

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



---

Fakulta  
tělesné kultury

**MONITOROVÁNÍ SPORTOVNÍ VÝKONNOSTI A  
IDENTIFIKÁTORŮ VNĚJŠÍHO A VNITŘNÍHO ZATÍŽENÍ V  
PRŮBĚHU DVOU MAKROCYKLŮ U PROFESIONÁLNÍHO  
CYKLISTY**

Bakalářská práce

Autor: Tomáš Bárta

Studijní program: Rekreologie – pedagogika volného času

Vedoucí práce: doc. PhDr. Michal Botek, Ph.D.

Olomouc 2023



## **Bibliografická identifikace**

**Jméno autora:** Tomáš Bárta

**Název práce:** Monitorování sportovní výkonnosti a identifikátorů vnějšího a vnitřního zatížení v průběhu dvou makrocyclů u profesionálního cyklisty

**Vedoucí práce:** doc. PhDr. Michal Botek, Ph.D.

**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii

**Rok obhajoby:** 2023

### **Abstrakt:**

Bakalářská práce se zabývá monitorováním sportovní výkonnosti a identifikátorů vnějšího a vnitřního zatížení u profesionálního cyklisty v průběhu dvou makrocyclů. Hlavním cílem práce je zhodnocení velikost vnitřního a vnějšího zatížení, společně s kondiční a závodní výkonností. V práci byly provedeny čtyři laktátové testy, v každém roce vstupní a výstupní. V testech byla sledována změna fyziologických a antropometrických ukazatelů. V prvním sledovaném roce bylo pozorováno zvýšení výkonu na aerobním prahu, ostatní měření vykazaly snížení výkonu na AP i ANP výstupního vyšetření vůči vstupnímu. Při analýze tělesného složení byla průběžně zvyšována celková hmotnost i hmotnost kosterního svalstva. Hmotnost tělesného tuku se měnila pouze minimálně. V meziročním porovnání vnějšího i vnitřního zatížení byl v roce 2022 zaznamenán nárůst tréninkové dotace. Komparace výkonové křivky v letech 2021 a 2022 vykazala zlepšení výkonů o 2-9 % v roce 2022. Porovnání výkonové křivky v přípravném a závodním období potvrdilo zlepšení ve všech sledovaných výkonech od 5 sekund do 90 minut. Závěrem je možno zhodnotit, že navržený tréninkový plán vedl ke zvýšení výkonu na aerobním prahu, ovšem nevedl ke zvýšení sportovní výkonnosti na anaerobním prahu.

### **Klíčová slova:**

srdeční frekvence, cyklistika, makrocyclus, adaptace, síla, laktátový test

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

**Bibliographical identification**

**Author:** Tomáš Bárta  
**Title:** Monitoring sport performance and external and internal loading identifiers during two macrocycles in a professional cyclist.

**Supervisor:** doc. PhDr. Michal Botek, Ph.D.  
**Department:** Department of Natural Sciences in Kinanthropology  
**Year:** 2023

**Abstract:**

The bachelor's thesis deals with the monitoring of sports performance and identifiers of external and internal load in a professional cyclist during two macrocycles. The main goal of the work is to evaluate the size of the internal and external load, together with fitness and racing performance. In the work, four lactate tests were performed, in each year of entry and exit. Changes in physiological and anthropometric indicators were monitored in the tests. In the first monitored year, an increase in performance at the aerobic threshold was observed, other measurements showed a decrease in performance on AP and ANP of the exit examination compared to the entrance examination. During the analysis of body composition, the total weight and the weight of the skeletal muscles were continuously increased. Body fat mass changed only minimally. In the year-on-year comparison of external and internal load, an increase in the training subsidy was recorded in 2022. A comparison of the performance curve in 2021 and 2022 showed a 2-9% improvement in performance in 2022. A comparison of the performance curve in the preparation and competition period confirmed an improvement in all monitored performances from 5 seconds to 90 minutes. In conclusion, it is possible to assess that the proposed training plan led to an increase in performance at the aerobic threshold but did not lead to a increase in sports performance at the anaerobic threshold.

**Keywords:**

heart rate, cycling, macro cycle, adaptation, power, lactate testing

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

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

V Olomouci dne 30. června 2023

.....

„Děkuji vedoucímu práce doc. PhDr. Michalu Botkovi, Ph.D. a pracovníkům katedry přírodních věd v kinantropologii za pomoc a cenné rady, které mi poskytli při zpracování této práce.“

## OBSAH

Obsah .....	7
1 Úvod .....	10
2 Přehled poznatků .....	11
2.1 Vymezení pojmů .....	12
2.1.1 Sportovní trénink.....	12
2.1.2 Sportovní výkon, výkonnost a trénovanost.....	12
2.1.3 Adaptační, vnější a vnitřní zatížení .....	14
2.2 Antropometrická charakteristika a tělesné složení .....	15
2.3 Fyziologické aspekty vytrvalostního sportu.....	17
2.4 Energetické zajištění sportovního výkonu .....	19
2.4.1 Aerobní systém.....	19
2.4.2 Anaerobně-laktátový systém .....	19
2.4.3 Anaerobně – alaktátový systém (ATP-CP systém).....	20
2.5 Výkonnostní ukazatelé.....	21
2.5.1 Kilometry .....	21
2.5.2 Hodiny .....	21
2.5.3 Srdeční frekvence .....	21
2.5.4 Výkon (watty) .....	22
2.6 Tréninkový plán .....	23
2.6.1 Struktura tréninkového plánu .....	23
2.6.2 Prahová, polarizovaná a pyramidová metoda.....	26
2.7 Zátěžové testy v cyklistice .....	27
2.7.1 Test na bicyklovém ergometru.....	28
2.7.2 Laktátový test .....	28
2.7.3 FTP Test .....	30
3 Cíle.....	31
3.1 Hlavní cíl.....	31
3.2 Dílčí cíle .....	31
3.3 Výzkumné otázky.....	31

