

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Vliv rozdílných plášťů jízdního kola na energetický výdej  
organismu**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:

**PhDr. Matouš Jindra, Ph.D.**

Vypracovala:

**Karolína Hejrová**

Praha, srpen 2016

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

.....

.....

podpis diplomanta

## Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své bakalářské práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto bakalářskou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

---

## **Poděkování**

V první řadě děkuji vedoucímu mé bakalářské práce, PhDr. Matouši Jindrovi, Ph.D., za pomoc s formulací výzkumu a za veškeré konzultace.

Dále chci poděkovat Petru Šiškovi, majiteli obchodu CYKLO-MARKET.CZ, za zapůjčení testovacího jízdního kola a testovaných komponent, včetně jejich servisu.

Také děkuji všem probandům, bez nichž by nebylo možné výzkum realizovat.

V neposlední řadě děkuji mému příteli Michalu Hokešovi, který je můj guru pro oblast cyklistiky, a svým rodičům za podporu při studiu. Své sestře, Pavlíně Hejrové, děkuji za to, že byla ochotná se se mnou podělit o své zkušenosti se psaním závěrečných prací.

## **Abstrakt**

- Název:** Vliv rozdílných pláštů jízdního kola na energetický výdej organismu.
- Cíle:** Cílem této závěrečné práce je stanovení rozdílu v energetickém výdeji (EV) organismu při použití různých typů pláštů jízdního kola.
- Metody:** Soubor probandů tvořilo 5 mužů ve věku  $26,4 \pm 2,2$  let. Jednalo se o experiment. Míra EV byla stanovena na základě velikosti spotřeby kyslíku ( $VO_2$ ) a množství vydechovaného oxidu uhličitého ( $VCO_2$ ), tedy nepřímou kalorimetrií. K analýze dýchacích plynů byl použit přístroj MetaMax 3B. Testovány byly 3 typy pláštů. Jízdy byly realizovány laboratorně na cyklistických válcích. Probandi absolvovali jednu jízdu (kadencí 80 ot/min) na každém z typů pláštů. Jízda trvala v průměru  $4:55 \pm 1:50$  min. Zpracovány byly hodnoty ze 4 minut zátěže v setrvalém stavu (steady state)  $VO_2$ .
- Výsledky:** Shledali jsme významný rozdíl v EV mezi jízdou se silničními plášti a jízdou s plášti pro Fat Bike, dále také mezi jízdou s trekkingovými plášti a jízdou s plášti pro Fat Bike. Rozdíl mezi jízdou se silničními a trekkingovými plášti byl, vzhledem ke standardní chybě měření, nevýznamný.
- Závěr:** EV dosáhl při použití pláštů s největší styčnou plochou významného navýšení oproti jízdě s plášti disponujícími nejmenší styčnou plochou. Hypotéza byla potvrzena.

**Klíčová slova:** MTB, valivý odpor, Fat Bike, spotřeba kyslíku, spiroergometrie, nepřímá kalorimetrie

## **Abstract**

**Title:** Effect of different types of bicycle tires on energy expenditure

**Objectives:** The aim of this bachelor thesis is to determine the difference in energy expenditure when using different types of bicycle tires.

**Methods:** The research group consisted of 5 males in age  $26,4 \pm 2,2$  years. This was an experiment. The calculation of energy expenditure was based on the amount of oxygen consumption ( $\text{VO}_2$ ) and exhaled carbon dioxide ( $\text{VCO}_2$ ), i.e. indirect calorimetry. For the analysis of respiratory gases MetaMax 3B measuring device was used. Three types of bicycle tires were tested. The test ride was carried out in laboratory on the cycling rollers. Proband completed one test ride (with a cadence of 80 rpm) on each type of tires. Test ride lasted on average  $4:55 \pm 1:50$  min. For results were processed values of 4 minutes steady state  $\text{VO}_2$ .

**Results:** We found out the significant difference in energy expenditure between ride with road tires and ride with Fat Bike tires, and also between ride with trekking tires and ride with Fat Bike tires. The difference between ride with road and trekking tires was, due to the standard error of measurement, insignificant.

**Conclusion:** The energy expenditure reached a significant increase while using tires with the largest contact patch compared to using tires with the smallest contact patch. Hypothesis was confirmed.

**Keywords:** MTB, rolling resistance, Fat Bike, oxygen consumption, spiroergometry, indirect calorimetry

# Obsah

1	ÚVOD .....	11
2	TEORETICKÁ VÝCHODISKA .....	13
2.1	Pláště.....	13
2.1.1	Historie vývoje pláštíů od vzniku po současnou podobu.....	13
2.1.2	Technické parametry .....	16
2.1.3	Rozdělení pláštíů.....	23
2.2	Zátěžová fyziologie cyklistiky.....	26
2.2.1	Metabolismus .....	27
2.2.2	Zdroje energie.....	27
2.2.3	Zóny metabolického krytí .....	29
2.2.4	Ukazatelé zatížení.....	30
2.2.5	Výživa .....	32
2.2.6	Nepřímá kalorimetrie a spiroergometrie .....	33
3	Cíle a úkoly práce, hypotézy .....	36
3.1	Cíle.....	36
3.2	Úkoly .....	36
3.3	Hypotéza .....	36
4	Metodika práce .....	37
4.1	Popis výzkumného souboru.....	37
4.2	Realizace laboratorního měření .....	37
4.2.1	Testovací jízdní kolo .....	38
4.2.2	Testované pláště .....	39
4.2.3	Přístroj pro měření.....	40
4.2.4	Vyhodnocování výsledků .....	41
5	Výsledky.....	42

6	Diskuze.....	47
7	Závěr.....	50
	Seznam literatury.....	51
	Seznam obrázků .....	55
	Seznam tabulek.....	55
	Seznam grafů.....	55
	Seznam příloh.....	55



## Seznam použitých symbolů a zkratek

ADP – adenosindifosfát

ANP – anaerobní práh

ATP – adenosintrifosfát

ATPS – korekční faktor pro aktuální podmínky okolního prostředí

BM – bazální metabolismus

BMX – Bicycle Motocross

DF – dechová frekvence

EEO<sub>2</sub> – energetický ekvivalent kyslíku

EKG - elektrokardiogram

EPI – ends per inch (počet konců vláken na jeden palec)

EV – energetický výdej

FAD – koenzym flavinadenindinukleotid

FEV – rozepsaný výdech vitální kapacity

FS – full suspension

FVC – usilovný výdech

HT - hardtail

LA - laktát

MTB – Mountain Bike (horské kolo)

NAD – koenzym nikotinamidadenindinukleotid

RER – poměr respirační výměny

SF – srdeční frekvence

STPD – korekční faktor pro standardizaci podmínek prostředí

TPI – threads per inch (počet vláken na palec)

UST – universal system tubeless

V – minutová ventilace

$VE_{O_2}$  – ventilační ekvivalent kyslíku

VC – vitální kapacita

$VO_2$  – spotřeba kyslíku

$VCO_2$  – výdej oxidu uhličitého

$V_T$  – dechový objem

XC – cross country

# 1 ÚVOD

Při výběru tématu bakalářské práce jsem vycházela v první řadě z mého požadavku, aby se týkalo oblasti cyklistiky. To z toho důvodu, že poslední tři roky je můj život formován téměř výhradně cyklistikou. Konkrétně jsem se před třemi lety ocitla ve světě extrémní cyklistiky, ve kterém mě nadchla naprostá absence nevráživosti a zákeřnosti vůči soupeři. Možná je dokonce nadsazené používat označení soupeř, protože extrémním sportu se obvykle setkáváte pouze s přátelským chováním a podporou. Dalším kritériem výběru byla míra vědeckého přínosu výzkumné části práce dané problematice. Na základě těchto parametrů jsem zvolila tématem práce vliv rozdílných pláštěů jízdního kola na energetický výdej organismu. Je překvapivé, že toto téma nebylo dosud řádně zpracováno. Na základě průzkumu dosavadních vědeckých studií jsem došla ke zjištění, že pláště jízdního kola byly zatím vždy porovnávány pouze z hlediska míry valivého odporu, následný efekt na energetický výdej ovšem zjišťován nebyl. Předpokládám však přímou úměru mezi hodnotami valivého odporu a energetického výdeje.

V teoretické části práce se nejprve věnuji historickému vzniku pláště jízdního kola a jeho vývoji, jelikož považuji za podstatné zmínit okolnosti vzniku vynálezu, jenž ovlivnil lidský život v mnoha ohledech (nejzásadněji v oblasti osobní přepravy a sportu). Následně detailně popisují veškeré technické parametry a rozdělení typů pláštěů jízdního kola, tedy faktory, od nichž se odvíjí jízdní vlastnosti a tudíž i energetický výdej. Teoretická východiska uzavírá kapitola týkající se fyziologie zátěže, ve které zmiňuji jak základy látkové přeměny, tak témata úzce související s realizací výzkumu. To znamená ukazatele zatížení v rámci dýchacího systému, metodu nepřímé kalorimetrie a metodu spiroergometrie.

V empirické pasáži nejprve uvádím charakteristiku výzkumného souboru, který byl tvořen pěti probandy. Dále je popsán průběh měření energetického výdeje za použití tří různých typů pláštěů. Konkrétně byly porovnávány hodnoty energetického výdeje při jízdě s trekingovým pláštěm, silničním pláštěm a s pláštěm pro Fat Bike, přičemž jsme očekávali, že energetický výdej bude stoupat

s velikostí styčné plochy. Výsledky měření jsou pro přehlednost zpracovány formou tabulek. Závěrem uvádím srovnání s dosud publikovanými studiemi týkajícími se daného tématu a potvrzení či vyvrácení stanovené hypotézy.

## **2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA**

### **2.1 Pláště**

Mohutné pláště s širokou stopou a hrubým vzorkem, neboli dezénem, právě takové jsou charakteristickým znakem horského kola, jinak řečeno MTB, jak ho v dnešní době známe. Pláště jízdního kola plní nejednu funkci. Kromě toho, že nesou váhu cyklisty a jeho vybavení, mají na starost také přenášení hnacích a brzdných sil (a všech sil sloužících k vedení bicyklu). Další důležitou funkcí je tlumení vibrací a nárazů. Za úspěšně vybranou pneumatiku můžeme považovat takovou, která má minimální valivý odpor, ideální záběrové vlastnosti a výbornou přilnavost k terénu, pro který je určena. V neposlední řadě je od takového pláště vyžadována minimální hmotnost a schopnost vedení bicyklu (zejména na předním kole). Dále dlouhá životnost a bezpečnost provozu, které jsou dány odolností proti oděru a průrazu (Hrubíšek, 1994).

Z hlediska pochopení technických parametrů a správného výběru vzhledem k využití, jsou pláště jedněmi z nejsložitějších komponent jízdního kola. V případě, že vybereme správný dezén pláště pro námi určený terén, stále zbývá rozhodnout se mezi spoustou různých variant plášťů, jejich velikostmi a gumovými směsmi (Mountain Bike Action, 2013).

Právě výše zmíněné problematice se budu věnovat v následujících kapitolách mé bakalářské práce ve snaze vytvořit komplexní shrnutí pro orientaci v daném tématu.

#### **2.1.1 Historie vývoje plášťů od vzniku po současnou podobu**

Pláště vyplněné stlačeným vzduchem lze bez obav označit za revoluční vynález v historii cyklistiky. To, že by popularita jízdy na kole dosahovala stejné míry i v případě nevynezení pneumatiky, je velmi nepravděpodobné. Pláště jsou totiž komponentou, jež nám poskytuje pohodlí a umožňuje nám vydávat se téměř do jakéhokoliv terénu bez obav o svoji bezpečnost. To vše má pozitivní vliv na prožití z jízdy a dovoluje nám také získávat stále extrémnější zážitky. Následující pasáž obsahuje shrnutí historie cyklistického pláště od jeho vynálezu přes vývoj až po současnou podobu.

## ***Vynález pláště***

Velkou zásluhu na vynálezu pneumatiky mají zejména dva muži, jejichž jména jsou Charles Goodyear a John Boyd Dunlop. Roku 1839 vynalezl Charles Goodyear více méně omylem vulkanizační proces a tím vytvořil první gumu (Schwalbe, Technology, 2016).

Již v roce 1845 pak zažádal Skot jménem Robert William Thomson o patent na „dutou vzduchem plněnou trubici“. Jednalo se o první pokus vytvořit pneumatiku (Sidwells, 2004). Bohužel o jeho vynález nikdo příliš nejevil zájem, vinou tehdy ještě nízké obliby v cyklistice (Schwalbe, Technology, 2016).

Od roku 1869 byly používány celogumové pneumatiky, tzv. solid rubber tires. Zprvu byl tento nápad, se kterým přišel budoucí průkopník letectví Clement Adler, opět nepochopen. I periodikum *Le Velocipede Illustre* ho původně zavrhl s tím, že se jedná o zbytečný přepych a guma se brzy opotřebí či dokonce opadá z ráfků, ke kterým je hrubě připevněna dráty a nýty. Výrobci jízdních kol však záhy představili kovové ráfky s průřezem ve tvaru U nebo V, ve kterých byl gumových plášť spolehlivě usazen a upevněn (Herlihy, 2004). Celogumové pneumatiky dokázali do určité míry absorbovat nárazy i odolávat proražení, či prodření. I přes fakt, že se ve vývoji pneumatik jednalo o velký pokrok, byly tyto pláště příliš těžké a jízda s nimi nebyla hladká a plynulá (Continental-Truck, 2010). A tak se stále čekalo na znovuobjevení pneumatik plněných vzduchem (Konopka, 2007)

Roku 1888, to znamená téměř 50 let od výroby první gumy, vytváří britský veterinář John Boyd Dunlop pneumatiky pro tříkolku svého syna a to pomocí plátna a kapalného kaučuku (Dunlop Tires, 2015). Jedná se tedy o druhého vynálezce pneumatiky, ale jak Dunlop tvrdil, o předchozím vynálezu neměl nejmenší tušení, což je s ohledem na již zmíněný neúspěch Thomsonovi pneumatiky více než pravděpodobné (Continental-Truck, 2010). Svůj postup si nechal patentovat (Dunlop Tires, 2015). Tímto pokrokovým vynálezem se stává jízda na kole mnohem pohodlnější, začíná se upouštět od dobového označení kostitřas a přiklání se k názvu bicykl (Schwalbe, Technology, 2016).

