodnotami dílčích výkonnostních parametrů obrátkového úseku u plavců mezi oběma soutěžemi, čímž byla zjištěna důležitost rozdílu. Studentův t-test nezávislých proměnných byl proveden v programu Statistica (verze 14.0), přičemž hladina statistické významnosti byla stanovena na  $\alpha=0,05$ .

Dále byl zjišťován vliv dílčích výkonnostních parametrů na celkový výkon v obrátkovém úseku. Aby bylo možné zjistit, který z jednotlivých výkonnostních parametrů má zásadní vliv na výkon v obrátkovém úseku českých a elitních plavců s ploutvemi tak byl spočítán Paersonův korelační koeficient oproti celkovému dosaženému času v obrátkovém úseku. Evans (1996) intervaly hodnot Paersonova korelačního koeficientu klasifikoval jako: <0,19; 0,20-0,39; 0,40-0,59; 0,60-0,79; 0,80-1,00 (velmi slabé, slabé, středně silné, silné a velmi silné).

#### **4.2.1 Statistické zpracování dat**

Pro zodpovězení první výzkumné otázky byla využita data z výše uvedených videozáznamů z MČR a z MS. Tato data obsahovala informace o časech, délkách a rychlostech dílčích výkonnostních parametrů obrátkového úseku. Poté byl proveden Studentův t-test s cílem ověřit, zda mezi dílčími výkonnostními parametry elitních českých a světových plavců s ploutvemi existuje významný rozdíl.

Pro zodpovězení výzkumné otázky 2. až 5. bylo opět využito totožných videozáznamů jako u první výzkumné otázky. Získaná data obsahovala stejné informace jako v předchozí otázce. Pomocí Paersonova korelačního koeficientu byl stanoven nejsilnější vztah mezi jednotlivými dílčími částmi obrátkového úseku, které byly následně porovnány mezi elitními českými a světovými plavci s ploutvemi.

## 5 VÝSLEDKY

Výsledky této práce vycházejí ze závodů 100 a 200 m Bi-Fins muži i ženy, kde byl detailně rozebrán a analyzován celý obrátkový úsek. Ve výsledcích jsou tak uvedeny veškeré hodnoty (čas, vzdálenost, rychlost) dílčích výkonnostních parametrů obrátkového úseku i jako celku samotného.

Statistický soubor, který byl použit pro analýzu a vyvození výsledků, obsahoval 63 závodníků (32 žen a 31 mužů). Z výzkumu byl vyřazen pouze jediný závodník, který z blíže nespecifikovaných důvodů neodstartoval.

Výsledky byly rozděleny do dvou částí. V první části jsem se věnoval porovnáním rozdílů ve výkonech elitních českých a světových plavců s ploutvemi na 100 a 200 m Bi-Fins. V druhé části jsem se zaměřil na zjišťování vlivu dílčích částí obrátkového úseku na celkový výkon v obrátkovém úseku.

### 5.1 Porovnání dílčích výkonnostních parametrů v obrátkovém úseku elitních českých a světových plavců s ploutvemi v disciplíně 100 m Bi-Fins a 200 m Bi-Fins

Ze získaných dat vztahujících se k dílčím cílům vyplývá, že elitní světový plavec s ploutvemi jsou lepší téměř ve všech sledovaných parametrech (Tabulka 1, Tabulka 2, Tabulka 3, Tabulka 4).

#### 5.1.1 Rozdíly mezi ženami v disciplíně 100 m Bi-Fins

U žen v disciplíně 100 m Bi-Fins jsou nejvýznamnější rozdíly v těchto dílčích výkonnostních parametrech: čas 5 m před obrátkou, čas 5-15 m po obrátce, čas 15 m po obrátce, čas 5 m před + 5 m po obrátce, čas 5 m před + 15 m po obrátce, vzdálenost uplavaná pod hladinou (délka fáze pod hladinou) a rychlost během fáze pod hladinou (tabulka 1).

V rámci statistických výpočtů byl u výše uvedených dílčích výkonnostních parametrů spočten statisticky signifikantní rozdíl ( $p=0,003$ ;  $p=0,007$ ;  $p=0,004$ ;  $p=0,005$ ;  $p=0,048$ ;  $p=0,008$ ).

I když další dílčí výkonnostní parametry obrátkového úseku u žen mezi sebou statisticky významné odlišnosti nevykazovaly, elitní světové plavkyně měly rychlejší čas v úseku 5 m po obrátce o 0,11 s. Elitní světové plavkyně s ploutvemi dále měly o 0,31 s delší čas do protnutí hladiny, což však souvisí s delší fází pod hladinou, která byla o 1,69 m delší než českých plavkyň s ploutvemi.



### **5.1.2 Rozdíly mezi muži v disciplíně 100 m Bi-Fins**

U mužů v disciplíně 100 m Bi-Fins jsou nejvýznamnější rozdíly v těchto dílčích výkonnostních parametrech: čas 5 m před obrátkou, čas 5 m po obrátce, čas 5-15 m po obrátce, čas 15 m po obrátce, čas 5 m před + 5 m po obrátce, čas 5 m před + 15 m po obrátce a rychlost během fáze pod hladinou (rychlost fáze pod hladinou) (tabulka 2). V rámci statistických výpočtů byl u výše uvedených dílčích výkonnostních parametrů spočten statisticky signifikantní rozdíl ( $p=0,004$ ;  $p<0,001$ ;  $p<0,001$ ;  $p<0,001$ ;  $p<0,001$ ;  $p<0,001$ ;  $p<0,001$ ). Další dílčí výkonnostní parametry obrátkového úseku u mužů mezi sebou statisticky významné odlišnosti nevykazovaly. Nicméně elitní světoví plavci s ploutvemi měli kratší čas do protnutí hladiny o 0,33 s. I přesto, že jejich čas byl kratší než u elitních českých plavců s ploutvemi, dosáhli ještě větší vzdálenosti uplavané pod hladinou o 0,58 m než elitní čeští plavci s ploutvemi.