4	Metodika Práce.....	32
4.1	Výzkumný soubor.....	32
4.2	Časové vymezení.....	32
4.3	Metody sběru dat .....	32
4.4	Metody hodnocení distribuce zatížení .....	34
4.5	Statistické zpracování dat .....	35
5	Výsledky a diskuze .....	36
5.1	Analýza tělesného složení.....	36
5.2	Vyhodnocení laboratorních zátěžových testů .....	37
5.3	Vyhodnocení laboratorních zátěžových testů provedených v roce 2022.....	41
5.4	Distribuce intenzity zátěže v průběhu makrocyclů.....	42
5.4.1	Vnější zatížení .....	42
5.4.2	Vnitřní zatížení.....	45
5.5	Výkonnostní křivka roku 2021 a 2022.....	50
5.5.1	Výkonnostní křivka v přípravném a závodním období .....	51
6	Závěry .....	54
7	Souhrn .....	55
8	Summary.....	57
9	Referenční seznam .....	59
10	Přílohy.....	63



## Použité zkratky

AP	aerobní práh
ANP	anaerobní práh
ATP	z anglického názvu adenosine triphosphate
BMI	body mass index
BMX	disciplína cyklistiky, zkratka z anglického bicycle motocross
FTP	z anglického functional threshold power
KCAL	kilo kalorie
W	watt
TSS	training stress score
LT1	lactate threshold 1/laktátový práh 1
LT2	lactate threshold 2/laktátový práh 2
MTB	horské kolo, z anglického mountain bike
UCI	mezinárodní cyklistická federace
ZDV	základní dlouhodobá vytrvalost

# 1 ÚVOD

Sport je již po dlouhá léta nedílnou součástí naší kultury. V dobách minulých i současných se jedná o společenský fenomén, který hraje velkou roli v životě většiny lidí. Podobně jako umění, i sport je nesmírně rozmanitý a neustále přitom vznikají nová sportovní odvětví i disciplíny. A již od pradávna je provázen touhou se zlepšovat, porovnávat se s ostatními, překovávat sebe sama a dosahovat co možná nejlepších výkonů a výsledků. A s tím přichází i věda a výzkum, který si láme hlavu nad tím, jak toho dosáhnout. Trénink je rozhodně ta správná odpověď. Ale kolik? Jak dlouho? Jak intenzivně? Bylo potřeba zjistit co měřit a hlavně, jak získat zpětnou vazbu, zda je trénink efektivní.

Předkládaná bakalářská práce se zabývá monitorováním sportovní výkonnosti a identifikátorů vnějšího a vnitřního zatížení u profesionálního cyklisty. Autor si přitom klade otázku, nakolik se v důsledku systematického tréninku změnil výkon na aerobním a anaerobním prahu, antropometrické charakteristiky a celková výkonnost sledovaného subjektu v návaznosti na distribuci tréninkové intenzity v průběhu dvou makrocyclů, které přibližně odpovídají kalendářním rokům 2021 a 2022.

Práce je členěna na dvě části, část teoretickou a část praktickou. Teoretická východiska řešené problematiky jsou zpracována na základě studia odborné literatury a dalších, převážně internetových zdrojů. Těmi jsou zejména práce jiných výzkumníků, kteří se problematikou v minulosti zabývali. Namátkou lze jmenovat například Foleyho, Birda a Whita (1989) či Mujiku a Padillu (2001), kteří se ve své práci zabývali antropometrickými charakteristikami profesionálních cyklistů, nebo Lucia, Hoyos, Santalla, Earnest a Chicharro (2003), Seiler a Kjerland (2006) či Muñoz et al. (2014), srovnávající jednotlivé koncepty sportovní přípravy. V rámci teoretické části jsou nejprve vymezeny základní pojmy vztahující se k řešené problematice, a následně je věnován prostor antropometrické a fyziologické charakteristice silničního cyklisty, nejčastěji užívaným výkonnostním ukazatelům a zátěžovým testům v cyklistice. Analytická část práce má podobu případové studie. Úvodem je podrobně popsána metodika práce včetně postupů a přístrojů využitých pro sběr dat, následně jsou tato data prezentována, a v závěrečné části práce interpretována a diskutována s ohledem na formulované výzkumné otázky.

## 2 PŘEHLED POZNATKŮ

Cyklistika je sportem s obrovskou tradicí sahající až do 19. století. V současné době můžeme za první předchůdce jízdního kola považovat zařízení s rámem ze dřeva, pevným zadním kolem a řiditelným předním kolem, které bylo poprvé patentováno německým baronem Karlem Friedrichem Draisem von Sauerbronem. Na jeho počest nazvaná "Draisína", inspirovala vznik řady podobných strojů nazývaných "kostitřasy". Podle Sidwellse (2003) byl právě draisův patentovaný přístroj první předchůdce moderního bicyklu.

Zásadním krokem ve vývoji jízdního kola bylo přidání klik a pedálů Pierrem Michauxem (Sykes, 2013). Již v roce 1868 byl uspořádán první cyklistický závod, aby následně roku 1893 vznikla ve Švýcarsku mezinárodní cyklistická federace. Cyklistika je také od počátku až do dnešní doby nedílnou součástí programu Olympijských her (Martínek & Soulek, 2000).

O její popularitě tudíž není pochyb a lze se ztotožnit se závěry mnohých autorů (například již zmiňovaný Martínek & Soulek, 2000), dle kterých cyklistika v posledních desetiletích nabírá velkého rozmachu a počet lidí, kteří se této aktivitě věnují, bude dále stoupat. Stejně tak během času přibývají nové cyklistické disciplíny, vedle silniční cyklistiky rozlišujeme cyklistiku horskou, dráhovou, sálovou, para-cyklistiku, BMX, trial, cyklokros, příp. další specifické disciplíny (Český svaz cyklistiky, 2020). V důsledku výše uvedeného, a koneckonců také v důsledku nových poznatků a všeobecného technologického pokroku, cyklistům je dnes dostupná široká škála kol, příslušenství, ale i dalších technologií a přístupů usnadňující tuto činnost a zefektivňující jejich trénink.