Nevýhodou Dunlopovy pneumatiky byl ovšem fakt, že se montovala přímo na ráfek a nedala se tím pádem sejmout a opravit (Landa a Lišková, 2004), lepení se tedy provádělo přímo na místě a k servisu bylo zapotřebí odborníka. Navíc byly první exempláře poměrně drahé a náchylné k proražení či prasknutí (Herlihy, 2004).

### ***Vývoj pláště***

Další opravdový převrat ve vývoji pláště do dnešní podoby s sebou přinesly pneumatiky bratří Michelinových. Ti zkonstruovali první pneumatiku, jež měla samostatnou duši oddělenou od pláště (Herlihy, 2004) a bylo možné ji sundat z ráfku (Landa, 2004). Došlo k tomu v roce 1891. Vnější plášť byl ke kolu připevněn řadou svorek přišroubovaných pod ráfkem. To značně eliminovalo potřebu lepidla oproti předchozí Dunlopově pneumatice, ale co je důležitější, cyklista si mohl v případě poškození sám opravit nebo vyměnit duši s pomocí několika kusů běžného nářadí a náhradních materiálů. Praktičnost tohoto vynálezu se potvrdila vítězstvím Charlese Terronta v závodě Paříž-Brest a zpět, který se uskutečnil téhož roku (Herlihy, 2004)

Dále se technologie pneumatik rozvíjela velmi rychle. Vývoj vedl až ke vzniku dnes běžné „clinchery“ pneumatiky neboli pneumatiky, jejíž plášť zahrnuje také patky s obvykle drátěným jádrem, které jsou sevřeny (angl. „clinched“) v drážkách umístěných v ráfku. Tento technologický posun eliminoval potřebu jakéhokoliv dalšího technického vybavení, či součástek k udržení pneumatiky v ráfku (Herlihy, 2004).

S prvním použitím vzorku na plášti přichází firma Continental roku 1904 (Schwalbe, Technology, 2016).

Po první světové válce se v USA výrazně snížil zájem o jízdní kolo, a to z důvodu stoupající obliby automobilů. Ve Velké Británii byla však finanční situace obyvatelstva o poznání horší, tudíž zde bylo používání jízdních kol naopak stále na vzestupu. Vlivem toho se v Evropě brzy znovu závodilo, což si bezpodmínečně vyžádalo další rozvoj technologií s cílem vytvářet stále rychlejší bicykly. Následkem tohoto rozvoje byl vynález galusek (Sidwells, 2004).

Významný zlom v historii cyklistiky mají na svědomí cyklističtí nadšenci z Kalifornie, kteří v 70. letech minulého století předělali tzv. clunker (v překladu „křáp“), což bylo těžké kolo s robustními plášti nejčastěji využívané roznašeči novin, a vytvořili z něj první prototyp horského kola. Tím položili základy jízdy v terénu. S nimi přichází také vznik nových disciplín, jako je BMX, trial a mnohé další, pro které je třeba vytvořit specifická jízdní kola. Cyklistický průmysl zažívá jakousi renesanci (Sidwells, 2004).

Těmito historickými událostmi byla definována základní podoba a konstrukce pláště, jak ho známe v dnešní době. Konec jeho vývoje to však neznamena. Komponenty jízdního kola, včetně plášťů, se jednotlivým disciplínám cyklistiky neustále přizpůsobovaly a přizpůsobují. V následující podkapitole se věnuji právě technickým kritériím, od kterých se odvíjí následné dělení MTB plášťů.

## 2.1.2 Technické parametry

### Konstrukce MTB pláště

Pneumatiky v dnešní době existují, kromě klasické formy snímatelného pláště odděleného od duše, také ve formě bezdušových plášťů či galusek. Další možné rozdělení je na pláště drátové a skládací (Schwalbe Tires, 2016).

Základními konstrukčními prvky klasické varianty pláště jsou kord, běhoun z gumy a patky pláště spolu s jejich jádry (patky nemají pouze galusky, které se k ráfku lepí). Až na výjimky můžeme k základním prvkům každého pláště zařadit i ochranný pás proti poškození (Imexpo, 2015).

Obrázek 1- Průřez pláštěm (Imexpo, 2015)





## ***Kord***

Kord neboli kostra pláště je základním nosným prvkem a udává jeho elementární tvar. Jedná se o tkaninu z textilie, jež je z obou stran potažena gumou a ustřížena pod úhlem 45° vzhledem ke směru otáčení pneumatiky, čímž plášť získává požadovanou stabilitu při jízdě. (Imexpo, 2015). Tkanina, z níž sestává kord, je k dostání v různých variantách, lišících se rozdílným počtem vláken a jejich rozdílnou silou (Kenda, 2016). Dříve byla vlákna bavlněná, v současnosti jsou nejčastěji používána polyamidová (Konopka, 2007).

Počet vláken, tedy hustota tkaniny, je zásadním parametrem kordu a vyjadřuje ho jednotka TPI (angl. threads per inch), tzn. počet vláken na jeden palec čtvereční, nebo také EPI (angl. ends per inch), tedy počet konců vláken na palec čtvereční.

Platí, že čím větší je číslo TPI, tím větší je kvalita pneumatiky (Kenda, 2016). Vyšší hustota tkaniny se projeví vyšší odolností vůči propíchnutí/proražení, ale hlavně nižším valivým odporem a pohodlnější jízdou (Imexpo, 2015).

## ***Patky***

Patka je rozšířená a vyztužená část stěny pláště a tvoří jeho dolní okraj (Sidwells, 2004). U varianty tubeless ready (anglické označení pro bezdušové pláště) bývají patky zesílenější než u klasických plášťů (Bike, 2015)

Funkcí patek je ukotvení pláště na ráfku kola v okamžiku, kdy je duše nafouknuta (Sidwells, 2004). Kromě toho určují patky také průměr pláště.

Vyztužení patky má na starost její jádro, kterým je nejčastěji drát, ale v případě skládacích plášťů je jádro z kevlaru (Imexpo, 2015).

## ***Běhoun***

Běhoun je nejsvrchnější vrstvou pláště, která je vytvořena z gumy (Konopka, 2007). Přesněji řečeno se o gumu jedná až po procesu vulkanizace<sup>1</sup>. Vulkanizované gumě předchází gumová směs, skládající se z několika surovin.

---

<sup>1</sup> Vulkanizace gumové směsi spočívá ve spolupůsobení síry, vysokých teplot a tlaku, přičemž se následně spojí vrstvy pláště a vznikne bytelná, ale přesto pružná guma (Bike, 2015).

Jsou jimi přírodní kaučuk o procentuálním zastoupení 40-60%, plniva (např. oxid křemičitý nebo saze) která tvoří 15-30% směsi a 20-35% ostatních látek. Mezi ostatní látky patří zejména vulkanizační látky (síra), vulkanizační urychlovače a látky zabraňující opotřebení (Imexpo, 2015). Od gumové směsi jsou vyžadovány různé vlastnosti, s cílem vytvořit ideální pneumatiku. Tyto vlastnosti si ovšem často odporují. Zejména se jedná o požadavek nízkého valivého odporu a zároveň výborné přilnavosti (podrobněji viz podkapitola Faktory ovlivňující jízdní vlastnosti pláště). V případě přilnavosti je nutné, aby gumová směs absorbovala velké množství energie, kdežto u nízkého valivého odporu je to právě naopak (Imexpo, 2015). Všem požadavkům tedy vyhovět nelze a výběr pláště je vždy otázkou kompromisu (Haymann, 2009).

Běhoun se dělí na dezén ve středu pláště a na stěny (případně boky) pláště. Stěna pláště je část mezi dezénem a ráfkem kola (Sidwells, 2004). Vzorek funguje jako styčná plocha pláště s terénem (Hrubíšek, 1992), a stejně jako pružnost gumy je důsledkem vulkanizace, před níž má běhoun formu pouze polohotové hmoty bez profilace (Imexpo, 2015).

### ***Konstrukční specifika***

Nejvíce se od klasického pláště liší galusky (angl. tubular), a to tím, že je duše vsita do kostry pláště a na ráfek se lepí, tudíž nemá a nepotřebuje žádné patky (Imexpo, 2015). Dříve byla výhodou galusek jejich menší šířka a tím pádem i nižší váha a proto byly galusky téměř výlučnou volbou pro závodní silniční cyklistiku (Konopka, 2007). Další výhodou byla možnost nahuštění na vyšší tlak, než bylo běžné (Sidwells, 2004). S rozvojem cyklistického průmyslu se však rozdíl postupně setřely, neboť se podařilo vytvořit pneumatiky s téměř totožnými vlastnostmi i s použitím klasických plášťů s drátěnými patkami (Konopka, 2007). V případě skládacích kevlarových plášťů jsou tyto vlastnosti dokonce překonány. Krom toho je instalace galusek náročnější, než u ostatních typů plášťů, také je není možno opravit záplatou a jejich komplikovanější výroba se odráží ve vyšší pořizovací ceně. Výhodou galusek tedy zůstává pouze reakce na defekt. Díky přilepení totiž zůstávají na ráfku a je možno s nimi opatrně pokračovat v jízdě (Imexpo, 2015).

Dalším konstrukčně specifickým pláštěm je bezdušový plášť. Jak název napovídá, není u tohoto typu používána duše (Sumner, 2014). Vzduch je totiž v tomto patkovém plášti neprodyšně utěsněný buď formou UST (tj. Universal System Tubeless), což zahrnuje použití speciálních vzduchotěsných ráfků (Haymann, 2009), nebo formou Tubeless Ready, která používá slabší kord o nižší váze, ale současně je nutné pro absolutní neprodyšnost použití těsnícího mléka (Bike, 2015). Jako pozitivum pro použití bezdušových plášťů na horském kole je možné zmínit možnost huštění na menší tlak, čímž vzniká lepší trakce (Sumner, 2014). Se systémem UST je ovšem také spojena vyšší váha a cena (Haymann, 2009).

### **Faktory ovlivňující jízdní vlastnosti pláště**

Od pneumatiky jízdního kola je očekáváno ideální chování a bezpečnost ve vybraném terénu. Toto ideální chování lze také označit jako jízdní vlastnosti, mezi které řadíme zejména míru valivého odporu, dobré valivé schopnosti a přilnavost (Konopka, 2007).

Jak přilnavost, tak i valivý odpor jsou druhy tření, to znamená, že vyvíjí třecí sílu, která působí proti síle posunující těleso po podkladu. Z toho plyne, že k dosažení pohybu je nutné třecí sílu překonat, nebo ji v případě adhezního tření přeměnit na jinou. Adhezní tření mezi kolem a podkladem je totiž zároveň stěžejní podmínkou přenosu obvodové síly (tj. pohonné, nebo brzdné) a boční vodící síly. Umožní tak odvalování tělesa, při kterém vzniká pro změnu tření valivé (Gscheidle, 2007).

V kontextu cyklistiky fungují tyto fyzikální zákonitosti následujícím způsobem. Při odvalování se pneumatika zplošťuje v místě kontaktu s podložkou. Současně je o povrch podložky neustále deformován a odírán dezén i celý běhoun, tak aby byly vyrovnány nerovnosti terénu. Toto vnější a vnitřní tření spolu s neelastickou deformací dezénu dohromady tvoří schopnost přilnavosti<sup>2</sup> pláště, která podporuje odvalování pneumatiky, při němž vzniká valivý odpor. Ten ale znamená ztrátu energie, kterou je potřeba překonat (Burke, 2003).

---

<sup>2</sup>Přilnavost, nebo též adheze, je schopnost přilnutí dvou materiálů, tzn. schopnost přenesení tečných (třecích) sil těchto materiálů bez znatelného pohybu (Kinloch, 1987)

Paradoxně tedy požadujeme od pláště výbornou přilnavost, ale minimální valivý odpor, ačkoliv s vyšší přilnavostí valivý odpor stoupá.

Každá třecí síla je součinem normálové síly<sup>3</sup> a součinitele tření<sup>4</sup> (Gscheidle, 2007). I míra valivého odporu je tudíž dána normálovou silou a součinitelem tření. Jmenovitě závisí velikost valivého odporu na povrchu terénu, konstrukci běhounu a jeho dezénu, konstrukci duše, použitých materiálech, nahuštění pneumatiky, velikosti tíhové síly, průměru příčného řezu pneumatiky, průměru kola, rychlosti, teplotě pneumatiky, točivém momentu<sup>5</sup> a úhlu osy řízení (tj. úhlu osy hlavové trubky). Nejdůležitější z těchto faktorů je ovšem charakter terénu, materiál a konstrukce pneumatiky, tlak pneumatiky a její zatížení (Burke, 2003). Čím je valivý odpor vyšší, tím větší sílu musí cyklista vyvinout pro jeho překonání (Imexpo, 2015). Toto vyšší úsilí se projeví navýšením pracovního metabolismu nebo jinak řečeno navýšením energetického výdeje (Bartůňková, 2013).

Valivý odpor a přilnavost jsou tedy velmi důležitými tématy, která úzce souvisí s mým výzkumem, jehož cílem je právě zjištění velikosti energetického výdeje při použití rozdílných typů pláštěů. Dále se proto věnuji faktorům, ovlivňujícím zejména valivý odpor a přilnavost pláště.

### ***Hmotnost***

Nejnižším valivým odporem se vyznačují pláště, jejichž stěny jsou tenčí. Toto snížení valivého odporu je dáno menším množstvím použitého materiálu, a tím pádem nižší hmotností pláště.