### **5.1.3 Rozdíly mezi ženami disciplíně 200 m Bi-Fins.**

U žen v disciplíně 200 m Bi-Fins jsou nejvýznamnější rozdíly v následujících dílčích výkonnostních parametrech: čas 5 m po obrátce, čas 5 m před + 5 m po obrátce, čas do protnutí hladiny, vzdálenost uplavaná pod hladinou (délka fáze pod hladinou) a rychlost během fáze pod hladinou (rychlost fáze pod hladinou) (tabulka 3). V rámci statistických výpočtů byl u výše uvedených dílčích výkonnostních parametrů spočten statisticky signifikantní rozdíl ( $p<0,001$ ;  $p=0,002$ ;  $p<0,001$ ;  $p<0,001$ ;  $p<0,001$ ). Přestože další dílčí výkonnostní parametry obrátkového úseku u žen mezi sebou statisticky významné odlišnosti nevykazovaly, elitní světové plavkyně s ploutvemi byly rychlejší v úseku: 5 m před obrátkou o 0,06 s, 15 m po obrátce o 0,21 s a 5 m před + 15 m po obrátce o 0,27 s.

### **5.1.4 Rozdíly mezi muži disciplíně 200 m Bi-Fins.**

U mužů v disciplíně 200 m Bi-Fins jsou nejvýznamnější rozdíly v těchto dílčích výkonnostních parametrech: čas 5 m před obrátkou, čas 5 m po obrátce, čas 5-15 m po obrátce, čas 15 m po obrátce, čas 5 m před + 5 m po obrátce, čas 5 m před + 15 m po obrátce a rychlost během fáze pod hladinou (tabulka 4). V rámci statistických výpočtů byl u výše uvedených dílčích výkonnostních parametrů spočten statisticky signifikantní rozdíl ( $p<0,001$ ;  $p<0,001$ ;  $p<0,001$ ;  $p<0,001$ ;  $p<0,001$ ;  $p<0,001$ ;  $p<0,001$ ). Ačkoliv další dílčí výkonnostní parametry obrátkového úseku u mužů mezi sebou statisticky významné odlišnosti nevykazovaly, elitní světoví plavci s ploutvemi měli o 0,07 delší čas do protnutí hladiny než elitní čeští plavci s ploutvemi. Avšak jejich dosažená vzdálenost pod hladinou byla o 1,28 m větší.

**Tabulka 1**

*Průměrné hodnoty dílčích výkonnostních parametrů obrátkového úseku 100 m Bi-Fins ženy.*

Ženy	100 m Bi-Fins				
	MČR		MS		p
	M	SD	M	SD	
Čas 5 m před obrátkou [s]	3,08	± 0,16	2,82*	± 0,11	=0,003
Čas 5 m po obrátce [s]	1,83	± 0,11	1,72	± 0,11	=0,067
Čas 5-15 m po obrátce [s]	5,37	± 0,33	4,97*	± 0,09	=0,007
Čas 15 m po obrátce [s]	7,20	± 0,37	6,68*	± 0,16	=0,004
Čas 5 m před + 5 m po obrátce [s]	4,91	± 0,22	4,54*	± 0,20	=0,005
Čas 5 m před + 15 m po obrátce [s]	10,28	± 0,49	9,50*	± 0,25	=0,002
Čas do protnutí hladiny ( fáze pod hladinou) [s]	4,66	± 0,84	4,97	± 0,48	=0,412
Vzdálenost uplavaná pod hladinou (délka fáze pod hladinou) [m]	9,66	± 1,89	11,35*	± 0,82	=0,048
Rychlost během fáze pod hladinou (rychlost fáze pod hladinou) [m.s <sup>-1</sup> ]	2,08	± 0,15	2,29*	± 0,11	=0,008

*Poznámka.* M = průměr; SD = směrodatná odchylka; p = statistická signifikace; \* statisticky významný rozdíl.

**Tabulka 2**

Průměrné hodnoty dílčích výkonnostních parametrů obrátkového úseku 100 m Bi-Fins muži.

Muži	100 m Bi-Fins				
	MČR		MS		p
	M	SD	M	SD	
Čas 5 m před obrátkou (s)	2,74	± 0,08	2,54*	± 0,14	=0,004
Čas 5 m po obrátce (s)	1,77	± 0,10	1,52*	± 0,06	<0,001
Čas 5-15 m po obrátce (s)	4,62	± 0,18	4,28*	± 0,11	<0,001
Čas 15 m po obrátce (s)	6,39	± 0,21	5,79*	± 0,14	<0,001
Čas 5 m před + 5 m po obrátce (s)	4,51	± 0,15	4,06*	± 0,17	<0,001
Čas 5 m před + 15 m po obrátce (s)	9,13	± 0,23	8,34*	± 0,23	<0,001
Čas do protnutí hladiny (fáze pod hladinou) (s)	4,72	± 0,52	4,39	± 0,37	=0,201
Vzdálenost uplavaná pod hladinou (délka fáze pod hladinou) (m)	10,96	± 1,21	11,54	± 1,20	=0,387
Rychlost během fáze pod hladinou (rychlost fáze pod hladinou) (m.s <sup>-1</sup> )	2,33	± 0,08	2,62*	± 0,10	<0,001

*Poznámka.* M = průměr; SD = směrodatná odchylka; p = statistická signifikace; \* statisticky významný rozdíl.

**Tabulka 3***Průměrné hodnoty dílčích výkonnostních parametrů obrátkového úseku 200 m Bi-Fins ženy.*

Ženy	200 m Bi-Fins				
	MČR		MS		p
	M	SD	M	SD	
Čas 5 m před obrátkou (s)	3,46	± 0,22	3,40	± 0,12	=0,227
Čas 5 m po obrátce (s)	2,10	± 0,19	1,88*	± 0,15	<0,001
Čas 5-15 m po obrátce (s)	6,07	± 0,53	6,08	± 0,12	=0,971
Čas 15 m po obrátce (s)	8,17	± 0,66	7,96	± 0,16	=0,134
Čas 5 m před + 5 m po obrátce (s)	5,56	± 0,37	5,28*	± 0,18	=0,002
Čas 5 m před + 15 m po obrátce (s)	11,63	± 0,83	11,36	± 0,18	=0,125
Čas do protnutí hladiny (fáze pod hladinou) (s)	3,89	± 1,03	2,30*	± 0,67	<0,001
Vzdálenost uplavaná pod hladinou (délka fáze pod hladinou) (m)	7,49	± 1,95	5,79*	± 1,36	<0,001
Rychlost během fáze pod hladinou (rychlost fáze pod hladinou) (m.s <sup>-1</sup> )	1,94	± 0,18	2,55*	± 0,18	<0,001

*Poznámka.* M = průměr; SD = směrodatná odchylka; p = statistická signifikace; \* statisticky významný rozdíl.