Jak uvádí Sekera s Vojtěchovským (2009), nejzákladnějším rozdělením kol je dělení na kola horská (označovaná MTB) a silniční. „Silniční kolo je úzce specializovaným strojem, jeho doménou jsou upravené silnice, na kterých se plně projeví jeho největší výhoda – rychlost pohybu“ (Sekera & Vojtěchovský, 2009, p. 17). Navzdory řadě podobností, a to jak v jednotlivých cyklistických disciplínách, tak i v tréninku jezdců, další text je věnován primárně silniční cyklistice.

## 2.1 Vymezení pojmů

Teorie sportovního tréninku je multioborovou disciplínou integrující poznatky z různých vědních oborů, jako například fyziologie, psychologie, biomechanika apod. Lze se při něm setkat s řadou slovních spojení a termínů, které mohou být vzájemně zaměňovány či interpretovány různými způsoby. Z tohoto důvodu je vhodné úvodem práce vymežit alespoň základní termíny, s nimiž autor v následujícím textu pracuje a jejichž vymezení je pro pochopení problematiky nezbytné.

### 2.1.1 Sportovní trénink

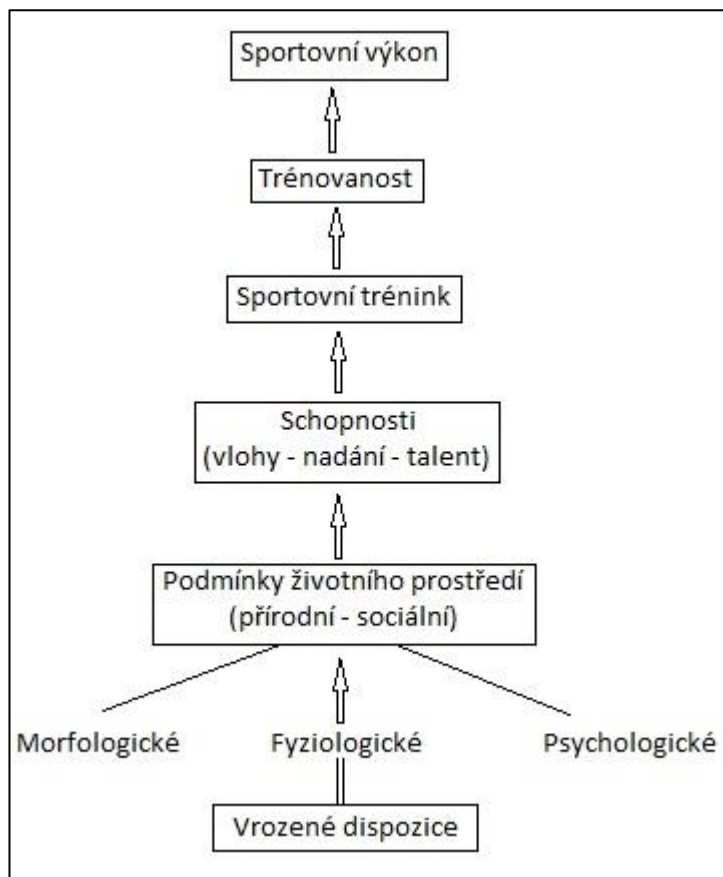
S pojmem trénink se lze setkat nejen v teorii sportovního tréninku, ale také v rámci volnočasových aktivit, rehabilitace nebo rekreačního sportu.

Pro účely této práce je **sportovní trénink** možno definovat jako „složitý a účelně organizovaný proces rozvíjení specializované výkonnosti sportovce ve vybraném sportovním odvětví nebo disciplíně“ (Perič & Dovalil, 2010, p. 11). Dovalil et al. (2012) jej pak charakterizují jako nástroj pro ovlivňování trénovanosti jedince, přičemž trénovanost vyjadřuje aktuální míru adaptace v závislosti na požadavcích příslušného sportovního odvětví. Autoři označují trénink za komplexní proces, k jehož praktickému zvládnutí je třeba teoretická znalost příčin, které podněcují změny ve sportovní výkonnosti. Sportovní trénink (viz předešlá podkapitola) určuje trénovanost sportovce, která se stává předpokladem aktuálního sportovního výkonu (Dovalil et al., 2012). Cílem sportovního tréninku je „dosažení individuálně nejvyšší sportovní výkonnosti ve zvoleném sportovním odvětví na základě všestranného rozvoje sportovce“ (Perič & Dovalil, 2010, p. 12).

### 2.1.2 Sportovní výkon, výkonnost a trénovanost

Sportovní výkon je tedy jedním ze základních pojmů sportovního tréninku, resp. sportu obecně. **Sportovní výkon** je možno charakterizovat jako „projev specializovaných schopností jedince v uvědomělé činnosti, zaměřené na řešení pohybového úkolu, který je vymezen pravidly daného sportovního odvětví nebo disciplíny“ (Choutka & Dovalil, 1987, p. 16) či jako „výsledek specifické pohybové činnosti sportovce realizované v soutěžních podmínkách, zaměřené na řešení soutěžních úkolů v souladu s pravidly sportovní disciplíny“ (Lehnert, Novosad, & Neuls, 2001, p. 8). Při podrobnějším zkoumání obou výše uvedených definic dojdeme k poznání, že sportovní výkon můžeme jednoduše vymežit jako jednorázový, příp. aktuální projev výkonnosti (Měkota & Cuberek, 2007).

**Sportovní výkonnost** je pak myšlena „způsobilost, schopnost či předpoklad opakovaně podávat výkony v určité sportovní činnosti (zpravidla na poměrně stabilní úrovni)“ (Měkota & Cuberek, 2007, p. 126). „Sportovní výkonnost (jako dispozice opakovaně podávat výkon) se formuje postupně a dlouhodobě a je výsledkem přirozeného růstu a vývoje jedince, vlivů prostředí a vlastního sportovního tréninku“ (Dovalil et al., 2012, p. 14). Pro pochopení uvedeného je vhodné použít schematické znázornění, viz obrázek 1.