Kromě množství je pro hmotnost pláště zásadní také druh použitého materiálu. K výrobě kordu pláště je nejvýhodnější použití tenkých hedvábných, nylonových nebo kevlarových vláken, a to nejen díky nižší hmotnosti, ale i díky menším ztrátám energie z důvodu vnitřního tření materiálu (Burke, 2003).

---

<sup>3</sup> Kolmá složka síly působící na těleso. Pokud je těleso na rovině, rovná se normálová síla tíhové (Gscheidle, 2007).

<sup>4</sup> Souhrnné označení ostatních veličin ovlivňujících tření (Gscheidle, 2007).

<sup>5</sup> Točivý moment (moment síly) je velikost síly působící na bod, který je vzdálený od osy otáčení. V rámci cyklistiky se jedná o sílu, která je vyvinuta na zadní kolo prostřednictvím „pohonu“ bicyklu (Sidwells, 2004).

### ***Tloušťka materiálu***

Kromě nižší hmotnosti má však použití menšího množství materiálu vliv na jízdní vlastnosti i z dalšího důvodu. Znamená to také, že méně materiálu je nutno méně deformovat a tím ztrácet energii (Imexpo, 2015).

### ***Šířka***

Jakkoliv se to zdá paradoxní, platí fakt, že pláště o menším průměru se při souhlasném nahuštění vyznačují vyšším valivým odporem. Vysvětlením je větší deformace pláště, tzn. jeho větší zploštění, tím pádem i přilnavost a valivý odpor (Haymann, 2009).

### ***Pružnost***

S vyšší pružností materiálu (hl. gumové směsi) klesá množství energie ztracené při vyrovnávání deformací, čímž je zajištěn nižší valivý odpor (Imexpo, 2015).

### ***Vzorek a běhoun***

I vzorek běhounu ovlivňuje valivý odpor. Co se týče hrubosti, mají pláště s jemným vzorkem nižší valivý odpor, než ty s hrubým. Nejnižší valivý odpor mají tzv. slicky. Primárním úkolem vzorku je ovšem zlepšení přilnavosti pneumatiky a nikoliv snižování valivého odporu (Burke, 2003). Při jízdě po hladké silnici tedy nehraje typ dezénu příliš významnou roli, jelikož v takovémto terénu jsme přilnavost schopni zajistit pouze oděrem gumové směsi o vozovku. Oproti tomu ve členitém terénu je role dezénu z hlediska trakce zásadní. Hrubý vzorek je totiž, na rozdíl od jemného, schopen se do povrchu zaklesnout a tím zprostředkovat přenesení pohonné, řídicí a také brzděné síly (Imexpo, 2015). Platí tedy, že čím vyšší a řídněji rozmístěné jsou bloky dezénu, tím lepší jsou jeho záběrové vlastnosti ve členitém terénu a na mokru. Naopak hustý a jemný vzorek je vhodné použít pro jízdu na suché silnici a pevném terénu (Makeš, 2002). Existuje také kompromisní provedení silničního a zároveň terénního dezénu, tzv. semislick. Pneumatika s tímto vzorkem je schopna se při podhuštění obstojně odvalovat v terénu a naopak při vyšším nahuštění zase po terénu zpevněném (Hrubíšek, 1992). Zvolit jeden typ dezénu tím nejlepším ale nelze, jelikož každý typ terénu vyžaduje svůj specifický vzorek, stejně jako nelze vytvořit univerzální

plášť, který by např. na silnici dosahoval stejně dobrých výsledků, jako plášť čistě silniční (Makeš, 2002).

### ***Gumová směs***

Jak je výše zmíněno, druh gumové směsi je jedním z faktorů ovlivňujících hmotnost a také pružnost pláště.

Prostřednictvím záměny či změny poměru různých složek gumové směsi lze vytvořit dva na pohled identické pláště, které mají zcela jiné jízdní vlastnosti. Mimo to může být jeden plášť tvořen i několika druhy gumové směsi. Maximální množství použitých směsí na jeden plášť se liší dle výrobce. Například firma Maxxis nabízí single, dual nebo triple compound technologie, to znamená, že používá jeden až tři druhy gumové směsi pro výrobu jednoho pláště (Maxxis, 2016).

### ***Teplota***

Spolu s vyšší teplotou gumy klesá její viskozita, čímž se snižuje vnitřní tření materiálu. S rostoucí teplotou také dochází k rozpínání vzduchu, tudíž narůstá i tlak v pneumatikách. Znamená to, že zahřáté pneumatiky se odvalují lépe než studené (Burke, 2003).

### ***Tlak***

Tlak v pneumatice se spolu s průměrem pláště podílejí na udávání velikosti styčné plochy pneumatiky s podkladem, přičemž vyšší styčná plocha způsobí také větší přilnavost a valivý odpor (Burke, 2003). Co se tlaku týče, v případě jízdy po hladkém terénu, volíme tlak poblíž hranice maxima. Díky tomu se pneumatika i při stejném zatížení méně deformuje. V náročném terénu ovšem platí přesný opak, to znamená, že lepší je zvolit nahuštění na nižší tlak. Pneumatika se pak jednodušeji přizpůsobí nerovnostem, nebude od nich odskakovat, a tudíž jimi nebude tolik brzděna. Tím se sníží valivý odpor. Ne vždy se tedy vysoký tlak rovná nízkému valivému odporu (Imexpo, 2015). Je však potřeba vyvarovat se přehuštění a stejně tak podhuštění. V prvním případě dojde ke ztrátě přilnavosti a tím i bezpečnosti, nemluvě o nepohodlnosti jízdy. V tom druhém se zvýší valivý odpor a navíc i riziko proražení pneumatiky (Hrubíšek,

1992). V této studii jsou, z důvodu eliminace efektu na energetický výdej, nahuštěny všechny pláště na přesný průměr výrobcem doporučeného rozpětí.

### ***Průměr pláště***

Ačkoliv se větší průměr pláště vyznačuje i větší styčnou plochou s podkladem, jeho valivý odpor je nižší. To je způsobeno úhlem, pod kterým kolo najíždí na nerovnost v kombinaci s větší záběrovou plochou. Kola o větším průměru totiž najíždí na překážku pod méně ostrým úhlem, nežli kola s menším průměrem. Tím pádem jsou i méně brzděna. Nevýhodou zůstává pouze vyšší hmotnost a fakt, že například 29 palcová kola pro svou velikost nelze použít u všech typů geometrie rámu (Imexpo, 2015).

Pro tento výzkum byl u všech tří pláštů zvolen stejný průměr.

### **2.1.3 Rozdělení pláštů**

Jak je již výše zmíněno, pláště jsou v základu děleny stejným způsobem jako jízdní kola, a to podle terénu. To znamená na silniční (slicky), terénní („drapáky“) a univerzální (semislicky). Tyto typy pláštů se od sebe liší především dezénem a gumovou směsí. Existují též speciální pláště s hřeby, které jsou určeny pro jízdu na ledě a tvrdém sněhu (Hrubíšek, 1992), a pláště pro Fat Bike určené do obzvláště nezpevněného terénu (měkký sníh/písek) (Schwalbe, Cyklistické pláště, 2016). Ačkoliv mají pláště s hřeby a pláště pro Fat Bike terénní charakter, za vhodnější považují zařazení do kategorie pláštů pro extrémní disciplíny.

V následujících podkapitolách nejprve zmiňuji základní charakteristiku pláštů pro daný terén a následně specifika pláštů pro jednotlivé disciplíny a použití.

### **Silniční pláště**

Pro jízdu po silnici jsou jediným adekvátním obutím naprosto hladké pneumatiky (tedy slicky), nebo pneumatiky pouze s minimálním profilem, který zlepšuje jejich vlastnosti na mokru. Vyznačují se minimálním valivým odporem při nahuštění na maximum (Hrubíšek, 1992). Dělíme je na závodní a turistické. Turistické silniční pláště jsou o něco silnější, než závodní, což jim dodává vyšší odolnost a tím také bezpečnost (Sidwells. 2004).

## **Terénní pláště**

Říká se jim také „drapáky“. To kvůli jejich výraznému profilu a tudíž vynikajícím záběrovým schopnostem. Jsou tedy určeny do nejnáročnějších podmínek, tzn. i do mokra, či bahnitého terénu (Hrubíšek, 1992).

### ***Cross country (XC) pláště***

Je závodní disciplína MTB, ve které musí závodník zvládnout náročné výstupy i sjezdy. Vzhledem k častému stoupání je potřeba, aby měly XC pláště i celá kola, co nejnižší hmotnost, ale zároveň optimální vlastnosti pro sjezdové pasáže. Určitou část terénu tvoří také asfalt (méně než desetinu) (Pehle, 2008), proto jsou XC pláště k dostání v klasické MTB variantě, i jako semislicky (Sidwells, 2004), a dokonce v případě disciplíny XC maraton i v podobě MTB slicků (Schwalbe, Cyklistické pláště, 2016).

### ***Cyklokrosové pláště***

Pro cyklokros jsou typické extrémní pasáže, strmé úseky a překážky, přes které je často nutné přenést kolo na rameni. Hmotnost kola spolu se stabilitou je tím pádem snad ještě zásadnější než u disciplíny XC. Zde je ale váha výrazně snížena charakterem rámu, který je velmi výrazně podobný rámu silničního kola (Pehle, 2008). Pro dobrou trakci ovšem závodníci obouvají pláště širší, než jsou ty silniční. Jsou to klasické MTB pláště s hrubým vzorkem, ale i semislicky (Schwalbe, Cyklistické pláště, 2016).

### **Univerzální pláště**

Pláště činí univerzálními buďto jejich dezén, nebo šířka. Univerzální dezén se nazývá semislick (angl. polohladký). Semislick je tvořen hrubým terénním vzorkem, ale jeho středem probíhá hladký a souvislý pás (Hrubíšek, 1992). Univerzální šířka je taková, která je větší než šířka silničního, avšak menší než šířka terénního pláště (Landa, 2004).

### ***Trekingové/Krosové pláště***

Co se týče šířky, je trekingový plášť „zlatou střední cestou“ mezi silničním a MTB pláštěm. Oproti silničním plášťům také disponuje hrubším dezénem, nikoliv však tak hrubým jako pláště MTB. To vše činí trekingový plášť



nejvhodnější volbou pro cykloturistiku (Landa, 2004). Krosové kolo se od trekingového liší v podstatě pouze doplňkovým osazením (osvětlení, blatníky, nosič atd.), je proto vhodnější spíše pro kratší výjezdy, nežli několikadenní putování. V obutí však nejsou výrazné rozdíly (Pehle, 2008).

### ***Pláště pro City Bike***

City Bike je kolo ideální pro dojíždění na kratší vzdálenosti, např. do práce, po zpevněných cestách. Plní tedy zejména funkci každodenního dopravního prostředku, tzn., že musí mít nízký valivý odpor a obstát za každého počasí. Proto na City Bike patří téměř hladké MTB pláště s jemnými odváděcími drážkami pro stabilitu na mokru (Hrubíšek, 1992).

Univerzální pláště se, jak vyplývá z předchozího textu, netýkají pouze trekingových kol, krosových kol a City Biku, ale uplatňují se v řadě dalších disciplín. Totéž platí i pro slicky.

### **Pláště pro extrémní disciplíny**

#### ***BMX/Dirtové pláště***

BMX pláště jsou, stejně jako dirtové, nabízeny ve variantách pro široké spektrum povrchů. BMX totiž neznamená pouze jízdu ve skateparcích a zrovna tak dirtové kolo neznamená jen jízdu po přírodních tratích. Kategorie BMX sestává ze dvou disciplín, je to Race a Freestyle BMX. V případě disciplíny Race očekávají jezdci od pláště, jak sám název napovídá, především rychlost, tedy nízký valivý odpor. Naopak u Freestyle BMX usilujeme o co největší odolnost a obratnost, proto je, oproti kategorii Race, nasazován o něco širší a celkově bytelnější plášť, který má hustší dezén s dobrou přilnavostí na hladkém povrchu (Pehle, 2008).

Dříve se opomíjel fakt, že i pro kategorii Dirt Jump je podstatná váha a valivý odpor pláště. Nyní jsou ovšem dirtové pláště extrémně lehké a disponují dezénem s uzavřenými bloky (více pro jízdu v rampě, méně pro přírodní tratě), který jezdci poskytuje, kromě nízkého valivého odporu, také jistotu při provádění triků (Schwalbe, Cyklistické pláště, 2016).

### ***Gravity/Enduro pláště***

Gravity disciplíny spočívají v rychlé adrenalinové jízdě z prudkého kopce, proto zde není potřeba na materiálu šetřit a tyto pláště spadají do nejtěžší váhové kategorie. To navíc přispívá k jejich vyšší odolnosti vůči poškození (Haymann, 2009). Masivní bloky dezénu těchto pláštů se vyznačují největšími rozestupy, což způsobuje výbornou samočisticí schopnost, ale hlavně přilnavost a tudíž i brzdě schopnosti (Schwalbe, Cyklistické pláště, 2016).

Disciplína Enduro je kombinací Gravity a XC. To znamená stoupaní s cílem požitku z následných náročných sjezdů. Přednější je bezpečnost při sjezdu, a tak se i pro tuto disciplínu používají Gravity pláště, je to ale vykoupeno extrémní náročností při stoupaní (BikeRadar, 2016).