**Tabulka 4***Průměrné hodnoty dílčích výkonnostních parametrů obrátkového úseku 200 m Bi-Fins muži.*

Muži	200 m Bi-Fins				
	MČR		MS		p
	M	SD	M	SD	
Čas 5 m před obrátkou (s)	3,18	± 0,21	2,87*	± 0,14	<0,001
Čas 5 m po obrátce (s)	1,86	± 0,18	1,61*	± 0,10	<0,001
Čas 5-15 m po obrátce (s)	5,44	± 0,52	4,79*	± 0,36	<0,001
Čas 15 m po obrátce (s)	7,31	± 0,66	6,40*	± 0,41	<0,001
Čas 5 m před + 5 m po obrátce (s)	5,04	± 0,33	4,48*	± 0,18	<0,001
Čas 5 m před + 15 m po obrátce (s)	10,48	± 0,81	9,27*	± 0,49	<0,001
Čas do protnutí hladiny (fáze pod hladinou) (s)	4,14	± 1,18	4,21	± 1,09	=0,852
Vzdálenost uplavaná pod hladinou (délka fáze pod hladinou) (m)	9,01	± 2,41	10,29	± 2,66	=0,108
Rychlost během fáze pod hladinou (rychlost fáze pod hladinou) (m.s <sup>-1</sup> )	2,20	± 0,16	2,44*	± 0,12	<0,001

*Poznámka.* M = průměr; SD = směrodatná odchylka; p = statistická signifikace; \* statisticky významný rozdíl.

## 5.2 Vliv dílčích výkonnostních parametrů na celkový výkon v obrátkovém úseku.

### 5.2.1 Výkony žen v obrátkovém úseku v disciplíně 100 m Bi-Fins na MČR a MS

Dle získaných dat ženy v disciplíně 100 m Bi-Fins na MČR dosáhly v obrátkovém úseku průměrného výsledného času 10,28 s. Po provedení korelační analýzy dílčích částí obrátkového úseku a dosaženého celkového času v obrátkovém úseku jsem zjistil, že největší vliv na výsledný výkon v obrátkovém úseku mají dílčí části: čas 5 m před obrátkou a čas 5-15 m po obrátce (tabulka 5). Tyto dílčí části měly velmi silnou korelaci ( $r=0,86$ ;  $r=0,93$ ) s výsledným časem v obrátkovém úseku, kdežto dílčí část čas 5 m po obrátce vykázal pouze středně silný vztah ( $r=0,49$ ).

Ženy na MS dosáhly v obrátkovém úseku průměrného výsledného času 9,50 s (o 0,78 s rychlejší). Z korelační analýzy vyplynulo, že největší vliv na výsledný čas obrátkového úseku mají dílčí části: čas 5 m před obrátkou a čas 5 m po obrátce, kde korelace s výsledným časem v obrátkovém úseku byla velmi silná ( $r=0,87$ ;  $r=0,80$ ). U dílčích částí: čas 5-15 m po obrátce byla zjištěna silná míra korelace (tabulka 5).

**Tabulka 5**

*Korelační analýza dílčích částí obrátkového úseku a celkového času dosaženém v obrátkovém úseku v disciplíně 100 m Bi-Fins ženy*

Čas obrátkového úseku (s)	Časy dílčích částí (s)		
	Čas 5 m před obrátkou	Čas 5 m po obrátce	Čas 5-15 m po obrátce
<b>MČR</b>			
10,28	3,08	1,83	5,37
r-value	0,86**	0,49	0,93**
<b>MS</b>			
9,50	2,82	1,72	4,97
r-value	0,87**	0,80**	0,69*

*Poznámka.* r-value = hodnota korelačního koeficientu, \* silná korelace, \*\* velmi silná korelace.

### 5.2.2 Výkony mužů v obrátkovém úseku v disciplíně 100 m Bi-Fins na MČR a MS

Muži v disciplíně 100 m Bi-Fins na MČR dosáhli průměrného výsledného času v obrátkovém úseku 9,13 s. Dílčí část: čas 5-15 m po obrátce se projevil dle korelační analýzy jako nejvíce stěžejní (silná korelace) pro výsledný čas dosažený v obrátkovém úseku. Další dílčí části se projeví jako středně silné ( $r=0,42$ ;  $r=0,59$ ).

Muži ve stejné disciplíně na MS dosáhli průměrného času v obrátkovém úseku 8,34 s (o 0,79 s rychlejší). Velmi silná korelace byla zjištěna u parametru: čas 5 m před obrátkou ( $r=0,81$ ). U dalších dílčích výkonnostních parametrů se korelace projevila jako silná (tabulka 6).

**Tabulka 6**

*Korelační analýza dílčích částí obrátkového úseku a celkového času dosaženém v obrátkovém úseku v disciplíně 100 m Bi-Fins muži*

Čas obrátkového úseku (s)	Časy dílčích částí (s)		
	Čas 5 m před obrátkou	Čas 5 m po obrátce	Čas 5-15 m po obrátce
<b>MČR</b>			
9,13	2,74	1,77	4,62
r-value	0,42	0,59	0,78*
<b>MS</b>			
8,34	2,54	1,52	4,28
r-value	0,81**	0,77*	0,70*

*Poznámka.* r-value = hodnota korelačního koeficientu, \* silná korelace, \*\* velmi silná korelace.

### 5.2.3 Výkony žen v obrátkovém úseku v disciplíně 200 m Bi-Fins na MČR a MS

Průměrný výsledný výkon žen v obrátkovém úseku v disciplíně 200 m Bi-Fins na MČR byl 11,63 s. Z korelační analýzy vyplynulo, že největší význam na výsledný výkon v obrátkovém úseku mají parametry: čas 5 m před obrátkou a čas 5-15 m po obrátce, kde se projevila velmi silná korelace ( $r=0,86$  a  $r=0,95$ ). U úseku 5 m po obrátce byla zjištěná silná míra korelace.