Obrázek 1. Dlouhodobé formování sportovní výkonnosti (Dovalil et al., 2012, p. 15).

Na obrázek 1 je nutné hledět odspodu. Vrozené dispozice, které lze dále členit na morfologické (například výška, váha, hmotnost jedince), fyziologické (transportní kapacita pro kyslík) a psychologické (osobnostní předpoklady), mají značný vliv na vývoj sportovce a úzce souvisejí se schopnostmi (vlohy, nadání, talent). Do jisté míry jsou formovány životním prostředím, a to nejen prostředím ve smyslu podmínek přírodních, ale také sociálních (například podpora přátel či rodiny a jejich názory na aktivity sportovce).

**Trénovanost** je možno vymezit jako „souhrnný stav připravenosti sportovce, charakterizující aktuální míru jeho přizpůsobení požadavkům příslušné sportovní specializace“ (Dovalil et al., 2012, p. 103).

Navzdory všeobecně známému heslu „není důležité vyhrát, ale zúčastnit se“, ve světě profesionálních sportů je typickým znakem snaha sportovce o dosažení co možná nejlepšího výkonu. K tomu je zapotřebí poznat, které faktory determinují výkon sportovce, jaké jsou mezi nimi vztahy, a jakým způsobem je integrovat do tréninkového plánu. „Pod pojmem faktor lze v širším i užším smyslu zahrnout každý projev funkce, všechny vlastnosti, schopnosti, vědomosti, tělesné rozměry aj., které jsou v rámci daného výkonu podmínkou jeho realizace, působí jako rozhodující činitele a mají pro sportovní výkon podstatný význam“ (Dovalil, 1982, p. 174). V množině faktorů, které ovlivňují a vytvářejí sportovní výkon, lze rozlišit (Dovalil et al., 2012):

- faktory somatické, zahrnující konstituční znaky jedince, jakými je výška a hmotnost sportovce, délkové rozměry a poměry, složení těla či tělesný typ;
- faktory kondiční, jakými jsou schopnosti vytrvalostní, silové, rychlostní, koordinační aj.;
- faktory techniky, související s technikou provedení konkrétních sportovních dovedností;
- faktory taktické, které představují součást tvořivého jednání sportovce, jeho znalosti a zkušenosti;
- faktory psychické, vycházející z osobnosti sportovce a zahrnující jeho kognitivní, emoční a motivační procesy.

### **2.1.3 Adaptace, vnější a vnitřní zatížení**

Jak uvádí Lehnert et al. (2014), předpokladem efektivního zvyšování trénovanosti a sportovní výkonnosti ve sportu je adaptace. **Adaptace** patří k základním vlastnostem živých organismů a lze ji vymezit jako „soubor biochemických, funkčních, morfologických a psychických změn trvalejšího charakteru (avšak vratných) v jednotlivých orgánech a systémech i v organismu jako celku, které vedou ke zvyšování trénovanosti a sportovní výkonnosti a odolnosti vůči zatížení a zatěžování“ (Lehnert et al., 2014). Autoři ve své práci akcentují dlouhodobé působení těchto změn, které je odlišuje od jednorázových reakcí organismu. Z pohledu adaptace pak vymezují sportovní trénink jako „proces zaměřený na vytvoření specifických adaptací sportovce vyvolaných opakováním adaptačních podnětů uplatňovaných v podmínkách tréninku a soutěží“.

Pro optimální průběh adaptačních změn je nutné optimalizovat tréninkové podněty (například druh, sílu, frekvenci, dobu), tedy zatížení. „Za zatížení se považuje pohybová činnost, která je vykonávána tak, že vyvolává žádoucí aktuální změnu funkční aktivity člověka a ve svém důsledku trvalejší funkční, strukturální a psycho-sociální změny“ (Lehnert et al., 2014). **Vnější zatížení** pak autoři vztahují k parametrům pohybové činnosti charakterizujícím množství a

kvalitu cvičení (například doba jízdy, počet ujetých km), zatímco **vnitřní zatížení** jako reakci systémů organismu na tato cvičení (například tepová či dechová frekvence).

## 2.2 Antropometrická charakteristika a tělesné složení

Jestliže byly somatické faktory označeny za významný determinant sportovního výkonu, je na místě věnovat problematice více pozornosti. Tyto faktory jsou do značné míry podmíněné geneticky, nicméně systematickým tréninkem mohou být částečně ovlivněny. K hlavním somatickým faktorům patří tělesná výška a hmotnost, délkové rozměry a poměry, složení těla a tělesná konstituce neboli somatotyp (Dovalil et al., 2012). „*Stavba těla je pro většinu sportovců klíčovým ukazatelem s vysokou korelací ke sportovnímu výkonu. Znalost parametrů a složení těla je rovněž velmi důležitou pomůckou při hodnocení stravovacích návyků sportovce*“ (Sekera & Vojtěchovský, 2009, p. 54).

Mujika a Padilla (2001) ve svém příspěvku vypočítává průměrné parametry člena typického profesionálního cyklistického týmu, kterému je 26 let (rozmezí 20–33 let), s výškou 180 cm (rozsah 160–190 cm), tělesnou hmotností 68,8 kg (rozsah 53–80 kg), plochou povrchu těla 1,87 m<sup>2</sup> (rozsah 1,54 – 2,08 m<sup>2</sup>), čelní plochou 0,35 m<sup>2</sup> (rozsah 0,28 – 0,38 m<sup>2</sup>), a s 8 % hodnotou tělesného tuku (rozsah 6,5 – 11,3 %). Cacek a Grasgruber (2008) pracují s podobnými hodnotami, za tímto účelem zpracovali přehlednou tabulku antropometrických charakteristik úspěšných cyklistů na Tour de France v roce 2003, viz tabulka 1.