### ***Pláště pro Fat Bike***

Pláště pro Fat Bike poskytují mimořádnou přilnavost a záběr i v nejobtížnějším terénu. Ať už jsou to vlhké kameny, bažiny, zasněžené kopce či písčité terén. Díky zvětšené styčné ploše snižují tyto pláště tlak, kterým působí kolo a cyklista na podklad. To je důvod, proč tak dobře drží stopu, dokonce i když je terén pokrytý sněhem. Navíc se hustí na obzvláště nízký tlak, proto je jízda natolik komfortní, že se pro Fat Bike nepoužívá žádné další odpružení. O to je údržba Fat Biku jednodušší a levnější. Na druhou stranu je jízda vlivem vysoké váhy pláštů a velké styčné plochy na zpevněném povrchu pomalejší a fyzicky náročnější, než u všech ostatních druhů pneumatik (IceBike, 2016).

## **2.2 Zátěžová fyziologie cyklistiky**

Z hlediska adaptace je zátěž definována jako podnět či souhrn podnětů, které následně způsobí reakci organismu ve formě stresu. Tato reakce různou měrou, v negativním slova smyslu, ovlivňuje stálost vnitřního prostředí organismu, což je příčinou řady dalších fyziologických změn (Perič et Dovalil, 2010).

V případě cyklistiky je takový podnět charakterizován cyklickými pohyby vytrvalostní povahy. Ony cyklické pohyby jsou výsledkem střídavé činnosti svalů dolních končetin (Landa, 2005).

### 2.2.1 Metabolismus

Jinak řečeno látková přeměna, je souhrnné označení pro veškeré enzymatické děje, při nichž dochází k přeměně látek (čili substrátů) a energie (tzv. fosfátů). Tyto enzymatické děje probíhají po metabolických drahách (Bartůňková, 2013).

V rámci látkové přeměny rozlišujeme dva základní typy reakcí, a to anabolismus a katabolismus. V případě anabolismu dochází k přeměně jednodušších látek na složitější, tudíž se jedná o syntetickou reakci a energie se při ní spotřebovává (reakce je endoergní). Při katabolické reakci se energie naopak uvolňuje (reakce je exoergní) a ze složitějších látek se tvoří látky jednodušší (Bartůňková, 2013).

Podle množství kyslíku, který má organismus aktuálně k dispozici, lze metabolismus rozdělit na aerobní a anaerobní. Při nedostatku kyslíku (tedy anaerobně) je organismus schopen metabolizovat pouze cukry. Oproti tomu aerobně mohou být metabolizovány cukry, tuky i bílkoviny, tzn. všechny tři druhy makroergních substrátů (Bartůňková, 2013).

### 2.2.2 Zdroje energie

Lidský organismus je schopen čerpat energii ze dvou typů zdrojů. Z tzv. bezprostředních zdrojů energie, nebo ze zdrojů náhradních (Havlíčková, 2003).

#### *Makroergní fosfáty*

Neboli bezprostřední zdroje energie, tvoří adenosintrifosfát (ATP), adenosindifosfát (ADP) a kreatinfosfát (CP), a nachází se ve všech buňkách organismu. ATP disponuje dvěma vysokoenergetickými vazbami. Jeho aktuální zásoba je však 80 – 200 g, což je množství, ze kterého je možno uvolnit pouze zhruba 21 - 33 kJ, tzn. energii k pokrytí 1 až 3 vteřin maximálně intenzivní aktivity. Proto je ATP neustále re-syntetizován v průběhu katabolických reakcí makroergních substrátů. Kromě toho je organismus schopen re-syntetizovat ATP ze zdrojů vlastního makroergního systému. K tomu slouží zbylé makroergní fosfáty, tedy ADP (myokinázová reakce) a CP (Lohmanova reakce). Část energie se uvolňuje i z kreatinfosfátu v průběhu Lohmanovy reakce (jeho zásoby jsou 4 –

6 x větší než ATP), ovšem za delší časový úsek než v případě ATP (10 – 15 s) (Bartůňková, 2013).

### ***Makroergní substráty***

To jsou cukry, tuky a bílkoviny, tedy makroživiny přijímané v potravě. Energie z nich je získávána sérií katabolických reakcí. Všechny tyto substráty vstupují do tzv. Krebsova cyklu (odehrává se v mitochondriích), což je série oxido-redukčních reakcí. Koenzymy nikotinamid adenin dinukleotid (NAD) a flavinadenin dinukleotid (FAD) v jejich průběhu odebírají vodík sloučeninám, které jsou oxidovány, tím pádem se koenzymy redukují na NADH a FADH<sub>2</sub>. V Krebsově cyklu vzniká energie o velikosti 2 mol ATP a oxid uhličitý. Před samotným vstupem však musí být substráty předpřipraveny řadou reakcí (Bartůňková, 2013).

V případě cukrů se jedná nejprve o anaerobní glykolýzu (za vzniku 2 mol ATP) či glykogenolýzu (za vzniku 3 mol ATP), jejichž produktem je kyselina pyrohroznová (pyruvát), která se v případě nedostatku kyslíku redukuje na kyselinu mléčnou (laktát). Následuje aerobní glykolýza, při níž z pyruvátu (oxidativní dekarboxylací) vzniká acetyl-koenzym A, který již vstupuje do Krebsova cyklu (Bartůňková, 2013).

Tuky v podobě mastných kyselin, vstupují do Krebsova cyklu také jako acetyl-koenzym A, který vznikl předchozí beta-oxidací. Bílkoviny ve formě aminokyselin prochází desaminací, dekarboxylací a hydrogenací, až poté přichází do cyklu prostřednictvím různých meziproductů (Bartůňková, 2013).

Na Krebsův cyklus navazují dýchací (elektronové transportní) řetězce, které probíhají na mitochondriální membráně (její vnitřní straně) a jsou spřaženy s oxidativní fosforylací. Konkrétně se jedná o přenos elektronů NADH a FADH<sub>2</sub> přes kaskádu cytochromů, jejichž železná složka je postupně oxidována (na ferri formu Fe<sup>3+</sup>), či redukována (na ferro formu Fe<sup>2+</sup>). Konečným akceptorem elektronů je kyslík na konci řetězce (získává tím nejvyšší redukční potenciál) a v reakci s vodíky vzniká voda. V průběhu těchto přenosů vzniká energie, konkrétně se na dýchací řetězce váže přes 90 % celkové syntézy ATP (Bartůňková, 2013).

Pokud se organismus nachází v klidu, či v nízké úrovni zatížení, je energie čerpána smíšeně ze všech druhů makroživin. Při maximálním zatížení převažují jako zdroj energie glycidy (hl. glukóza a glykogen), které mohou být dokonce výhradním zdrojem. Tuky se naopak jako zdroj energie uplatňují během déletrvajícího zatížení. Bílkoviny slouží jako zdroj E zřídka, jejich trávení je totiž nejnáročnější ze všech makroživin (spotřebuje až 30 % nál. BM). Podíl bílkovin v energetickém zásobení stoupá při dlouhodobější zátěži a nejvíce jsou využívány pro regeneraci. To, která živina je právě metabolizována, udává poměr mezi výdejem CO<sub>2</sub> a spotřebou O<sub>2</sub>., který se nazývá poměr respirační výměny (RER). Hodnota RER = 1 při oxidaci cukrů, RER = 0,7 při oxidaci tuků a při oxidaci bílkovin je RER = 0,8. V případě cukrů však existují i výjimky. Tzn., že pokud dochází k přeměně cukrů na tuky, může RER být větší než jedna a při glukoneogenezi může být RER dokonce nižší než 0,7 (Havličková, 2003).

### **2.2.3 Zóny metabolického krytí**

Každá pohybová aktivita spadá do jedné ze čtyř kategorií intenzity zatížení. Jedná se o maximální, submaximální, střední nebo mírnou intenzitu. Při jednotlivých úrovních intenzity čerpá organismus energii z různých zdrojů, to znamená, že každá intenzita zatížení má svou zónu metabolického krytí (Havličková, 2003).

#### ***Anaerobní alaktátová (fosfátová) zóna***

Jinak řečeno ATP-CP systém čerpání energie. To napovídá, že zdrojem energie je ATP spolu s CP. Tato zóna zajišťuje energetické zásobení při činnostech maximální intenzity s trváním 10 – 20 s, kdy nemá organismus dostatečnou saturaci kyslíkem. Získání energie tedy probíhá anaerobně a za vzniku pouze malého množství laktátu (Havličková, 2003).

#### ***Anaerobní laktátová zóna***

Zóna krytí pro činnosti submaximální intenzity s dobou trvání 45 – 90 s. Proces probíhá opět anaerobně, ale v organismu se již projevuje výrazný nárůst kyseliny mléčné. Jedná se tedy o anaerobní glykolýzu, jejímž produktem je právě laktát a jeho soli. Doba, po jakou je organismus schopen pracovat v této zóně, je

limitována subjektivně i objektivně, podle míry tolerance jedince vůči zátěžové metabolické acidóze (Havlíčková, 2003).

### ***Anaerobně-aerobní zóna***

Tento způsob energetického krytí se týká krátkodobé střední intenzity činnosti. Jedná se o dobu v řádu minut. Energie je získávána prostřednictvím jak aerobní, tak i anaerobní glykolýzy (Bartůňková, 2013).

### ***Aerobní (oxidativní) zóna***

Při činnosti trvající desítky minut až hodiny, to znamená při dlouhodobé střední a mírné intenzitě, pracuje lidský organismus již v setrvalém stavu (tzv. steady state). To znamená, že poptávka po kyslíku již odpovídá dodávce a hladina laktátu v krvi se tudíž nezvyšuje. Energie je získávána procesem aerobní glykolýzy a lipolýzy (Bartůňková, 2013).

## **2.2.4 Ukazatelé zatížení**

Fyzické zatížení se projeví na hodnotách ukazatelů dechových i oběhových funkcí. Vzhledem k cíli a metodám mého výzkumu (tzn. zjištění rozdílů v energetickém výdeji prostřednictvím spiroergometrie), v jehož výpočtech hodnoty ukazatelů oběhového systému nijak nefigurují, se v rámci ukazatelů zatížení věnuji pouze dýchacímu systému.

### **Dýchací systém**

Ukazatelé dýchacího systému se rozdělují na ventilační a respirační (Bartůňková, 2013).

#### ***Ventilační ukazatelé***

Ventilační ukazatelé jsou parametry, které měří metoda spiroergometrie. Dále je rozlišujeme na dynamické a statické (Bartůňková, 2013).

Dynamické ventilační parametry jsou ty, které mají určený časový rozměr. Řadí se k nim minutová ventilace (V), dechová frekvence (DF), dechová rezerva, apnoe, průtokové rychlosti a také rozepsaný usilovný výdech vitální kapacity (VC) (Bartůňková, 2013).

Požadavkem svalstva při jakékoliv fyzické činnosti je vyšší dodávka kyslíku. Tento zvýšený přísun je podmíněn mírou ventilace, proto její hodnoty při zatížení zákonitě stoupají. Ventilace stoupá díky zvýšení DF i dechového objemu ( $V_T$ ) (Havlíčková, 2003). Na rozdíl od ventilace kyslíku ( $VO_2$ ), která stoupá přímo úměrně k zatížení, stoupá  $V$  úměrně pouze do úrovně anaerobního prahu (ANP). To znamená do okamžiku, kdy začne převažovat anaerobní laktátová zóna krytí. Od úrovně ANP nelineárně stoupá. ANP je, kromě ventilační křivky, zlomem i křivky  $VCO_2$  a laktátové. Poměr  $V$  a  $VO_2$ , tedy ventilační ekvivalent kyslíku ( $VEqO_2$ ), udává množství vzduchu potřebné k získání jednoho litru  $O_2$  (Bartůňková, 2013).

Dechová frekvence se v klidu pohybuje v rozmezí 14 - 16 dechů/min (Bartůňková, 2013). Při lehké práci činí 20 - 30 dechů/min a při vysoké zátěži může vystoupat až do výše 40 - 60 dechů/min. Příliš vysoká DF však způsobuje zkrácení výdechu, tím pádem je nutno zapojit pomocné dýchací svalstvo, což vede k rychlejší únavě. Toto zkrácení výdechu má za následek nižší  $V_T$ , a proto i snížení  $V$ . Následně se dýchání dostává do inspirační polohy, je náročné a nastává dyspnoe (dušnost) (Havlíčková, 2003).

$V_T$  udává v litrech celkové množství vzduchu nadechnutého a vydechnutého v rámci jednoho dechu. Objektivněji se však udává formou procentuálního podílu VC. Při vysoké intenzitě zátěže má hodnotu až 50 % VC, trénovaní sportovci dosahují i 70 % VC (Havlíčková, 2013).  $V_T$  a VC tvoří spolu inspiračním a expiračním objemem statické ventilační ukazatele (Bartůňková, 2013).

VC je ukazatelem maximálního dechového objemu, jedná se tedy o maximální výdech, jemuž předcházely maximální nádechy. Ve sportovní fyziologii je obvykle měřen zejména usilovný výdech (FVC) a jeho hodnoty rozepsané z hlediska času a rychlosti (rychlost výdechu definuje i sílu výdechového svalstva). Z časového hlediska se určuje hodnota výdechu za 1 sekundu ( $FEV_1$ ) nebo hodnota za 3 sekundy ( $FEV_3$ ). Rychlost výdechu se vyjadřuje jako procento VC. Norma pro FEV u zdravého dospělého jedince se pohybuje mezi 25 - 75% a značí se  $FEV_{25-75\%}$  (Bartůňková, 2013).

### ***Respirační ukazatelé***

Mezi respirační ukazatele se řadí  $VO_2$  spolu s  $VCO_2$ , z nichž se dále určuje poměr respirační výměny (Havlíčková, 2003).

$VO_2$ , tedy spotřeba kyslíku je nejsledovanějším respiračním parametrem a spolu se srdeční frekvencí (SF) a laktátem je nevýznamnější diagnostickou veličinou (Sekera, 2009). Je také prostředkem ke zjištění maximálního aerobního výkonu ( $VO_{2max}$ ) a maximální aerobní kapacity (množství energie mobilizovatelné aerobně). Co je ale pro tento výzkum nejdůležitější, je i prostředkem ke zjištění energetického výdeje, a to pomocí nepřímé kalorimetrie.  $VO_2$  může být vyjádřena v litrech za minutu. Objektivnější je však vyjádření ve vztahu k tělesné hmotnosti, tedy v přepočtu na jeden kilogram (Bartůňková, 2013).