Ženy na MS dosáhly v obrátkovém úseku průměrného výkonu 11,36 s (rychlejší o 0,27 s). Zde dílčí části vykázaly pouze slabou ( $r=0,30$ ) a středně silnou míru korelace ( $r=0,51$  a  $r=0,56$ ) s celkovým časem obrátkového úseku (tabulka 7).

**Tabulka 7**

*Korelační analýza dílčích částí obrátkového úseku a celkového času dosaženém v obrátkovém úseku v disciplíně 200 m Bi-Fins ženy*

Čas obrátkového úseku (s)	Časy dílčích částí (s)		
	Čas 5 m před obrátkou	Čas 5 m po obrátce	Čas 5-15m po obrátce
<b>MČR</b>			
11,63	3,46	2,10	6,07
r-value	0,86**	0,78*	0,95**
<b>MS</b>			
11,36	3,40	1,88	6,08
r-value	0,51	0,56	0,30

*Poznámka.* r-value = hodnota korelačního koeficientu, \* silná korelace, \*\* velmi silná korelace.



#### 5.2.4 Výkony mužů v obrátkovém úseku v disciplíně 200 m Bi-Fins na MČR a MS

Muži v disciplíně 200 m Bi-Fins na MČR dosáhli v obrátkovém úseku průměrného výsledného výkonu 10,48 s. Dle korelační analýzy s průměrným výsledným výkonem v obrátkovém úseku velmi silně souvisí s parametrem: čas 5-15 m po obrátce ( $r=0,97$ ). Silný vztah byl zjištěn i u dalších dílčích částí.

Dosažený průměrný výkon mužů v obrátkovém úseku ve stejné disciplíně na MS byl 9,27 s (rychlejší o 1,21 s). Zde byla zjištěna velmi silná korelace s časem 5-15 m po obrátce ( $r=0,95$ ). Další silný vztah byl zjištěn s parametrem: čas 5 m před obrátkou ( $r=0,60$ ). Čas 5 m po obrátce nevykazoval významný vztah s časem obrátkového úseku (tabulka 8).

**Tabulka 8**

*Korelační analýza dílčích částí obrátkového úseku a celkového času dosaženém v obrátkovém úseku v disciplíně 200 m Bi-Fins muži*

Čas obrátkového úseku (s)	Časy dílčích částí (s)		
	Čas 5 m před obrátkou	Čas 5 m po obrátce	Čas 5-15 m po obrátce
MČR			
10,48	3,18	1,86	5,44
r-value	0,79*	0,79*	0,97**
MS			
9,27	2,87	1,61	4,79
r-value	0,60*	0,56	0,95**

*Poznámka.* r-value = hodnota korelačního koeficientu, \* silná korelace, \*\* velmi silná korelace.

## 6 DISKUSE

Ze získaných dat, které byly analyzovány a porovnány bylo zjištěno, že výkony elitních světových plavců v obrátkovém úseku jsou lepší u žen o 8,22% a u mužů o 9,54% v disciplíně 100 m Bi-Fins. V disciplíně 200 m Bi-Fins jsou elitní světové plavkyně lepší o 2,44% a muži o 13,08%. Nelze však jednoznačně říct, ve kterém sledovaném výkonnostním parametru jsou elitní světový plavci lepší, protože významný rozdíl je téměř u všech. Dle Marinha et al. (2020) je obrátkový úsek důležitý, protože zlepšením výkonu v tomto úseku může plavec významně ovlivnit výsledný čas svého závodu.

Ze získaných dat bylo zjištěno, že plavci s ploutvemi v disciplíně 100 m Bi-Fins stráví v obrátkovém úseku průměrně 19,47% času a v disciplíně 200 m Bi-Fins až 29,39% času, což je v souladu s Maglischkem (2003), který uvádí, že plavci v tomto úseku stráví 20 % až 38 % času v disciplínách 50 metrů až 1500.

S výsledným časem v obrátkovém úseku v disciplíně na 100 metrů u českých plavců nejvíce korelovala dílčí část čas 5-15 m po obratu, zatímco u elitních světových plavců to byla dílčí část čas 5 m před obrátkou. V disciplíně na 200 metrů u elitních českých i světových plavců nejvíce korelovala s výsledným časem v obrátkovém úseku stejná dílčí část čas 5-15 m po obratu. Z těchto důležitých zjištění tedy vyplývá, že největší význam v obrátkovém úseku u plavců s ploutvemi má zejména fáze pod hladinou. Na základě tohoto zjištění lze předpokládat, že efektivní využití ploutví umocňuje důležitost fáze pod hladinou vůči ostatním dílčím částem obrátkového úseku v porovnání s plavci, u kterých byla zjištěna nejvyšší variabilita zejména v úseku 5 m před obrátkou (Cuenca-Fernández et al., 2022).

V tomto výzkumu se potvrdilo ve třech případech ze čtyř tvrzení Veigy et al. (2014), který ve své studii rovněž uvádí, že plavci na mezinárodní úrovni dosahují delších vzdáleností pod hladinou v porovnání s tuzemskými elitními plavci. Elitní světové plavkyně v disciplíně 100 m Bi-Fins dosahovaly o 1,69 m delší uplavané vzdálenosti pod hladinou. U elitních světových plavců s ploutvemi ve stejné disciplíně byla vzdálenost uplavaná pod hladinou taktéž delší o 0,58 m. Účastníci MS v disciplíně 200 m Bi-Fins muži toto tvrzení také potvrdili, když jejich vzdálenost uplavaná pod hladinou byla delší o 1,28 m. Nicméně v disciplíně 200 m Bi-Fins ženy se toto tvrzení nepotvrdilo. Z toho vyplývá, že elitní plavci mají úroveň dovedností použitých pod hladinou na velmi vysoké úrovni v porovnání s tuzemskými plavci. S tím souvisí i větší výdrž elitních plavců s ploutvemi v tzv. apnoe (plavání pod hladinou na jeden nádech). Naše výsledky jsou tedy v souladu se závěry studie Pla et al. (2021), Veiga et al. (2016), které uvádějí, že plavci, kteří stráví delší dobu pod hladinou a uplavou větší vzdálenost, mohou dosahovat lepších

výkonů. Na základě výsledků uvedených studií lze předpokládat, že cílený trénink apnoe může pozitivně ovlivnit výkon ve fázi pod hladinou, a tedy i celkový čas obrátek a samotného závodu.