Tabulka 1

*Hodnoty antropometrických charakteristik úspěšných cyklistů na Tour de France v roce 2003 (Cacek & Grasgruber, 2008)*

	Tělesné rozměry	Rozsah	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Vítěz (cm/kg)
Peloton Top 50	178,9 cm/67,2 kg	164-193 cm/54-83 kg	21,01	1.Armstrong 179/71
Peloton Top 10	178,2 cm/68,7 kg	170-186 cm/60-73 kg	21,63	2.Ullrich 183/73 3.Vinokurov 175/72
Vrchaři Top 10	177,6 cm/66,1 kg	169-186 cm/58-73 kg	20,96	Virenque 179/65
Časovka Top 10	182,2 cm/72,8 kg	172-191 cm/67-83 kg	21,93	Millar 191/77
Spurteři Top 10	178,2 cm/70,9 kg	171-183 cm/66-81 kg	22,33	Cooke 178/73

*Poznámka.* Cm – centimetr, kg – kilogram

Antropometrickými charakteristikami pro jednotlivé cyklistické se zabývali Foley, Bird a White (1989), kteří za tímto účelem rozdělili vzorek 36 soutěžních cyklistů do čtyř skupin, viz tabulka 2 – sprinteři, stíhači, silniční cyklisté a časovkáři.

Tabulka 2

*Rozdělení soutěžních cyklistů do čtyř skupin podle antropometrických charakteristik (Foley, Bird & White, 1989)*

	Sprinteři	Stíhači	Silniční cyklisté	Časovkáři
Výška (cm)	169,2 ± 2,5	180,6 ± 1,7	179,2 ± 1,8	186,3 ± 3
Hmotnost (kg)	71,1 ± 2,8	74,5 ± 2,5	69,2 ± 1,5	76 ± 2,8
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	24,84	22,84	21,55	21,90
Šířka bitrochanter. (cm)	32,1 ± 0,5	32,9 ± 0,6	32,1 ± 0,5	34,3 ± 0,9
Délka stehenní kosti (cm)	36,6 ± 1,1	39,3 ± 0,5	39,8 ± 0,5	42,4 ± 0,9
Délka lýtkové kosti (cm)	39,4 ± 0,1	42,9 ± 0,8	42,5 ± 0,7	45,9 ± 1,2
Stehno + lýtko (cm)	76,0 ± 2,0	82,7 ± 1,0	81,7 ± 1,2	88,4 ± 1,7
Délka chodidla (cm)	25,9 ± 0,5	27,9 ± 0,4	27,1 ± 0,3	28,5 ± 0,6
Somatotyp	2,2-6,9-1,4	2,2-5,3-2,9	2,1-4,8-3,5	2,9-3,9-3,7

*Poznámka.* Cm – centimetr, kg – kilogram, m<sup>2</sup> – metr čtverečný

Je patrné, že sprinteři mají relativně nižší výšku, tedy i kratší stehenní a lýtkové kosti. Nejvyšší jsou naopak časovkáři, kteří mají zároveň nejdelší nohy, nejvyšší poměr délka/výška nohou a největší bitrochanterickou šířku (Foley, Bird & White, 1989).

Somatotyp je pojem zavedený v roce 1940 Sheldonem, dle kterého je determinován vzájemným vztahem tří morfologických komponent, jejichž název je odvozen od zárodečných listů, zakládajících tři typy tělesných tkání – endoderm, mezoderm, ektoderm. Kombinace těchto komponent (na stupnici 1-7) vyjadřuje trojčíslí somatotypu: endomorfie, mezomorfie, ektomorfie. „*Endomorfie jako první komponenta somatotypu reprezentuje predominanci vegetativního systému. Mezomorfie jako druhá složka somatotypu vyjadřuje míru rozvoje kosterně svalového systému. Třetí komponentou je ektomorfie, která se vztahuje k relativní délce částí těla*“ (Lehnert et al., 2014). Extrémní endomorf tedy bude mít hodnoty 7-1-1 a bude charakterizován velkou hlavou, velkým břichem, slabými pažemi a větším množstvím tuku. Extrémní mezomorf (1-7-1) má naopak méně tělesného tuku, více svalů, široká ramena i hrudník. Extrémní ektomorf (1-1-7) nedisponuje příliš velkou svalovou hmotou ani podkožním tukem, má úzký hrudník a dlouhé končetiny. Z tabulky výše je patrné, že cyklisté jsou svým



somatotypem mezomorfní. Typickými mezomorfy jsou sprinteři, kteří mají vyšší hodnotu BMI, kratší nohy, které napomáhají akceleraci.

Ve složení těla rozlišujeme aktivní tělesnou hmotu a tuk. Již bylo konstatováno, že průměrní profesionální cyklisté mají v těle okolo 8 % tuku (Mujika a Padilla, 2001). Havlíčková (1999) uvádí, že u normální populace se tato hodnota pohybuje v rozmezí 15–18 % u mužů a 20–25 % v případě žen. U vrcholových sportovců by se hodnota podílu tělesného tuku měla pohybovat v rozmezí 10–13 % u mužů a 17–20 % u žen. U vytrvalostních sportovců jsou zaznamenávány hodnoty 6–8 % u mužů a 14–16 % u žen.

### **2.3 Fyziologické aspekty vytrvalostního sportu**

Cyklistika patří mezi vytrvalostní sporty. „Vytrvalost je pohybová schopnost člověka k dlouhotrvající pohybové činnosti. Je to soubor předpokladů provádět cvičení s určitou nižší než maximální intenzitou co nejdéle nebo po stanovenou dobu co nejvyšší možnou intenzitou“ (Dovalil & Choutka, 1987, p. 89). Podobnou definici nalezneme v publikaci Trénink kondice ve sportu, zde se objevuje definice vytrvalosti jako schopnost udržet požadovanou intenzitu pohybové činnosti po delší dobu bez snížení efektivity této činnosti (Lehnert, Novosad, Neuls, Langer & Botek, 2010).