$VO_{2max}$  je maximální spotřeba kyslíku a využívá se jako ukazatel trénovanosti, nebo se prostřednictvím procent  $VO_{2max}$  vyjadřuje úroveň intenzity zatížení (Sekera, 2009). Průměrně má 25 letý muž  $VO_{2max}$  ve výši 3,2 l/min, u ženy je to 2,2 l/min (Bartůňková, 2013).

#### **2.2.5 Výživa**

Energetický výdej je, obzvláště u sportovců, nutné pokrýt odpovídajícím příjmem energie. Ten je tvořen součtem makroživin (cukry, tuky, bílkoviny) a mikroživin (vitamíny, minerály, stopové prvky) přijatých v potravě. Energetický příjem sportovců je obvykle podstatně vyšší než u nespportující populace, pro kterou je stanovena hranice 8 400 kJ/den. U sportovce může dosahovat dokonce 12 000 - 20 000 kJ/den, což je způsobeno také zvýšeným BM z důvodu většího množství svalové hmoty. Platí, že role cukrů a tuků je zejména energetická, bílkoviny oproti tomu slouží primárně k výstavbě tkání (Bartůňková, 2013).

Potřeba živin se v závislosti na druhu sportu liší. Cyklistika spadá mezi sporty vytrvalostní, pro které je orientačně stanoven trojpoměr makroživin 50 % - 25 % - 25 %, kde první číselný údaj představuje procentuální zastoupení sacharidů, další jsou tuky a bílkoviny. Reálně však musí být tento trojpoměr individuálně přizpůsoben (Máček, 2011).



## ***Makroživiny***

U vytrvalostních sportů stoupá spolu s intenzitou a délkou trvání zátěže podíl energie uvolněné z glykogenových zásob. Pro doplnění těchto zásob je potřebný vysoký příjem sacharidů. V závislosti na těchto faktorech se doporučené denní množství sacharidů v potravě vytrvalce pohybuje v rozmezí 7 - 12 g/kg tělesné hmotnosti (Bartůňková, 2013).

Tuky slouží jako zdroj energie obzvláště při dlouhotrvající vytrvalostní zátěži. Obecně doporučené denní množství činí cca 1,5 g/kg pro rychlostně-silové sporty, u vytrvalostních 1 g/kg (Bartůňková, 2013).

U bílkovin je doporučení 1,2 – 1,4 g/kg pro vytrvalce. Pro silové sporty je to o něco vyšší množství, 1,6 - 1,7 g/kg (Bartůňková, 2013).

## ***Mikroživiny***

Nutnost suplementace mikroživin prostřednictvím výživových doplňků při pestré a vyvážené stravě (dostatek ovoce, zeleniny a masa) nebyla nikdy prokázána u sportovců ani u běžné populace. Vyšší požadavek na množství mikroživin je u sportovců kompenzován celkově vyšším příjmem energie (Máček, 2011).

### **2.2.6 Nepřímá kalorimetrie a spiroergometrie**

Kalorimetrie je metoda pro stanovení EV a rozlišujeme ji na přímou a nepřímou. Přímá kalorimetrie se liší tím, že je prováděna v kalorimetrických komorách. Díky nim je, na rozdíl od metody nepřímé kalorimetrie, zohledněna (kromě VO<sub>2</sub> a VCO<sub>2</sub>) také tvorba tepla. Přímou kalorimetrii je však často nemožné realizovat vzhledem k charakteru daného sportu. Oproti tomu nepřímou kalorimetrií lze výdej energie měřit jak laboratorně, tak i v terénu (Heller, 2011). Pro tento výzkum byla ke zjištění energie použita právě metoda nepřímé kalorimetrie.

#### ***Nepřímá kalorimetrie***

Tato metoda spočívá ve stanovení spotřeby kyslíku a následném přepočtu naměřených hodnot na energetický výdej [kJ] (Heller, 2011). K tomuto přepočtu slouží energetický ekvivalent kyslíku (EEO<sub>2</sub>), což je množství energie

uvolněné z jednoho litru kyslíku. Odvozuje se z úrovně poměru respirační výměny (RER), tedy z poměru  $VO_2$  a  $VCO_2$ , jinak řečeno v závislosti na RER kolísá (Bartůňková, 2013).

Při nepřímé kalorimetrii je nutné měřit spotřebu kyslíku v klidu, v průběhu zatížení i po zatížení, a to z důvodu přesného zjištění „čisté“ („netto“) spotřeby kyslíku. Pro její získání je totiž nutné odečtení klidové spotřeby od spotřeby při zátěži i od pozátěžové spotřeby kyslíku. Dále se pomocí srovnání čisté zátěžové a čisté pozátěžové spotřeby určuje podíl aerobního a anaerobního energetického krytí. Ona spotřeba kyslíku může být jednoduše vyjádřena jako násobek plicní ventilace (upravené faktorem STPD) a procenta využitého kyslíku (tj. hodnota kyslíku ve vydýchaném vzduchu odečtená od 29 %) (Heller, 2011).

Celkový výdej energie (tj. 100 %) je roven součtu čistého pracovního a čistého pozátěžového EV (Heller, 2011).

Klasická forma metody nepřímé kalorimetrie používá tzv. Douglasovy vaky. Jsou to vaky, které má testovaný jedinec upevněné na zádech a do kterých je shromažďován vydechovaný vzduch. V určitých optimálních časových intervalech jsou vaky měněny a z důvodu možného úniku molekul  $CO_2$  je nezbytné rychle je přepravit k analýze (analyzuje se objem vzduchu i jeho obsah  $O_2$  a  $CO_2$ ). Touto formou jsme schopni určit pouze průměrnou  $VO_2$  za předem daný interval (Heller, 2011).

Oproti Douglasovým vakům mohou moderní analyzátoři vydechovaných plynů pracovat jak klasickou formou, tak metodou „dech po dechu“. To znamená, že jsou schopny analyzovat každý výdech a také přenášet naměřené výsledky online, či je uložit do vlastní paměti (Heller, 2011).

### ***Spiroergometrie***

Jedná se o funkční zátěžové vyšetření sledující dynamiku kardiopulmonálních ukazatelů, to znamená, že kombinuje analýzu dýchacích plynů a zátěžovou elektrokardiografii (EKG), neboli ergometrii (Štejf, 2007).

Mezi základní pozorované spirometrické parametry se řadí plicní ventilace, podíl ventilace kyslíku a podíl oxidu uhličitého ve vydechovaném vzduchu, tedy

parametry, s nimiž pracuje metoda nepřímé kalorimetrie (dá se říci, že metoda spiroergometrie je prostředkem nepřímé kalorimetrie) (Štejfa, 2007).

Zejména spotřeba kyslíku patří mezi nejdůležitější diagnostické veličiny. Krom toho, že jejím přepočtem můžeme stanovit energetickou spotřebu, její maximální hodnota vyjadřuje výkonnost kardiovaskulárního systému (schopnost přijetí kyslíku a jeho transportu zatěžovaným svalům), ale také oxidativní kapacitu kosterního svalstva (schopnost svalstva využít dodaný kyslík). Proto se spiroergometrie využívá hlavně k diagnostice pro vytrvalostní sporty, při nich je míra výše zmíněných schopností základním předpokladem výkonnosti. Uplatňuje se však také ve výběru vhodného sportu pro začínající sportovce pomocí určení fyzických předpokladů. Opakovaná spiroergometrická měření slouží ke sledování adaptace na zátěž (Sekera, 2009).

## **3 Cíle a úkoly práce, hypotézy**

### **3.1 Cíle**

Porovnání rozdílů v energetickém výdeji při použití rozdílných typů pláště jízdního kola.

### **3.2 Úkoly**

- Výběr rámu jízdního kola
- Zvolení tří typů testovaných pláště
- Realizace laboratorního měření
- Zpracování a vyhodnocení výsledků měření

### **3.3 Hypotéza**

Energetický výdej bude stoupat spolu s velikostí styčné plochy pláště (šířkou pláště).

## **4 Metodika práce**

### **4.1 Popis výzkumného souboru**

Výzkumný soubor byl tvořen skupinou pěti mužů ve věku  $26,4 \pm 2,2$  let s tělesnou výškou  $186 \pm 7,6$  cm a tělesnou hmotností  $87 \pm 12,6$  kg. Všichni testovaní se aktivně věnují cyklistice, zejména disciplínám Freestyle BMX, Dirt Jumping a Downhill. Při výběru probandů byl kladen důraz na srovnatelné jezdecké zkušenosti a schopnosti. Před započítím výzkumu, který předem schválila etická komise UK FTVS, byl probandům předložen informovaný souhlas, jehož podepsání bylo podmínkou pro účast.

### **4.2 Realizace laboratorního měření**

Měření se konalo dne 8. 2. 2016 v budově Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy, konkrétně v prostorách laboratoří sportovní motoriky. Každý z testovaných absolvoval 3 jízdy na cyklistických tréninkových válcích, přičemž pro jednotlivé jízdy byly nasazeny rozdílné typy pláštěů. Měření energetického výdeje bylo provedeno metodou spiroergometrie pomocí analyzátoru vydechovaných plynů MetaMax 3B (Cortex) a sporttesteru.

Samotnému testování předcházelo individuální zahřátí a rozcvičení probandů. Následovala zkušební jízda s dopomocí a zkušební jízda bez dopomoci. Výsledkem těchto zkušebních jízd bylo zjištění, že nelze objektivně změřit energetický výdej bez dopomoci kvůli jednoduché ztrátě rovnováhy, tudíž je nutné všechny testovací jízdy provádět s dopomocí.

Poté celá skupina absolvovala první jízdu za použití jednoho z 3 typů testovaných pláštěů.

Každému testovanému byl před jízdou nasazen sporttester a vesta s analyzátozem vydechovaných plynů. Poté vždy následovala krátká časová prodleva způsobená nutným přenastavením analyzátoru. Také byla před jízdou každého z probandů individuálně přizpůsobována výška sedla jízdního kola tak, aby odpovídala jeho tělesné výšce. Po všech těchto úpravách byl testovanému vložen do úst gumový náústek a byla započata testovací jízda. Délka testovací

jízdy nebyla pevně stanovena. Pro směrodatné výsledky měření bylo totiž nutné naměřit minimálně 4 minuty jízdy, během nichž hodnoty  $VO_2$  výrazně nekolísaly (směrodatná odchylka mohla dosahovat maximálně 0,45 l/min). Jednotliví probandi, vzhledem k rozdílným tělesným a proto i výkonnostním parametrům, docílili této stabilní hladiny spotřeby kyslíku za individuálně dlouhý časový úsek. Průměrná doba jedné jízdy činila  $4:55 \pm 1:50$  min. Naopak rychlost, tedy kadence šlapání, byla přesně určena, a to na 80 otáček za minutu. Jezdci se řídili metronomem, který měli možnost sledovat po celou dobu jízdy.

Stejným způsobem probíhaly i obě další jízdy. Pouze bylo navíc nutné přezutí jízdního kola na další typ testovaných pláštů před druhými a třetími jízdami.

Teplota okolního prostředí v průběhu testování činila průměrně  $24,6 \pm 0,8$  °C, vlhkost prostředí  $33,3 \pm 1,9$  %.

#### **4.2.1 Testovací jízdní kolo**

Pro testování jsme zvolili jízdní kolo značky Specialized, konkrétně model Fuse Comp 6Fattie. Vzhledem k tomu, že se jedná o Fat Bike, nedisponuje rám tohoto kola komponentou zadního tlumiče, je to tedy tzv. hardtail. Fat Bike byl zvolen z toho důvodu, že jedním typem testovaných pláštů jsou pláště pro Fat Bike, které pro svou nadměrnou velikost nelze about ostatním typům jízdních kol. Navíc díky tomu, že se jedná o hardtail, byl eliminován vliv komponenty zadního tlumiče na energetický výdej.

Bylo nutné použít 2 typy ráfků, jelikož ráfky pro Fat Bike pláště jsou příliš široké pro silniční pláště, které jsou jedním z 3 typů testovaných pláštů. Ráfky se hmotnostně nepatrně lišily, jejich váhový rozdíl ovšem nemá zásadní vliv na EV, a proto nebyl uvažován.

Na základě nejvyšší stability při zkušební jízdě byl pro testování zvolen převod 1/7, tzn. nejnižší převodník a sedmý pastorek odshora s počtem zubů v poměru 30 : 18. Tento převod byl také nejvhodnější vzhledem ke kadenci šlapání.

**Tabulka 1 - Specifikace jízdního kola Specialized Fuse Comp 6Fattie**

Rám	Specialized M4 Premium Aluminium, Trail 6Fattie geometry
Velikost rámu	19"
Vidlice	SR Suntour Raidon 650+, air spring
Přibližná hmotnost	9,8 kg (bez kol)
Kola	WTB Scraper i45, 29"/ Mavic A 119, 29"

**4.2.2 Testované pláště**

Testovány byly 3 typy pláštů. Silniční, trekingové a pláště pro Fat Bike. Všechny použité pláště byly značky Specialized. Kategorii silničních pláštů zastoupil model Espoir Sport 700x25C, kategorii trekingových Fast Trak Sport 29x2.0 a plášť pro Fat Bike model Ground Control 2Bliss Ready 650Bx3.0 FATTIE. Technické specifikace těchto pláštů jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Pneumatiky byly nahuštěny na středovou hodnotu rozpětí tlaku doporučeného výrobcem. V případě pláště pro Fat Bike se jednalo o hodnotu 1 bar, u trekingového o hodnotu 3,5 baru, a silniční plášť byl nahuštěn na 8,1 baru.