Samotná vzdálenost uplavaná pod hladinou však musí být v souladu s relativně krátkým časem potřebným pro její dosažení tak, aby rychlost pod hladinou byla co nejvyšší (Cuenca-Fernández et al., 2019). Elitní světoví plavci s ploutvemi v disciplíně na 100 m Bi-Fins strávili kratší čas pod hladinou a dosáhli delší vzdálenosti. Rychlost u elitních světových plavců během fáze pod hladinou byla v disciplíně 100 m Bi-Fins u žen i u mužů o cca 10% vyšší a v disciplíně 200 m Bi-Fins u žen vyšší až o 31% a u mužů o 11% než u elitních českých plavců s ploutvemi.

## 7 ZÁVĚRY

Hlavním cílem práce bylo posoudit výkon v obrátkovém úseku u elitních českých a světových plavců s ploutvemi v disciplínách 100 a 200 m Bi-Fins. Ze získaných dat, které byly analyzovány, byl zjištěn statisticky významný rozdíl téměř v každém ze stanovených dílčích výkonnostních parametrů obrátkového úseku.

Dílčími cíli bylo posoudit výkony v dílčích výkonnostních parametrech obrátkového úseku mezi elitními českými a světovými plavci s ploutvemi v disciplíně 100 a 200 m Bi-Fins. Zde se prokázalo, že největší rozdíly mezi elitními českými a světovými plavci s ploutvemi jsou ve vzdálenosti a v rychlosti ve fázi pod hladinou. Rychlost elitních světových plavců s ploutvemi byla v obou disciplínách vyšší než u elitních českých plavců s ploutvemi, čímž se potvrdily obě stanovené hypotézy.

VO1: Která z dílčích částí obrátkového úseku nejvíce ovlivňuje výkon plavců v celkovém obrátkovém úseku na MČR na 100 m Bi-Fins?

Dle získaných dat u elitních českých plavců v disciplíně na 100 m výkon v obrátkovém úseku nejvíce ovlivňuje dílčí část čas 5-15 m po obrátce.

VO2: Která z dílčích částí obrátkového úseku nejvíce ovlivňuje výkon plavců v celkovém obrátkovém úseku na MS na 100 m Bi-Fins?

Dle získaných dat u elitních světových plavců v disciplíně na 100 m výkon v obrátkovém úseku nejvíce ovlivňuje dílčí část čas 5 m před obrátkou.

VO3: Která z dílčích částí obrátkového úseku nejvíce ovlivňuje výkon plavců v celkovém obrátkovém úseku na MČR Pardubicích na 200 m Bi-Fins?

Dle získaných dat u elitních českých plavců v disciplíně na 200 m výkon v obrátkovém úseku nejvíce ovlivňuje dílčí část čas 5-15 m po obrátce.

VO4: Která z dílčích částí obrátkového úseku nejvíce ovlivňuje výkon plavců v celkovém obrátkovém úseku na MS na 200 m Bi-Fins?

Dle získaných dat u elitních světových plavců v disciplíně na 200 m výkon v obrátkovém úseku nejvíce ovlivňuje dílčí část čas 5 -15 m po obrátce.

Z výsledků této práce tedy vyplývá doporučení pro trenéry a sportovce, kteří by se měli v tréninku zaměřit především na efektivní pohyb ve fázi pod hladinou, který se u obou disciplín i pohlaví jeví jako kritický z hlediska celkového výkonu v obrátkových úsecích.

## 8 SOUHRN

V této diplomové práci jsem se zabýval posouzením výkonů v obrátkovém úseku u elitních českých a světových plavců s ploutvemi v disciplínách 100 a 200 m Bi-Fins. Dílčím cílem bylo posoudit výkony v dílčích výkonnostních parametrech obrátkového úseku mezi elitními českými a světovými plavci s ploutvemi v disciplínách 100 a 200 m Bi-Fins.

Posuzování výkonů bylo prováděno na základě získaných dat z Mistrovství České republiky v Pardubicích 2022 a z Mistrovství světa v Cali 2022. Výzkumný soubor se tak skládal ze 63 plavců (32 žen a 31 mužů) z obou soutěží. Tato data byla získána ve formě videozáznamů, které byly následně analyzovány ve speciálním softwaru Dartfish.

Obrátkový úsek byl rozdělen na jednotlivé dílčí výkonnostní parametry. V rámci statistických výpočtů byl u těchto výkonnostních parametrů obrátkového úseku proveden Studentův t-test. Bylo zjištěno, že statistický významný rozdíl je téměř u všech sledovaných výkonnostních parametrů obrátkového úseku. Následně byl proveden Paersonův korelační koeficient dílčích částí obrátkového úseku s výsledným časem dosaženým v obrátkovém úseku. S výsledným časem v obrátkovém úseku v disciplíně na 100 metrů u českých plavců nejvíce korelovala dílčí část čas 5-15 m po obratu, zatímco u elitních světových plavců to byla dílčí část čas 5 m před obrátkou. V disciplíně na 200 metrů u elitních českých i světových plavců nejvíce korelovala s výsledným časem v obrátkovém úseku stejná dílčí část čas 5-15 m po obratu.

Z výsledků je zřejmé, že největší rozdíly mezi elitními českými a světovými plavci s ploutvemi jsou ve vzdálenosti a v rychlosti ve fázi pod hladinou. Dle těchto získaných dat by se trenéři a sportovci měli v tréninku zaměřit především na efektivní pohyb ve fázi pod hladinou.

## 9 SUMMARY

In this master thesis I examined the performance of elite Czech and world swimmers with fins in the 100 and 200 m Bi-Fins. The sub-objective was to assess the performance in the turn sub-parameters among elite Czech and world swimmers with fins in the 100 and 200 m Bi-Fins disciplines.

The performance assessment was performed based on data obtained from the Czech Republic Championships in Pardubice 2022 and the World Championships in Cali 2022. The research population thus consisted of 63 swimmers (32 women and 31 men) from both competitions. This data was obtained in the form of video recordings, which were subsequently analyzed in the special Dartfish software.