Aerobní trénink a obecně aktivita v aerobním pásmu slouží jako prevence proti výskytu srdečních a cévních onemocnění, respiračních problémů a také pomáhá snižovat riziko osteoporózy, která se projevuje ztrátou kostní hmoty a zvýšeným rizikem zlomenin (Juříková & Dočekal, 2013).

Vytrvalost je možné rozdělit podle doby trvání, jak uvádí (Botek, Neuls, Klimešová, & Vyhnánek, 2017) na rychlostní či sprinterskou (trvajících 7 až 35 sekund), krátkodobou (trvajících 35 až 120 sekund), střednědobou (trvajících 2 až 10 minut) a dlouhodobou, která trvá více než 10 minut.

Základní dlouhodobá vytrvalost (dále jen ZDV) se obvykle zařazuje do tréninku po přestávce, ať už vynucené (například zranění) nebo nevynucené (posezonní přestávka), ovšem vždy je toto období velmi důležité pro následný intenzivnější trénink (Benson & Connolly, 2011) a jedná se o trénink aerobní, tedy za přítomnosti kyslíku, proto se tréninkové pásmo pro rozvoj ZDV pohybuje v rozmezí od 60 do 75 % maximální tepové frekvence každého sportovce.

Podle Botka, Krejčíře a McKunea (2017) je pro dosažení vysoké úrovně vytrvalostního výkonu důležitá typologie svalových vláken, úroveň VO<sub>2</sub>max, úroveň aerobního a anaerobního prahu a ekonomika pohybu.

Jak uvádí Benson (2011) fyziologické změny v těle sportovce jsou kombinací adaptace srdečně-cévního, dýchacího, metabolického a svalového aparátu. Tyto adaptace jsou zásadní pro zlepšení výkonnosti. Adaptační reakce začínají účinkovat relativně rychle. Pouhých osm týdnů intenzivního vytrvalostního tréninku přispívá ke zvýšení hustoty mitochondrií a aktivity oxidativních enzymů o přibližně 40 % a zlepšuje prokrvení o zhruba 15 %. Tyto adaptace jsou vyvolány jako odpověď na dlouhodobou aerobní aktivitu, zejména pak na objem tréninku. Většina cyklistů proto zaznamená pokrok ve svém výkonu a výkonnosti, když po několik týdnů trénují pouze dlouhé aerobní jízdy (Grasgruber & Cacek, 2008).

Svaly se přizpůsobují k dlouhodobému tréninku vytrvalostního charakteru. Dochází k vytváření nových kapilár, což zvyšuje průtok krve do svalů a zlepšuje dodávku kyslíku a živin. V důsledku vytrvalostního výkonu se ve svalech zvyšuje počet i velikost mitochondrií, což napomáhá lepšímu zpracování mastných kyselin a v důsledku toho je možná větší produkce ATP, což zpomaluje vyčerpávání omezených zásob glykogenu (Benson, 2011). „Aerobní výkon je pro organismus zdaleka nejkomfortnější – všechny systémy, nejen svaly, ale i nervová a ostatní soustavy pracují s dostatkem kyslíku nejefektivněji, s nejmenší únavou a opotřebením“ (Sekera & Vojtěchovský, 2009, p. 38-39).

Podle Benson et al. (2011) se adaptace projevují následovně:

- sacharidy jsou spalovány v menším množství, tudíž se tvoří méně kyseliny mléčné;
- metabolické zplodiny jsou lépe odstraňovány větším množstvím krevních cév (kapilár);
- zlepšuje se svalová síla a účinnost;
- dochází ke zpevnění kloubů, kostí, šlach a vazů.

Plíce zvyšují svou kapacitou a efektivitu v příjmu kyslíku a výdeji oxidu uhličitého. To je zajištěno rozšířením plicních cév a zvětšením počtu alveolů. Výzkumy zabývající se problematikou došly k závěru, že ačkoli výsledné hodnotě  $VO_{2max}$  do značné míry přispívají genetické dispozice, usilovným tréninkem ji lze zvýšit v řádu nízkých desítek procent (Redakce Svět Běhu, 2022).

V oblasti srdečně-cévního systému dochází k excentrické hypertrofii, která bývá vytvářena objemovou zátěží při vytrvalostním tréninku. „Ta způsobuje roztažení dutiny komory bez nadměrné hypotrofie stěn, nicméně jejich zesílení bývá znatelnější než u netrénovaných jedinců. Dochází zde ke zvýšení síly, která napíná myokard před stahem“, uvádí Šíroková (2020) a podotýká, že nejvyšší stupně hypertrofie byly zaznamenány právě u cyklistů a veslařů.

Vytrvalostní trénink má rovněž vliv na metabolickou stránku. Této problematice je věnována následující kapitola.

## **2.4 Energetické zajištění sportovního výkonu**

Úvodem podkapitoly je vhodné vymezit základní pojmy, které Sekera s Vojtěchovským (2009) označují coby klíče k pochopení problematicky vytrvalostních sportů, cyklistiku nevyjímaje. Termín „aerobní“ znamená „s kyslíkem“ a termín „anaerobní“ pak „bez kyslíku“ (nebo přesněji – s odloženou spotřebou kyslíku). Oba tyto pojmy se pojí s energetickým krytím metabolických operací (Sekera & Vojtěchovský, 2009). Tyto zdroje energie je možno rozdělit na zdroje okamžité, krátkodobé a dlouhodobé.