**Tabulka 2 - Technické parametry - Ground Control 2Bliss Ready 650Bx3.0 FATTIE**

Typ konstrukce	Bezdušová
Hustota tkaniny	120 TPI
Patka	Kevlar, butylová výztuha
Směs	60a (středně tvrdá směs)
Přibližná hmotnost	1045 g
Doporučený tlak	min. 0,621 bar, max. 1,379 bar
Šířka	7,6 cm
Dezén	„Drapák“, řídky rozmístěné masivní bloky

**Tabulka 3 - Technické parametry - Fast Trak Sport 29x2.0**

Typ konstrukce	Klasická
Hustota tkaniny	60 TPI
Patka	Drát
Směs	70a (tvrdá směs)
Přibližná hmotnost	715 g
Doporučený tlak	min. 2,413 bar, max. 4,482 bar
Šířka	5,1 cm
Dezén	Semislick

**Tabulka 4 - Technické parametry - Espoir Sport 700x25C**

Typ konstrukce	Klasická (s ochranou proti defektu BlackBelt X 2)
Hustota tkaniny	60 TPI
Patka	Drát
Směs	70a (tvrdá směs)
Přibližná hmotnost	370g
Doporučený tlak	min. 7,584 bar, max. 8,618 bar
Šířka	2,5cm
Dezén	Slick

#### 4.2.3 Přístroj pro měření

Požadované hodnoty, tedy ventilaci kyslíku ( $VO_2$ ), ventilaci oxidu uhličitého ( $VCO_2$ ), dechový objem ( $V_T$ ), dechovou frekvenci (DF) a minutovou ventilaci (V), zaznamenával v průběhu celého testování metabolický analyzátor vydechovaných plynů MetaMax 3B. Srdeční frekvence (SF) byla měřena pomocí sporttesteru.

MetaMax 3B je přístroj uzpůsobený k terénnímu měření (umožňuje obousměrný bezdrátový přenos dat do vzdálenosti více než 1000 m), což ho spolu s nízkou hmotností, dlouhou životností baterie, bezpečnému upevnění k tělu pomocí vesty a odolností vůči extrémním podmínkám (až 99 % vlhkosti a teplotě od - 10 do + 40 °C) činí použitelným pro téměř veškeré druhy sportu. Přístroj MetaMax 3B pracuje na principu průběžné analýzy dýchacích plynů systémem breath-by-breath (dech po dechu) (Cortex-Medical, 2016).



#### 4.2.4 Vyhodnocování výsledků

Tento empirický výzkum byl realizován metodou experimentu. Naměřené hodnoty sledovaných kvantitativních veličin byly vyhodnocovány základními metodami popisné statistiky, tzn. pomocí aritmetického průměru a směrodatných odchylek.

Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky  $\text{VO}_2$  a energetického výdeje jsou uvedeny v tabulkách.

Hodnoty energetického výdeje byly zjištěny metodou nepřímé kalorimetrie. Tato metoda spočívá v přepočtu spotřeby kyslíku na energetický výdej prostřednictvím energetického ekvivalentu pro kyslík ( $\text{EEO}_2$ ) (Heller, 2011). Energetický ekvivalent kyslíku definuje množství energie, které se uvolní z jednoho litru spotřeby kyslíku a jeho velikost vychází z hodnoty poměru respirační výměny, tj. z poměru  $\text{VCO}_2$  a  $\text{VO}_2$ . Náležitý  $\text{EEO}_2$  se tedy odečítá z převodních tabulek respiračního kvocientu. Při určování EV metodou nepřímé kalorimetrie je pro přesné hodnoty nutno standardizovat podmínky okolního prostředí. Ke korekci respiračních ukazatelů ( $\text{VO}_2$ ,  $\text{VCO}_2$ ) z aktuálních podmínek na standardizované slouží korekční faktor STPD, kdy standardní teplota prostředí je  $0^\circ \text{C}$ , atmosférický tlak 101,3 kPa a vlhkost prostředí 0 % (Bartůňková, 2013).

Správnost měření mohly zásadněji ovlivnit dva faktory. Je to faktor biologický a faktor technický. Biologická chyba mohla být zapříčiněna hyperventilací, kyslíkovým dluhem či jinými vlivy. V současné době dosahuje chyba měření spotřeby kyslíku a od ní odvozených parametrů hodnoty 5 – 7 % (Bunc, V. et al., 2016). Technická chyba analyzátoru dýchacích plynů MetaMax 3B je dle výrobce 2 % (Cortex-Medical, 2016). Studie Voglera, A. J. et al. (2009), zabývající se validitou a reliabilitou přístroje MetaMax 3B, ve svém závěru uvádí, že chyba měření činí 2 – 3 %.

Vzhledem k faktorům ovlivňujícím správnost měření považujeme za významný rozdíl v energetickém výdeji takový, který přesáhne hodnotu 10 %.

## 5 Výsledky

V následujících pěti tabulkách jsou v intervalech 20 sekund zaznamenány hodnoty ventilace kyslíku a energetického výdeje ze všech 3 jízd každého z probandů. V dalších tabulkách je vyobrazena průměrná spotřeba kyslíku v mililitrech na kilogram hmotnosti a průměrný energetický výdej v rámci jednotlivých jízd probandů i celkově.

**Tabulka 5 - Spotřeba kyslíku a energetický výdej, proband č. 1**

Záznam po 20 s	VO <sub>2</sub> [l/min]			EV [kJ]		
	Fat Bike	Silniční	Treking	Fat Bike	Silniční	Treking
0:20	1,7	0,6	1,2	11,6	3,8	7,8
0:40	1,8	0,9	1,2	12,1	6,2	8,3
1:00	1,8	1,1	1,5	12,6	7,2	9,7
1:20	1,8	1,3	1,8	12,7	8,4	11,7
1:40	1,8	1,3	1,8	12,6	8,4	12,1
2:00	1,9	1,4	1,7	13,0	9,3	11,8
2:20	1,9	1,5	1,7	13,3	9,8	11,7
2:40	1,9	1,4	1,7	13,2	9,7	11,8
3:00	1,8	1,3	1,6	12,6	8,9	11,3
3:20	1,7	1,4	1,7	12,0	9,6	11,5
3:40	1,8	1,4	1,7	12,3	9,5	11,5
4:00	1,8	1,3	1,7	12,8	9,0	11,5

**Tabulka 6 - Spotřeba kyslíku a energetický výdej, proband č. 2**

Záznam po 20 s	VO <sub>2</sub> [l/min]			EV [kJ]		
	Fat Bike	Silniční	Treking	Fat Bike	Silniční	Treking
0:20	1,6	2,0	1,0	11,1	13,7	6,7
0:40	2,1	1,9	1,6	14,4	12,6	10,6
1:00	2,1	1,9	1,8	14,5	12,8	11,8
1:20	2,3	1,8	1,9	16,2	12,8	13,0
1:40	2,0	1,7	2,0	13,9	12,1	13,3
2:00	2,3	1,7	1,9	16,7	11,9	13,1
2:20	2,3	1,9	1,9	16,2	13,3	13,2
2:40	2,4	2,0	1,9	16,6	13,9	13,2
3:00	2,7	1,9	1,9	19,1	13,2	13,3
3:20	2,5	1,8	1,9	17,5	12,4	13,3
3:40	2,4	1,9	1,6	16,5	13,2	10,9
4:00	2,6	2,0	2,0	18,2	14,0	13,4

**Tabulka 7 - Spotřeba kyslíku a energetický výdej, proband č. 3**

Záznam po 20 s	VO <sub>2</sub> [l/min]			EV [kJ]		
	Fat Bike	Silniční	Treking	Fat Bike	Silniční	Treking
0:20	0,8	1,4	1,6	5,9	10,1	11,2
0:40	1,4	1,3	1,2	10,0	9,2	8,6
1:00	1,2	1,6	1,5	8,3	10,9	9,8
1:20	1,7	1,5	1,6	11,0	10,5	10,7
1:40	1,8	1,6	1,6	11,5	10,9	11,0
2:00	1,9	1,6	1,7	12,8	10,7	11,6
2:20	1,6	1,5	1,6	11,1	9,9	10,8
2:40	1,9	1,6	1,6	12,6	10,7	11,6
3:00	1,9	1,6	1,7	12,8	10,7	11,6
3:20	2,0	1,5	1,8	13,8	10,5	12,3
3:40	2,1	1,5	1,7	14,6	10,1	11,7
4:00	2,0	1,6	1,7	13,8	10,9	11,5

**Tabulka 8 - Spotřeba kyslíku a energetický výdej, proband č. 4**

Záznam po 20 s	VO <sub>2</sub> [l/min]			EV [kJ]		
	Fat Bike	Silniční	Treking	Fat Bike	Silniční	Treking
0:20	1,6	1,8	1,4	10,7	12,0	9,3
0:40	2,1	1,9	1,4	13,9	12,5	9,5
1:00	2,3	2,1	2,0	15,4	13,8	13,2
1:20	2,3	2,1	2,3	15,8	14,3	14,7
1:40	2,3	2,1	2,4	15,9	14,3	15,5
2:00	2,6	2,1	2,5	17,7	14,7	17,0
2:20	2,5	2,3	2,5	17,4	15,4	17,3
2:40	2,5	2,3	2,5	17,5	15,8	17,1
3:00	2,5	2,4	2,6	17,2	16,2	18,3
3:20	2,6	2,3	2,6	18,5	16,3	18,2
3:40	2,6	2,3	2,7	18,0	15,7	18,7
4:00	2,6	2,3	2,6	18,1	16,0	18,3

**Tabulka 9 - Spotřeba kyslíku a energetický výdej, proband č. 5**

Záznam po 20s	VO <sub>2</sub> [l/min]			EV [kJ]		
	Fat Bike	Silniční	Treking	Fat Bike	Silniční	Treking
0:20	1,2	1,2	1,2	7,9	7,5	7,6
0:40	1,4	1,6	1,5	9,1	10,2	9,4
1:00	1,9	1,8	1,8	12,0	11,9	11,6
1:20	1,9	1,8	1,9	12,7	11,8	12,0
1:40	1,9	1,9	1,9	12,9	12,3	12,6
2:00	2,0	1,9	1,8	13,2	12,5	12,1
2:20	2,0	1,8	1,8	13,5	12,3	12,2
2:40	2,0	1,8	1,8	13,5	12,3	12,3
3:00	2,0	1,7	1,9	13,4	11,3	12,8
3:20	2,0	1,8	1,8	13,6	12,2	11,9
3:40	2,1	1,8	1,7	14,0	11,9	11,6
4:00	2,0	1,7	1,7	14,0	11,5	11,7

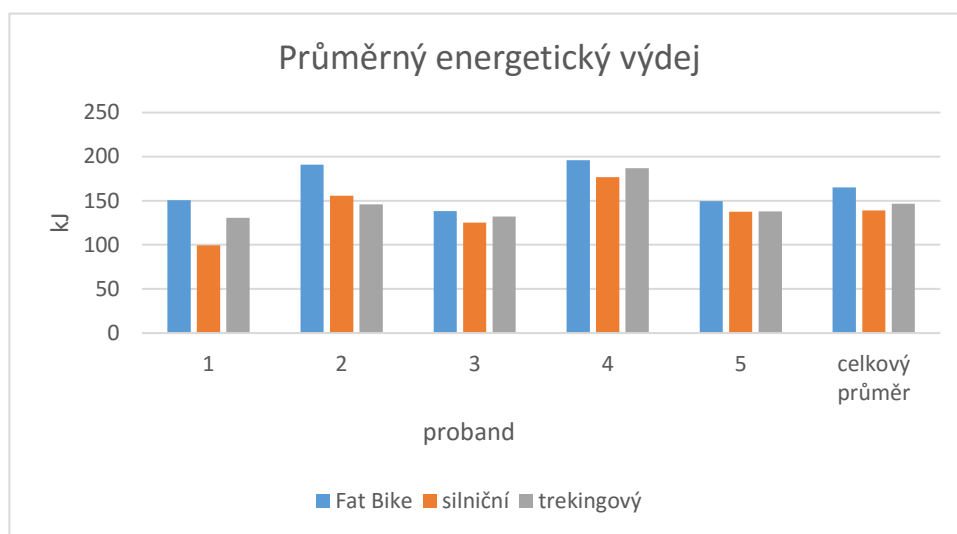
**Tabulka 10 - Průměrná spotřeba O<sub>2</sub>**

Proband	VO <sub>2</sub> [ml/min/kg]		
	Fat Bike	Silniční	Treking
1	23,0	16,0	21,0
2	25,0	20,0	19,0
3	21,0	19,0	20,0
4	22,0	20,0	21,0
5	24,0	22,0	22,0
Směrodatná odchylka	1,6	2,2	1,1
Celkový průměr	23,0	19,0	21,0

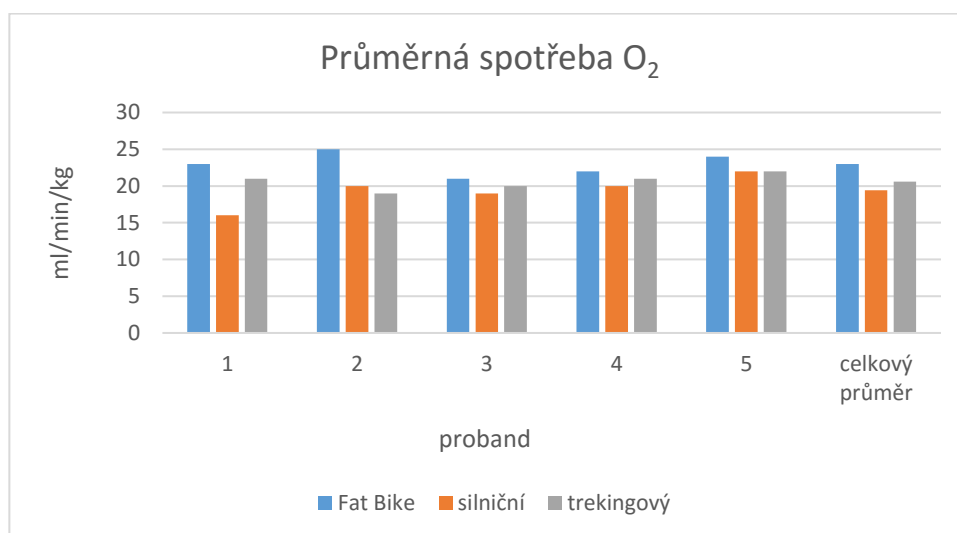
**Tabulka 11 - Průměrný energetický výdej**

Proband	EV [kJ]		
	Fat Bike	Silniční	Treking
1	150,6	99,6	130,7
2	191,0	155,7	145,8
3	138,1	125,2	132,0
4	196,0	176,9	187,0
5	149,7	137,6	137,8
Směrodatná odchylka	26,5	29,4	23,3
Celkový průměr	165,1	139,0	146,6

**Graf 1 - Průměrný energetický výdej**



**Graf 2 - Průměrná spotřeba O<sub>2</sub>**



## 6 Diskuze

Cílem této empirické práce bylo porovnání rozdílných variant pláštů jízdního kola z hlediska jejich vlivu na EV při jízdě o konstantní rychlosti (kadenci šlapání) a na totožném povrchu a sklonu terénu. Výzkum byl realizován laboratorně.