The data was divided into individual performance sub-parameters. As part of the statistical calculations, Student's t-test was performed on these performance parameters of the turn section. It was found that there is a statistically significant difference for almost all the observed performance parameters of the turning section. Subsequently, Pearson's correlation coefficient of the sub-sections of the turning section with the resulting time achieved in the turning section was performed. The subpart time in 5-15 m section after the turn was the most correlated with the final time in the 100-meter event for Czech swimmers, while for the world elite swimmers it was the subpart time 5 m before the turn. In the 200 m event, the same subpart time in 5-15 m section after the turn was the most correlated with the final time in the 200 m event for elite Czech and world swimmers.

It is clear from the results that the biggest differences between the elite Czech and world swimmers with fins are in distance and speed in the underwater phase. According to this data, coaches and athletes should focus on efficient movement in the underwater phase in their training.

## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Bay, S. (2016). *Swimming: Steps to success*. Human Kinetics.
- Bi-Fins. (n.d.). *Bi-Fins*. <https://www.potapeci-olomouc.cz/discipliny/bi-fins/>
- Brooks, M. (2011). *Developing swimmers*. Human Kinetics.
- Čechovská, I., & Miler, T. (2008). *Plavání* (2., upr. vyd). Grada.
- Cohen, R. C. Z., Cleary, P. W., & Mason, B. R. (2012). Simulations of dolphin kick swimming using smoothed particle hydrodynamics. *Human Movement Science*, 31(3), 604–619. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2011.06.008>
- Colwin, C. (2002). *Breakthrough swimming*. Human Kinetics.
- Connaboy, C., Coleman, S., & Sanders, R. H. (2009). Hydrodynamics of undulatory underwater swimming: A review. *Sports Biomechanics*, 8(4), 360–380. <https://doi.org/10.1080/14763140903464321>
- Cuenca-Fernández, F., López-Contreras, G., Mourão, L., de Jesus, K., de Jesus, K., Zacca, R., Vilas-Boas, J. P., Fernandes, R. J., & Arellano, R. (2019). Eccentric flywheel post-activation potentiation influences swimming start performance kinetics. *Journal of Sports Sciences*, 37(4), 443–451. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1505183>
- Cuenca-Fernández, F., Ruiz-Navarro, J. J., Polach, M., Arellano, R., & Born, D.-P. (2022). Turn Performance Variation in European Elite Short-Course Swimmers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 5033. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095033>
- Dovalil, J. (2009). *Výkon a trénink ve sportu*. Olympia.
- Dvořáková, Z., & Svozil, Z. (2005a). *Potápění: Základy potápění, výcvik a vybavení, potápěčské sporty* (1. vyd). Grada.
- Dvořáková, Z., & Svozil, Z. (2005b). *Potápění: Základy potápění, výcvik a vybavení, potápěčské sporty* (1. vyd). Grada.
- Elipot, M., Fischer, S., Kibele, A., & Tor, E. (2017). *Contemporary Swim Start Research: Conference Book: Young Experts' Workshop on Swim Start Research 2015*. Meyer & Meyer Sport.
- Evans, J. (2007). *Janet Evans' total swimming*. Human Kinetics.
- Evans, J. D. (1996). *Straightforward statistics for the behavioral sciences*. Brooks/Cole Pub. Co.
- Finswimming CMAS Rules*. (2023). CMAS. <https://www.cmas.org/document?sessionId=&fileId=5763&language=1>
- Garcia-Hermoso, A., Escalante, Y., Arellano, R., Navarro, F., Domínguez, A. M., & Saavedra, J. M. (2013). Relationship between final performance and block times with the traditional and

- the new starting platforms with a back plate in international swimming championship 50-m and 100-m freestyle events. *Journal of Sports Science & Medicine*, 12(4), 698–706.
- Giehrl, J., & Hahn, M. (2005). *Plavání*. Kopp.
- Gonjo, T., & Olstad, B. H. (2020). Race Analysis in Competitive Swimming: A Narrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(1), 69. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010069>
- Gower, M. (2020). *USA FinSwimming Fact Sheet*. Underwater Society of America. <https://www.underwater-society.org/finswimming>
- Haller, G. W., & Murphy, D. (2020). *Fundamentals of fast swimming: How to improve your swimming technique*. The Race Club.
- Hannula, D., & Thornton, N. (Eds.). (2001). *The swim coaching bible*. Human Kinetics.
- Hines, E. W. (2008). *Fitness swimming*. Human Kinetics. <http://site.ebrary.com/id/10461566>
- Historie plavání s ploutvemi. (n.d.). *Historie plavání s ploutvemi*. <https://www.potapeci-olomouc.cz/historie/historie-plavani-s-ploutvemi/>
- Hoch, Mi., Václav, K., Vorlíček, V., & Klausová, D. (1983). *Plavání (teorie a didaktika)* (Národní knihovna České republiky - Knihovní fondy a služby). Státní pedagogické nakladatelství.
- Hofer, Z. (2016). *Technika plaveckých způsobů* (4. vydání). Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum.
- Honda, K., Sinclair, P., Mason, B., & Pease, D. (2010). *THE EFFECT OF STARTING POSITION ON ELITE SWIM START PERFORMANCE USING AN ANGLED KICK PLATE*. <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/5189/4765>
- Ikeda, Y., Ichikawa, H., Shimojo, H., Nara, R., Baba, Y., & Shimoyama, Y. (2021). Relationship between dolphin kick movement in humans and velocity during undulatory underwater swimming. *Journal of Sports Sciences*, 39(13), 1497–1503. <https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1881313>
- Ives, J. C., Straub, W. F., & Shelley, G. A. (2002). Enhancing Athletic Performance Using Digital Video in Consulting. *Journal of Applied Sport Psychology*, 14(3), 237–245. <https://doi.org/10.1080/10413200290103527>
- Jerszyński, D., Antosiak-Cyrak, K., Habiera, M., Wochna, K., & Rostkowska, E. (2013). Changes in Selected Parameters of Swimming Technique in the Back Crawl and the Front Crawl in Young Novice Swimmers. *Journal of Human Kinetics*, 37(1), 161–171. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0037>
- Kokai, D. (Director). (n.d.). *Finswimming technique of Bifins event*. <https://elearning.ttt.edu.gr/login/index.php>