### **2.4.1 Aerobní systém**

Aerobní metabolismus provádí rozklad sacharidů, tuků a bílkovin za přítomnosti kyslíku v těle. Výsledkem tohoto procesu jsou produkty oxidace, jako je oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>) a voda (H<sub>2</sub>O). Hlavními zdroji energie pro aerobní systém jsou svalový glykogen, triglyceridy v kosterním svalu, glukóza v krvi, volné mastné kyseliny a v některých případech také bílkoviny (Dovalil et al., 2012). Tento metabolický systém poskytuje energii (v podobě ATP) pomaleji, ale je efektivnější, protože nezpůsobuje tvorbu kyselých metabolitů (Botek et al., 2017a). Aerobní metabolismus zajišťuje 70–90 % energie při dlouhodobé aktivitě střední intenzity (Grosser, Starischka & Zimmermann, 2008).

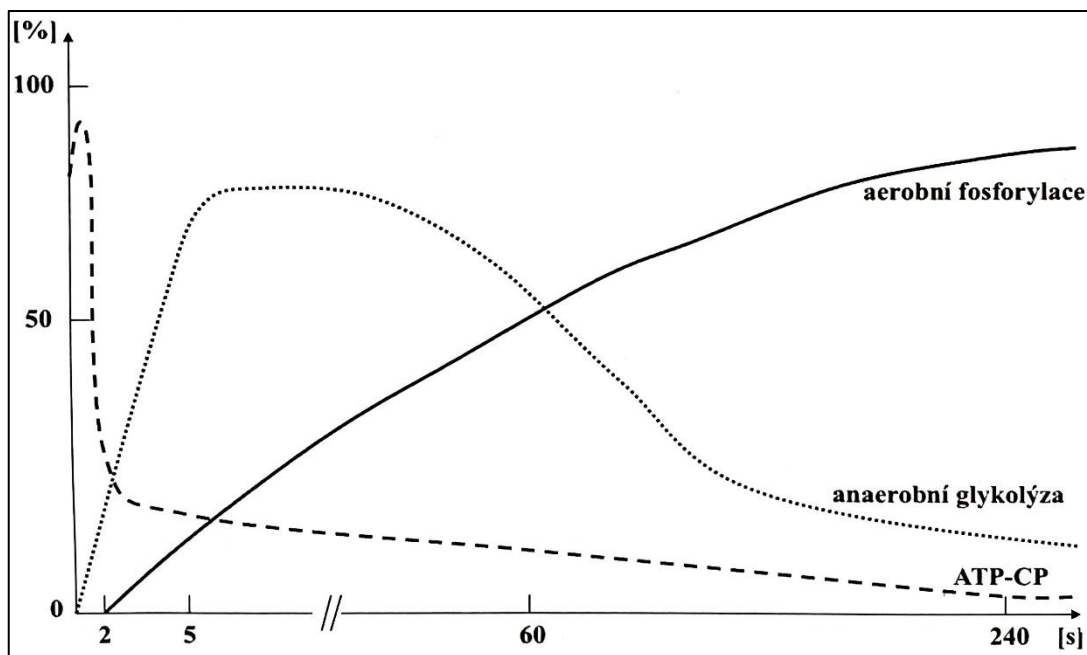
### **2.4.2 Anaerobně-laktátový systém**

Anaerobně laktátový systém (LA systém) je způsobem energetického krytí, v rámci kterého je energie získávána rozkladem glykogenu. Dochází přitom k tvorbě laktátu. Laktát je sůl kyseliny mléčné, látka, která se vylučuje ze svalů do krve, kde se koncentruje. Laktát organismus využívá a odbourává pomaleji, proto se akumuluje a způsobuje okysličení vnitřního prostředí a pálení ve svalech při náročném tréninku (Dovalil et al., 2012). Jak autoři dále uvádějí „to má negativní důsledky v enzymové regulaci látkové přeměny ve svalech, při ventilační kompenzaci acidózy, při řízení pohybu, psychice i při doplňování energetických zdrojů“ (p. 58). Tohoto mechanismu organismus využívá v případě, kdy je požadován vyšší výkon po delší dobu, než dokáže pokrýt ATP-CP systém. LA systém dokáže ve srovnání s ATP-CP systémem zajistit energetické krytí po dobu 1–2 minut, a pro cyklistu je jeho kapacita naprosto klíčová, neboť všechny rozhodující okamžiky závodu se odehrávají na výkonu vyšším, než dokáže pokrýt aerobní systém (Sekera & Vojtěchovský, 2009).

### 2.4.3 Anaerobně – alaktátový systém (ATP-CP systém)

V tomto případě se jedná o způsob získávání energie z energeticky bohatých fosfátů, uložených v každé živé buňce. „Během prvních sekund svalové práce je nejprve energie pro pohyb čerpána rozkladem malých zásob ATP uložených ve svalu. Když jsou tyto zásoby vyčerpány, je nový ATP regenerován reakcí ADP s kreatinfosfátem (CP), který je uložen ve svalech“ (Měcháček, 2012). Aktivace těchto zdrojů nastává velmi rychle, jejich rezerva vystačí na první dvě sekundy maximálního výkonu sportovce (Botek et al., 2017a). To je poměrně krátká doba, nicméně dostatečná výkonnost v oblasti krátkodobého maximálního výkonu může být pro cyklistu významnou výhodou, neboť usnadňuje řešení kritických momentů v závodě (Sekera & Vojtěchovský, 2009).

Vztah mezi výše popsanými systémy energetického krytí lze znázornit graficky, viz obrázek 2.



Obrázek 2. Průběh energetického výdeje a podíl jednotlivých systémů energetické úhrady ve svalu v závislosti na době trvání zatížení (Lehnert et al., 2014).

## 2.5 Výkonnostní ukazatelé

### 2.5.1 Kilometry

García, Terrados, Fernández a Patterson (2000) ve své studii popisuje, že v profesionální cyklista v kalendářním roce najede v rozmezí 30 až 35 tisíc kilometrů, což potvrzuje i Lucia et al. (2000). Tato hodnota je ovšem pouze orientační, svou roli hraje také zda jezdec jede ve skupině, kolik vystoupá výškových metrů anebo jaké kolo ke svému tréninku používá.