Pro testování bylo použito jízdní kolo typu Fat Bike, které nedisponuje komponentou zadního tlumiče. Jedná se o kolo Specialized Fuse Comp 6Fattie (velikost rámu 19“). Fat Bike byl vybrán z toho důvodu, že jedním z typů testovaných pláštů je právě plášť pro Fat Bike, který pro svou velikost nelze použít pro rámy běžných rozměrů. Porovnávány byly 3 typy pláštů. Silniční (Espoir Sport 700x25C), trekingový (Fast Trak Sport 29x2.0) a plášť pro Fat Bike (Ground Control 2Bliss Ready 650Bx3.0 FATTIE). Všechny vybrané pláště měly stejnou velikost, tedy 29“, aby byl eliminován vliv jejich průměru na EV. Vzhledem ke studii Steyna, J. et al. (2014), jež měla za cíl určení míry vlivu jednotlivých proměnných na valivý odpor, a která neprokázala významný vliv průměru pneumatik, ani úrovně odpružení na valivý odpor, lze předpokládat, že by výsledky našeho měření zůstaly beze změny i s použitím kol o průměru 26“ či odpružení typu FS.

Pláště byly nahuštěny na středovou hodnotu optimálního rozmezí určeného výrobcem, rovněž z důvodu domněnky, že přehuštění či podhuštění by mohlo vést k ovlivnění valivého odporu, a tudíž i EV. Tento předpoklad ovšem vyvrátil Ryschon, T.W. et al. (1993), který porovnával vliv rozdílného nahuštění pneumatiky na ekonomičnost jízdy na kole, a to z hlediska energetického výdeje organismu. Metodou nepřímé kalorimetrie měřil EV při jízdě s pláští se čtyřmi úrovněmi nahuštění, tj. 552, 690, 827 a 965 kPa (vždy se jednalo o totožnou sadu pneumatik). Rozdíly ve valivém odporu však dosáhly příliš nízkých hodnot, aby bylo možné je fyziologicky detekovat. Jinými slovy studie neprokázala vliv rozdílného nahuštění na energetický výdej organismu. Úroveň nahuštění byla jedním ze sledovaných parametrů také ve studiích Steyna J. et al. (2014) a Bertucciho et al. (2013). I oni došli k závěrům shodným se studií Ryschona, T.W. et al. (1993).

Námi testované pláště se lišily hmotností, kterou vzhledem k zanedbatelným rozdílům na EV při rotačním pohybu neuvažujeme. Skupinu probandů tvořilo 5 mužů ve věku  $26,4 \pm 2,2$  let s návykem jízdy na horském kole. Cyklistické válce měly hladký povrch a byly postaveny na vodorovné ploše, aby nedošlo k ovlivnění EV sklonem a nerovnostmi terénu.

Dle naší hypotézy by měla hodnota EV stoupat spolu s velikostí styčné plochy, přičemž jsme očekávali významné rozdíly v EV při porovnání jízd se silničními, trekkingovými a Fat Bike plášti. Největší styčnou plochou disponuje plášť pro Fat Bike o šířce 7,6 cm, nejmenší plášť silniční o šířce 2,5 cm. Šířka trekkingového pláště činí 5,1 cm. Tento předpoklad byl formulován, kromě literatury uváděné v teoretické části, také na základě studie Bertucciho et al (2013). Ten při hodnocení valivého odporu dospěl k výsledku nižších hodnot při použití užší pneumatiky s hladkým dezénem (Vittoria "Randonneur", silniční plášť s šířkou 4 cm), oproti použití širší pneumatiky s hrubým vzorkem (Hutchinson "Python", klasický XC plášť s šířkou 5 cm). Pneumatika Randonneur se projevila o  $21 \pm 15$  % nižším valivým odporem, než pneumatika Python (rozdíl byl stanoven z průměrných hodnot valivého odporu v různých testovacích podmínkách). Podobný trend jsme tudíž očekávali i při porovnávání EV.

Při posuzování spotřeby energie jsme vycházeli z hodnot  $VO_2$  v ml/kg/min, naměřených analyzátozem dýchacích plynů MetaMax 3B. Spotřeba kyslíku byla následně převedena prostřednictvím energetického ekvivalentu kyslíku na hodnotu EV. Použitá metoda se nazývá nepřímá kalorimetrie. Z důvodů standardní chyby měření považujeme za významné rozdíly v EV takové, jejichž hodnota přesahuje 10 %.

Naše studie prokázala významný rozdíl v EV mezi použitím silničních plášťů a plášťů pro Fat Bike, jedná se o 18,8 % (26,1 kJ). Také byl prokázán významný rozdíl mezi použitím trekkingových plášťů a plášťů pro Fat Bike, hodnoty se lišily o 12,6 % (18,4 kJ). Naopak rozdíl v EV mezi použitím silničních a trekkingových plášťů, ve výši 5,5 % (7,7 kJ), jsme nuceni považovat, s ohledem na standardní chybu měření, za nevýznamný. Použití silničních plášťů se projevilo průměrným souhrnným EV ve výši  $139 \pm 29,4$  kJ za 4 minuty jízdy. Jízda o stejné délce trvání, ale s použitím trekkingových plášťů, si vyžádala v průměru  $146,6 \pm 23,3$  kJ.



Nejvyšší průměrná hodnota EV byla naměřena při jízdě (taktéž 4 minuty) s pláští pro Fat Bike, a to 165,1 kJ. Z výsledků je patrné, že se EV zvyšoval s velikostí styčné plochy, jelikož šířka silničního pláště má velikost 2,5 cm a šířka pláště pro Fat Bike 7,6 cm. Prostřednictvím extrapolace naměřených hodnot jsme získali odhad vývoje křivky EV v průběhu delšího časového úseku. Tento odhad vykazuje lineární vzestup hodnot EV v čase u všech variant provedených jízd, tím pádem i vzestup rozdílů EV. Rozdíl v EV za hodinu jízdy s pláští pro Fat Bike a jízdy se silničními pláští by, dle našeho odhadu, dosáhl hodnoty 452,8 kJ. Rozdíl při použití silničních a trekingových plášťů by činil 183,5 kJ a EV jízdy s pláští pro Fat Bike by se vůči jízdě s trekingovými pláští lišil o 269,4 kJ. Za 2 hodiny jízdy by se hodnoty rozdílů zvýšily dokonce na 910,8 kJ, 371,7 kJ a 539,0 kJ.

Vezmeme-li v úvahu výsledky studie Steyna J. et al. (2014), lze očekávat, že hodnoty námi naměřeného EV při jízdě na hladkých cyklistických válcích by se zásadně lišily v terénních podmínkách. Steyn J. et al. (2014) totiž uvádí charakter povrchu terénu jako faktor s největším vlivem na valivý odpor. Toto tvrzení potvrdil měřením valivého odporu při tzv. cost-down, tedy dojezdovém testu, při němž je kolo uvedeno do určité rychlosti. Jakmile je této rychlosti dosaženo, přestane cyklista šlapat a setrvačností jede do zastavení, současně je stále monitorována jeho rychlost a měřena délka dojezdové trasy. Výzkum byl zaměřen na tyto proměnné: 4 různá MTB kola, která se lišila typem odpružení a velikostí pneumatik (FS s koly 29“, FS s koly 26“, HT s koly 29“ a HT s koly 26“); 4 různé povrchy terénu (živice, štěrk, tráva, písek); 3 různé úrovně nahuštění; 3 rozdílné tělesné hmotnosti cyklistů (70, 80 a 90 kg). Při vyhodnocování škály průměrných hodnot valivého odporu ze všech variant testovacích jízd, i při finálním vyhodnocení výsledků pomocí korelačních koeficientů, byl zjištěn největší efekt na valivý odpor u povrchu terénu. Zbylé parametry byly vyhodnoceny jako druhořadé, nemající zásadní vliv na valivý odpor. Korelační koeficient parametru nahuštění dosáhl dokonce záporných hodnot, což naprosto vylučuje vliv na valivý odpor.

## 7 Závěr

S přihlédnutím ke standardní chybě měření, jsme tímto výzkumem prokázali významný rozdíl v energetické náročnosti jízdy s pláští pro Fat Bike a jízdy se silničními plášti. Dále jsme shledali významný rozdíl v energetickém výdeji mezi jízdou na trekingových pláštích a jízdou na pláštích pro Fat Bike. Rozdíl mezi jízdou se silničními a jízdou s trekingovými plášti byl vzhledem ke standardní chybě analyzátoru dýchacích plynů MetaMax 3B nevýznamný.

Jako rozhodující mez pro průkaznost rozdílů v EV, jsme vzhledem ke standardní chybě měření, stanovili navýšení  $> 10 \%$ . Této hranice bylo v průběhu měření dosaženo, nikoliv ovšem ve všech případech. Platí však, že jízda s pláští o nejmenší styčné ploše se projevila nejnížší spotřebou energie. Naopak pláště s největší styčnou plochou si vyžádaly nejvyšší energetický výdej. Rozdíl v EV byl mezi těmito jízdami významný, tudíž jsme potvrdili naši hypotézu.

Průměrná spotřeba energie při jízdě na cyklistických válcích s délkou trvání 4 minuty činila při použití silničních pláštů  $139,0 \pm 29,4$  kJ. V případě trekingových pláštů odpovídala hodnotě  $146,7 \pm 23,3$  kJ a v případě pláštů pro Fat Bike  $165,1 \pm 26,5$  kJ.

Rozdíl mezi jízdou na pláštích pro Fat Bike a jízdou na silničních pláštích dosáhl hodnoty 26,1 kJ, což odpovídá navýšení o 18,8 %. Rozdíl mezi trekingovým pláštěm a pláštěm pro Fat Bike činí 18,4 kJ, tzn. navýšení o 12,6 %. Naopak mezi jízdou na silničních pláštích a jízdou na trekingových došlo k navýšení pouze o 5,5 %, rozdíl tedy představoval 7,7 kJ, tudíž byl nevýznamný.

Extrapolací výsledků jsme získali trend EV v čase, jenž vykazuje lineární charakter. Součástí tohoto odhadu je tak i lineární zvyšování rozdílů v EV mezi jednotlivými jízdami. Rozdíl za hodinu jízdy s pláští pro Fat Bike a jízdy se silničními plášti odhadujeme na 452,8 kJ, jízdy se silničními a trekingovými na 183,5 kJ a rozdíl mezi jízdou s pláští pro Fat Bike a s trekingovými na 269,4 kJ. Za 2 hodiny jízdy by se rozdíly zvýšily dokonce na 910,8 kJ, 371,7 kJ a 539,0 kJ.

Tuto studii považujeme za pilotní.

## Seznam literatury

BARTUŇKOVÁ, S. *Fyziologie pohybové zátěže: učební texty pro studenty tělovýchovných oborů*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2013. ISBN 9788087647066.

*Beginner's guide to enduro racing*. [online] . ©2016, [cit. 2016-06-08] . Dostupné z: <<http://www.bikeradar.com/mtb/gear/article/beginners-guide-to-enduro-racing-36828/>>

BERTUCCI, W. M., ROGIER, S. & REISER, R. F. *Evaluation of aerodynamic and rolling resistances in mountain-bike field conditions*. *Journal of Sports Sciences*. 2013, 31(14), 1606-1613.

*Bike : zážitky - fascinace - testy*. *Motormedia Bohemia s.r.o.*, 2015, 4(4). ISSN 1805-6105.

BUNC, V. et al.. *Úvod do předmětu APZ*. [online] . ©2016, [cit. 2016-08-17] . Dostupné z: <<http://www.ftvs.cuni.cz/FTVS-987.html>>

BURKE, E. *High-Tech cycling*. 2nd ed. Champaign: Human Kinetics, 2003. ISBN 0736045074.

*Compounds*. [online] . ©2016, [cit. 2016-05-26] . Dostupné z: <<http://www.maxxis.com/other-bicycle-information/technology/compounds>>

*Glossary*. [online] . ©2016, [cit. 2016-05-16] . Dostupné z: <<http://bicycle.kendatire.com/en-us/tire-tech/glossary/>>

GSCHEIDLE, R. *Příručka pro automechanika*. 3., přeprac. vyd. Překlad Iva Michňová, Zdeněk Michňa, Jiří Handlíř. Praha: Europa-Sobotáles, 2007. ISBN 9788086706177.

HAVLÍČKOVÁ, L. *Fyziologie tělesné zátěže: I. Obecná část*. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2003. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 8071848751.