- Kračmar, B., Smolík, P., & Dvořák, T. (2008). Vliv delfínového vlnění na pohybovou soustavu člověka. *Problematika Plavání a Plaveckých Sportů*. [https://ftvs.cuni.cz/FTVS-1312-version1-6\\_vliv\\_delfinoveho\\_vlneni\\_na\\_p.pdf](https://ftvs.cuni.cz/FTVS-1312-version1-6_vliv_delfinoveho_vlneni_na_p.pdf)
- Kremmer, L. J. (2016). *Finswimming World Cup 2016*. <https://youpic.com/image/7101248/xi-cmas-finswimming-world-cup-2016-by-laszlo-j-kremmer>
- Lauder, M. A. (2008). Motion analysis in water sports. In P. Dabnichki & A. Baca (Eds.), *WIT Transactions on State of the Art in Science and Engineering* (1st ed., Vol. 1, pp. 218–245). WIT Press. <https://doi.org/10.2495/978-1-84564-064-4/08>
- Leahy, M. G., Summers, M. N., Peters, C. M., Molgat-Seon, Y., Geary, C. M., & Sheel, A. W. (2019). The Mechanics of Breathing during Swimming. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *51*(7), 1467–1476. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001902>
- Maglischo, E. W. (2003). *Swimming fastest*. Human Kinetics.
- Marinho, D. A., Barbosa, T. M., Neiva, H. P., Silva, A. J., & Morais, J. E. (2020). Comparison of the Start, Turn and Finish Performance of Elite Swimmers in 100 m and 200 m Races. *Journal of Sports Science & Medicine*, *19*(2), 397–407.
- Matúš, I., Ružbarský, P., & Vadašová, B. (2021). Key Parameters Affecting Kick Start Performance in Competitive Swimming. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(22), 11909. <https://doi.org/10.3390/ijerph182211909>
- McConnell, A. (2011). *Breathe strong, perform better*. Human Kinetics.
- Montgomery, J., & Chambers, M. (2009). *Mastering swimming*. Human Kinetics.
- Morais, J. E., Barbosa, T. M., Forte, P., Bragada, J. A., Castro, F. A. de S., & Marinho, D. A. (2020). Stability analysis and prediction of pacing in elite 1500 m freestyle male swimmers. *Sports Biomechanics*, 1–18. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1810749>
- Morais, J. E., Barbosa, T. M., Forte, P., Pinto, J. N., & Marinho, D. A. (2021). Assessment of the inter-lap stability and relationship between the race time and start, clean swim, turn and finish variables in elite male junior swimmers' 200 m freestyle. *Sports Biomechanics*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1952298>
- Morais, J. E., Marinho, D. A., Arellano, R., & Barbosa, T. M. (2019). Start and turn performances of elite sprinters at the 2016 European Championships in swimming. *Sports Biomechanics*, *18*(1), 100–114. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1435713>
- Motyčka, J. (2001). *Teorie plaveckých sportů: Plavání, synchronizované plavání, vodní pólo, skoky do vody, záchrana tonoucích* (1. vyd). Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta.
- Mullen, G. J. (Ed.). (2018). *Swimming science: Optimizing training and performance*. The University of Chicago Press.

- Neuls, F., Viktorjeník, D., Dub, J., Kunicki, M., Svozil, Z., Univerzita Palackého, & Fakulta tělesné kultury. (2018). *Plavání: (Teorie, didaktika, trénink)*.
- Newsome, P. S., & Young, A. (2012). *Swim smooth: The complete coaching programme for swimmers and triathletes*. John Wiley & Sons Ltd.
- Nicol, E., Ball, K., & Tor, E. (2021). The biomechanics of freestyle and butterfly turn technique in elite swimmers. *Sports Biomechanics*, 20(4), 444–457. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1561930>
- Olstad, B. H., Wathne, H., & Gonjo, T. (2020). Key Factors Related to Short Course 100 m Breaststroke Performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 6257. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176257>
- Orlick, T., & González del Campo Román, P. (2009). *Entrenamiento mental: Cómo triunfar en el deporte y en la vida por medio de la preparación mental* (3. ed. corr. y aum). Editorial Paidotribo.
- Ozeki, K., Sakurai, S., Taguchi, M., & Takise, S. (2012). Kicking the back plate of the starting block improves start phase performance in competitive swimming. *EProceedings of the 30th Conference of the International Society of Biomechanics in Sports*, 4, 373–376.
- Pla, R., Poszalczyk, G., Souaïssia, C., Joulia, F., & Guimard, A. (2021). Underwater and Surface Swimming Parameters Reflect Performance Level in Elite Swimmers. *Frontiers in Physiology*, 12, 712652. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.712652>
- Plavání s ploutvemi. (n.d.). *Plavání s ploutvemi*. <https://www.potapeci-olomouc.cz/discipliny/plavani-s-ploutvemi/>
- Polach, M., Thiel, D., & Svozil, Z. (2019). Turns as an important factor of swimming performance. *Tělesná Kultura*, 42(1), 9–13. <https://doi.org/10.5507/tk.2019.006>
- Riewald, S. A., & Rodeo, S. (Eds.). (2015). *Science of swimming faster*. Human Kinetics.
- Rychlostní potápění. (n.d.). *Rychlostní potápění*. <https://www.potapeci-olomouc.cz/discipliny/rychlostni-potapeni/>
- Smith, D. J., Norris, S. R., & Hogg, J. M. (2002). Performance Evaluation of Swimmers: Scientific Tools. *Sports Medicine*, 32(9), 539–554. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232090-00001>
- Stavrou, V., & Voutselas, V. (2018). Which start is faster in finswimming? *Turkish Journal of Kinesiology*, 4(1), 16–18. <https://doi.org/10.31459/turkjin.398450>
- Suito, H., Nunome, H., & Ikegami, Y. (2016). *RELATIONSHIP BETWEEN 100 M RACE TIMES AND START, STROKE, TURN, FINISH PHASES AT THE FREESTYLE JAPANESE SWIMMERS*.
- Sweetenham, B., & Atkinson, J. (2006). *Trénink plaveckých šampionů* (1. české vyd). Olympia.