HAYMANN, F. & STANCIU, U. *Jak dokonale zvládnout horské kolo*. Praha: Grada, 2009. *Jak dokonale zvládnout*. ISBN 978-80-247-2775-2.

HEIJMANS, J. & MALLON, B. *Historical dictionary of cycling*. Lanham: Scarecrow Press, 2011. *Historical dictionaries of sports*. ISBN 978-0-8108-7175-5.

HELLER, J. & VODIČKA, P. *Praktická cvičení z fyziologie tělesné zátěže*. Praha: Karolinum, 2011. ISBN 9788024619767.

HERLIHY, D. V. *Bicycle: the history*. New Haven: Yale University Press, 2004. ISBN 0300104189.

*History of the Tire*. [online] . © 2010, [cit. 2016-01-12] . Dostupné z: <<http://www.continental-truck.com/truck/company/business-unit/tirehistory>>

HRUBÍŠEK, I. *Horské kolo od A do Z*. 2. rozšířené vyd., 1. vyd. v Sobotáles. Praha: Sobotáles, 1994. ISBN 80-901684-2-6.

KINLOCH, A. J. *Adhesion and Adhesives Science and Technology*. Dordrecht: Springer Netherlands, 1987. ISBN 9789401577649.

KONOPKA, P. *Cyklistika: rádce pro vybavení, techniku, trénink, výživu, závody a medicínu*. Jablonec nad Nisou: Jana Hájková, 2007. ISBN 978-80-254-0258-0.

LANDA, P. *Cyklistika: trénink a jeho plánování*. Praha: Grada, 2005. ISBN 802470725X.

LANDA, P. & LIŠKOVÁ, J. *Rekreační cyklistika*. 1. vyd. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0726-8.

MAKEŠ, P. & KRÁL, L. *Velká kniha cyklistiky*. Praha: Computer Press, 2002. ISBN 80-7226-815-5.

*Mountain Bike Action*. Valencia, CA: Hi-Torque Publications, Inc, 2013, 28(5). ISSN 0895-8467.

OVEREND, N. & PAVELKA, E. *Mountain bike like a champion: master the techniques of America's greatest rider*. New York: Distributed to the book trade by St. Martin's Press, 1999. ISBN 1579540813.

PEHLE, T. *Cyklistika: lexikon: typy kol, výbava a technologie, výlety*. Čestlice: Rebo, 2008. ISBN 9788072348589.

PERIČ, T. & DOVALIL, J. *Sportovní trénink*. Praha: Grada, 2010. ISBN 9788024721187.

RYSCHON, T. & STRAY-GUNDERSEN, J. *The effect of tyre pressure on the economy of cycling*. *Ergonomics*. Červen 1993, 36(6):661-666.

SEKERA, J. & VOJTĚCHOVSKÝ, O. *Cyklistika: průvodce tréninkem*. Praha: Grada, 2009. ISBN 9788024729114.

Schwalbe, *Cyklistické pláště 2016* [online] . ©2016, [cit. 2016-05-30] .

Dostupné z: <[http://www.schwalbe.com/ebooks/2016/Bike\\_2016\\_Czech/#/1/](http://www.schwalbe.com/ebooks/2016/Bike_2016_Czech/#/1/)>

Schwalbe Tech Info, *Pláště pro kola - 3.vydání*. [online] . ©2015, [cit. 2016-05-16] . Dostupné z: <<http://www.imexpo.cz/index.php?page=18>>

Schwalbe, *Technology*. [online] . ©2016, [cit. 2016-01-12] . Dostupné z: <<http://www.schwalbe.com/en/geschichte.html>>

SIDWELLS, Ch. *Velká kniha o cyklistice*. Vyd. 1. Praha: Slovart, 2004. ISBN 80-7209-585-4.

STEYN, W. & WARNICH, J. *Comparison of tyre rolling resistance for different mountain bike tire diameters and surface conditions*. *South African Journal For Research In Sport, Physical Education & Recreation (SAJR SPER)*. Červenec 2014, 36(2):179-183.

SUMNER, J. *Cyklistika: 1100 nejlepších rad*. Frýdek-Místek: Alpress, 2014. Klokán (Alpress). ISBN 9788074663772.

ŠTEJFA, M. *Kardiologie*. 3., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2007. ISBN 9788024713854.

The new METAMAX® 3B . [online] . ©2016, [cit. 2016-06-14] . Dostupné z: <<http://cortex-medical.de/metamax-3B-en.html>>

Tire Types. [online] . ©2016, [cit. 2016-05-05] . Dostupné z: <[http://www.schwalbetires.com/tech\\_info/tire\\_types](http://www.schwalbetires.com/tech_info/tire_types)>

VOGLER, A. J., RICE, A. J. & GORE, C. J. *Validity and reliability of the Cortex MetaMax3B portable metabolic system*. *Journal Of Sports Sciences*, 2010, 28(7):733-742.

*8 Reasons Why You Should Buy A Fat Tire Bike. [online] . ©2016, [cit. 2016-06-08] . Dostupné z: <<http://www.icebike.org/fat-tire-bike/>>*

*1888-1922: Born ready to roll. [online] . ©2015, [cit. 2016-01-12] . Dostupné z: <<http://www.dunloptires.com/en-US/company/tire-history>>*

## Seznam obrázků

Obrázek 1- Průřez pláštěm (Imexpo, 2015) .....	16
--	----

## Seznam tabulek

Tabulka 1 - Specifikace jízdního kola Specialized Fuse Comp 6Fattie .....	39
Tabulka 2 - Technické parametry - Ground Control 2Bliss Ready 650Bx3.0 FATTIE .....	39
Tabulka 3 - Technické parametry - Fast Trak Sport 29x2.0 .....	40
Tabulka 4 - Technické parametry - Espoir Sport 700x25C.....	40
Tabulka 5 - Spotřeba kyslíku a energetický výdej, proband č. 1 .....	42
Tabulka 6 - Spotřeba kyslíku a energetický výdej, proband č. 2 .....	43
Tabulka 7 - Spotřeba kyslíku a energetický výdej, proband č. 3 .....	43
Tabulka 8 - Spotřeba kyslíku a energetický výdej, proband č. 4 .....	44
Tabulka 9 - Spotřeba kyslíku a energetický výdej, proband č. 5 .....	44
Tabulka 10 - Průměrná spotřeba O <sub>2</sub> .....	45
Tabulka 11 - Průměrný energetický výdej .....	45

## Seznam grafů

Graf 1 - Průměrný energetický výdej .....	46
Graf 2 - Průměrná spotřeba O <sub>2</sub> .....	46

## Seznam příloh

Příloha 1 - Vyjádření Etické komise UK FTVS	
Příloha 2 - Informovaný souhlas	
Příloha 3 - Ilustrační foto, kalibrace měřicího přístroje	
Příloha 4 - Ilustrační foto, proband při testovací jízdě	
Příloha 5 - Ilustrační foto, stabilizace jízdního kola	

# Příloha 1 - Vyjádření Etické komise UK FTVS

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
José Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

## Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, kvalifikační či seminární práce, zahrnující lidské účastníky

**Název projektu:** Vliv rozdílných pláště jízdního kola na energetický výdej organismu

**Forma projektu:** bakalářská práce

**Období realizace:** leden 2016

**Předkladatel:** Karolína Hejrová

**Hlavní řešitel:** Karolína Hejrová

**Spoluřešitel(é):**

**Vedoucí práce (v případě studentské práce):** PhDr. Matouš Jindra, Ph.D.

**Název grantu:**

**Popis projektu:** Projekt bude zpracováván empirickou formou výzkumu, při němž bude použito metody měření. Předmětem výzkumu je snaha zjistit, do jaké míry se liší energetický výdej sportovce při jízdě na kole, za použití rozdílných typů pláště jízdního kola. Praktická realizace výzkumu bude spočívat v jízdě na jízdním kole pomocí cyklistických válců a proběhne v prostorách Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze. Testováno bude pět sportovců s návykem jízdy na bicyklu. Testování proběhne jednorázově a všichni účastníci budou testováni v průběhu jednoho dne. Časový rozsah testování je přibližně 60 minut na jednoho účastníka. Účastníkům bude během jízdy nasazen analyzátor dechových plynů MetaMax, pomocí něhož bude měřen jejich energetický výdej. Jedná se o pilotní studii na toto téma, jedním z cílů a přínosů studie by tak mělo být využití výsledků pro další výzkum této problematiky, což by mohlo vést k objasnění energetické náročnosti jízdy na kole za použití různých typů pláště.

**Zajištění bezpečnosti pro posouzení odborníky:** Jedná se o neinvazivní metodu. V rámci zajištění bezpečného průběhu výzkumu bude každý účastník povinen řádně se před jízdou rozcvičit. Následně bude realizována zkušební jízda na cyklistických válcích s dopomocí, kterou poskytne hlavní řešitel spolu s vedoucím bakalářské práce. Pro sledování vybrán vzorek osob, které se v problematice orientují a jsou trénované v dané činnosti.

**Etické aspekty výzkumu:** Účastníky výzkumu budou pouze zletilí jedinci, kteří nespádají do kategorie vulnerabilních skupin. Ve studii nebudou zpracovávána citlivá osobní data účastníků, to znamená, že zůstanou v naprosté anonymitě. Použity budou pouze tělesné parametry a věk jedinců.

**Informovaný souhlas:** přiložen

Povinností všech účastníků výzkumu na straně řešitele je chránit život, zdraví, důstojnost, integritu, právo na sebeurčení, soukromí a osobní data zkoumaných subjektů, a podniknout k tomu veškerá preventivní opatření. Odpovědnost za ochranu zkoumaných subjektů leží vždy na účastnících výzkumu na straně řešitele, nikdy na zkoumaných, byť dali svůj souhlas k účasti na výzkumu. Všichni účastníci výzkumu na straně řešitele musí brát v potaz etické, právní a regulační normy a standardy výzkumu na lidských subjektech, které platí v České republice, stejně jako ty, jež platí mezinárodně.

Potvrzuji, že tento popis projektu odpovídá návrhu realizace projektu a že při jakékoli změně projektu, zejména použitých metod, zašlu Etické komisi UK FTVS revidovanou žádost.

V Praze dne 17.12.2015

Podpis předkladatele: 

## Vyjádření Etické komise UK FTVS


**Složení komise:** Předsdkyně: doc. PhDr. Irena Parry Martínková, Ph.D.

Členové: prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.  
doc. MUDr. Jan Heller, CSc.  
doc. Ing. Monika Šorfová, Ph.D.  
Mgr. Pavel Hráský, Ph.D.  
MUDr. Simona Majorová

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: ..... 182/2015

dne: ..... 14. 12. 2015

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a **neshledala žádné rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směnicemi pro provádění výzkumu, zahrnujícího lidské účastníky.

**Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu Etické komise.** 

razítko UK FTVS

Univerzita Karlova v Praze  
Fakulta tělesné výchovy a sportu  
José Martího 31, 162 52, Praha 6

podpis předsdkyně EK UK FTVS



## Příloha 2 - Informovaný souhlas

### INFORMOVANÝ SOUHLAS

Vážený pane, vážená paní,

v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, zákonem č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (jakož jsou zejména Helsinská deklarace, přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie, 2013); Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluva o lidských právech a biomedicině č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné), Vás žádám o souhlas s Vaší účastí ve výzkumném projektu v rámci bakalářské práce s názvem Vliv rozdílných pláštů jízdního kola na energetický výdej organismu.

1. Cílem výzkumného projektu je zjištění rozdílů v energetickém výdeji organismu při použití různých typů plášťů jízdního kola.
2. Při tomto empirickém výzkumu bude použita metoda měření.
3. Způsob zásahu je neinvazivní, budete testován při jízdě na jízdním kole. Jízda bude realizována na cyklistických tréninkových válcích, přičemž Vám bude nasazen analyzátor dechových plynů MetaMax pro zjištění energetického výdeje.
4. Sledování je jednorázové a proběhne v průběhu jednoho dne. Délka trvání sledování jedné osoby je přibližně jedna hodina.
5. Projekt nepředstavuje pro účastníka rizika vyšší než běžná při jízdě na kole, veškerá vyšetření a měření budou prováděna bezbolestně.
6. Z důvodu předjetí rizikům úrazu bude samotnému výzkumu přecházet řádné rozsvícení; a také zkušební jízda na cyklistických válcích pro získání stability a jistoty pohybu.
7. Jedná se o první empirickou práci zabývající se touto problematikou, výsledky by tak měly sloužit jako podklad pro další a podrobnější studie daného tématu, to je základním přínosem této studie.
8. Tato bakalářská práce bude zpracována empirickou formou a uchovávána jako písemný svazek, ale také jako elektronická publikace. Citlivé osobní údaje účastníků nebudou nikde zveřejňovány a budou uchovány v anonymní podobě.
9. Já, Karolína Hejrová, jakožto hlavní řešitel této práce, budu osobně informovat účastníky výzkumu o výsledcích zkoumání a o tom, kde budou závěrečné výsledky zveřejněny.
10. V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Jméno a příjmení předkladatele projektu: Karolína Hejrová

Podpis:.....

Jméno a příjmení hlavního řešitele: Karolína Hejrová

Jméno a příjmení osoby, která provedla poučení ..... Podpis:.....

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím se svojí účastí ve výše uvedeném projektu a že jsem měl(a) možnost si řádně a v dostatečném čase zvážit všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se mé účasti ve výzkumu a že jsem dostal(a) jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. Byl(a) jsem poučen(a) o právu odmítnout účast ve výzkumném projektu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí, a to písemně Etické komisi UK FTVS, která bude následně informovat předkladatele projektu.

Místo, datum:

Jméno a příjmení účastníka:

Podpis: .....

### Příloha 3 - Ilustrační foto, kalibrace měřicího přístroje



### Příloha 4 - Ilustrační foto, proband při testovací jízdě



### Příloha 5 - Ilustrační foto, stabilizace jízdního kola