- Takeda, T., Sakai, S., & Takagi, H. (2022). Underwater flutter kicking causes deceleration in start and turn segments of front crawl. *Sports Biomechanics*, 21(10), 1224–1233. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1747528>
- Taormina, S. (2018). *Swim speed secrets: Master the freestyle technique used by the world's fastest swimmers* (Second Edition). VeloPress.
- Taormina, S., & Gaines, R. (2014). *Swim speed strokes for swimmers and triathletes: Master Butterfly, Backstroke, Breaststroke, and Freestyle for your fastest swimming*. VeloPress.
- Thng, S., Pearson, S., & Keogh, J. W. L. (2019). Relationships Between Dry-land Resistance Training and Swim Start Performance and Effects of Such Training on the Swim Start: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 49(12), 1957–1973. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01174-x>
- Tor, E., Pease, D. L., & Ball, K. A. (2015). Key parameters of the swimming start and their relationship to start performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(13), 1313–1321. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.990486>
- Vantorre, J., Chollet, D., & Seifert, L. (2014). Biomechanical analysis of the swim-start: A review. *Journal of Sports Science & Medicine*, 13(2), 223–231.
- Vassilios, G. (Director). (n.d.). *Hydrodynamic resistance in Finswimming*. <https://elearning.ttt.edu.gr/login/index.php>
- Veiga, S., Cala, A., G. Frutos, P., & Navarro, E. (2014). Comparison of starts and turns of national and regional level swimmers by individualized-distance measurements. *Sports Biomechanics*, 13(3), 285–295. <https://doi.org/10.1080/14763141.2014.910265>
- Veiga, S., Lorenzo, J., Trinidad, A., Pla, R., Fallas-Campos, A., & de la Rubia, A. (2022). Kinematic Analysis of the Underwater Undulatory Swimming Cycle: A Systematic and Synthetic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 12196. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912196>
- Veiga, S., & Roig, A. (2016). Underwater and surface strategies of 200 m world level swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 34(8), 766–771. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1069382>
- Veiga, S., Roig, A., & Gómez-Ruano, M. A. (2016). Do faster swimmers spend longer underwater than slower swimmers at World Championships? *European Journal of Sport Science*, 16(8), 919–926. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1153727>
- Vennell, R., Pease, D., & Wilson, B. (2006). Wave drag on human swimmers. *Journal of Biomechanics*, 39(4), 664–671. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2005.01.023>


- Vorontsov, A. R., & Romyantsev, V. A. (2000). Propulsive Forces in Swimming. In V. M. Zatsiorsky (Ed.), *Biomechanics in Sport* (pp. 205–231). Blackwell Science Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470693797.ch10>
- Willems, T. M., Cornelis, J. A. M., De Deurwaerder, L. E. P., Roelandt, F., & De Mits, S. (2014). The effect of ankle muscle strength and flexibility on dolphin kick performance in competitive swimmers. *Human Movement Science*, 36, 167–176. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.05.004>
- Yang, F. (2018). Kinematics Research Progress of Swim-start on the New Start Block. *Physical Activity and Health*, 2(1), 15–21. <https://doi.org/10.5334/paah.7>

## 11 SEZNAM OBRÁZKŮ

OBRÁZEK 1. TECHNIKA PLAVÁNÍ S PLOUTVEMI (PP) (PLAVÁNÍ S PLOUTVEMI, N.D.) .....	12
OBRÁZEK 2. TECHNIKA RYCHLOSTNÍHO POTÁPĚNÍ (RP) (KREMMER, 2016) .....	13
OBRÁZEK 3. TECHNIKA BI-FINS (TOMSK, 2017).....	15
OBRÁZEK 4. ÚČINNOST POHONU (MULLEN, 2018).....	18
OBRÁZEK 5. VLNOVÝ ODPOR NA HLADINĚ A POD HLADINOU VODY (MULLEN, 2018) .....	20
OBRÁZEK 6. PŮSOBENÍ VLNOVÉHO ODPORU V RŮZNÝCH HLOUBKÁCH (MULLEN, 2018).....	20
OBRÁZEK 7. DETERMINISTIC MODEL OF THE SWIM START (THNG ET AL., 2019). .....	23
OBRÁZEK 8. KLASICKÝ START V DISCIPLÍNĚ 100 M BI-FINS (MS CALI, 2022) .....	24
OBRÁZEK 9. START S DLANĚMI OPŘENÝMI O METATARZÁLNÍ KŮSTKY (STAVROU & VOUTSELAS, 2018) .	24
OBRÁZEK 10. ATLETICKÝ START (OZEKI ET AL., 2012). .....	25
OBRÁZEK 11. KICK START (OZEKI ET AL., 2012) .....	25
OBRÁZEK 12. POLOHY PLAVCE BĚHEM STARTU (MULLEN, 2018). .....	26
OBRÁZEK 13. POPIS OBRÁTKOVÉHO ÚSEKU A JEHO DÍLČÍCH VÝKONNOSTNÍCH PARAMETRŮ (ME POZNAŇ, 2022) .....	38

## 12 PŘÍLOHY

### Vyjádření etické komise



Fakulta  
tělesné kultury

Genius loci

#### Vyjádření Etické komise FTK UP

**Složení komise:** doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D. – předsedkyně  
Mgr. Ondřej Ješina, Ph.D.  
Mgr. Michal Kudláček, Ph.D.  
Mgr. Filip Neuls, Ph.D.  
prof. Mgr. Erik Sigmund, Ph. D.  
doc. Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph. D.  
Mgr. Jarmila Štěpánová, Ph.D.

Na základě žádosti ze dne 6. 12. 2021 byl projekt výzkumné práce

**autor /hlavní řešitel/:** **Mgr. Marek Polach**  
**spolurešitelé:** **Mgr. Tomáš Michalica, Bc. Jakub Březina**

s názvem **Analýza vnitřních mechanismů plaveckého závodního výkonu: porozumění výkonnosti u elitních světových a českých plavců a plavců s ploutvemi**

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: **102/2021**  
dne: **13. 12. 2021**

Etická komise FTK UP zhodnotila předložený projekt a **neshledala žádné rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnicemi pro výzkum zahrnující lidské účastníky.

**Řešitelé projektu splnili podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.**

za EK FTK UP  
doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D.  
předsedkyně  
Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury  
Komise etická  
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc

Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci  
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc | T: +420 585 636 009  
www.ftk.upol.cz