### 2.5.2 Hodiny

Pro hodnocení objemu práce je lepší metrikou čas. Dříve se používal jako hlavní ukazatel najeté kilometry, ale čas se ukazuje pro tuto metriku zatížení jako přesnější. Obvyklý rok podle pro profesionálního cyklistu podle Friela (2015) obsahuje od 800 do 1200 tréninkových hodin viz obrázek 3. Tyto hodnoty a hodinové rozdělení je potvrzeno ve studii Givena (2019), který mapuje a zkoumá sedmiletý progres a cestu finského závodníka od žákovských kategorií až do týmu světové úrovně World Tour. Dále se intenzita tréninku vyjadřuje pomocí srdeční frekvence, což je vnitřní reakce těla.

KATEGORIE	HODINY ROČNĚ
Pro	800–1200
I–II	700–1000
III	500–700
IV	350–500
V	200–350

Poznámka: Junioři většinou spadají do kategorie V.

Obrázek 3. Doporučené roční tréninkové hodiny (Friel, 2015, p. 138).

### 2.5.3 Srdeční frekvence

Získávání informací o činnosti srdce je základním prvkem měření srdeční frekvence (SF). SF je významným indikátorem při hodnocení stavu organismu v klidovém stavu, při fyzické zátěži nebo při neočekávaných srdečních poruchách. Existuje několik metod pro monitorování SF, které se liší ve svém využití, dostupnosti a principu snímání. SF lze pozorovat prostřednictvím různých biologických parametrů, které přímo ovlivňují nebo doprovázejí

srdeční činnost. Tyto parametry zahrnují elektrický signál, zvukový signál, změny krevního tlaku v oběhovém systému, variace objemu tkáně v důsledku změn tlaku v oběhovém systému, změny impedance tkáně v souvislosti se změnou množství krve v dané oblasti tkáně, což je vyvoláno změnami krevního tlaku v oběhovém systému, a změny rychlosti průtoku krve způsobené fluktuacemi krevního tlaku v oběhovém systému (Penhaker & Augustynek, 2013). Elektronické pulzometry, označované také jako sportovní měřiče srdeční frekvence (SF), zajišťují optimální stanovení intenzity během cvičební jednotky. Tyto přístroje využívají hrudního pásu s integrovaným senzorem obsahujícím dvě elektrody, které slouží k monitorování srdeční frekvence během fyzické aktivity. Výsledek měření a její hodnoty zobrazují na digitálním displeji. Efektivní zpětná vazba, poskytující informace o intenzitě cvičení, umožňující průběžně sledovat a kontrolovat svůj výkon. Na těchto zařízeních je možné například nastavit požadovanou intenzitu zátěže na základě maximální dosažitelné srdeční frekvence (SFmax), kterou přístroj hlídá, aby nebyla překročena (Hložková & Mikušová, 2014). Kvalitní sportovní měřič srdeční frekvence s pokročilým softwarem poskytuje užitečné informace o správné intenzitě cvičení pro rozvoj aerobního či anaerobního systému, správném časovém rozsahu stráveném v jednotlivých tréninkových pásmech a dalších aspektech (Benson & Connolly, 2011).

#### **2.5.4 Výkon (watty)**

Vyprodukovaný výkon je měřen ve wattech. Tento výkon je dán součinností kadence šlapání a síly na pedál, tedy kroutivým momentem na středové ose a frekvencí otáčení (Sekera & Vojtěchovský, 2009). Wattmetr je upřednostňován před tepovou frekvencí, jakožto přesnější a zejména okamžitý zpětnovazební nástroj podávaného výkonu. Allen a Coggan (2010) popisují wattmetr jako v současnosti nejpřesnější zařízení pro řízení tréninku, jeho hlavní výhodou jsou validita, spolehlivost a přesnost podávaných dat. Jak dále uvádí Botek et al. (2017a), je možné pomocí přímého měření výkonu přesněji určit podíl vykonané fyzikální práce a tím i lépe zjistit kalorickou spotřebu, která je pro hodnocení náročnosti tréninku daleko přesnější, než kilometry nebo uplynulý čas.

## 2.6 Tréninkový plán

Sportovní trénink je proces, který by měl být promyšlenou, systematickou a dlouhodobou záležitostí, během níž je nezbytné respektovat celou řadu zákonitostí. Toho lze v praxi dosáhnout členěním na určité časové úseky, kterými mohou být etapy, cykly, období nebo jednotlivé tréninkové jednotky (Choutka & Dovalil, 1987). „Koncepčnost dlouhodobých plánovitých záměrů se promítá do všech nižších organizačních forem a teprve v této návaznosti plní svůj účel“ (Choutka & Dovalil, 1987, p. 222).

### 2.6.1 Struktura tréninkového plánu

Ačkoli se sportovní vývoj jednotlivce v různých sportovních odvětvích odlišuje, existují určité všeobecně platné zásady, umožňující dlouhodobý sportovní proces rozdělit na několik etap s jasně definovanými úkoly, zaměřením a zásadami. Tyto etapy mohou mít odlišnou délku trvání, nicméně systematicky na sebe navazují a vzájemně se ovlivňují. V teorii sportovního tréninku se nejčastěji rozlišují následující etapy (Choutka & Dovalil, 1987):

- etapa sportovní předpřípravy, která, jak již název napovídá, se týká především dětí a má všeobecný charakter;
- etapa základního tréninku, jejímž úkolem je celkový harmonický rozvoj osobnosti, upevnění zdraví a podpora přirozeného fyzického i psychického vývoje. Tato etapa je počátečním obdobím dlouhodobého tréninku, nejde zde primárně o výkon, důležité jsou i další aspekty jako například správné držení těla, úroveň obratnosti, pohyblivosti či vytrvalosti (Formánek, 2006);
- etapa specializovaného tréninku, kdy se sportovec specializuje na konkrétní sportovní odvětví či disciplínu. Výkon zde stále není primárním cílem (nýbrž spíše cílem perspektivním), jde o upevnění techniky a návyků ve složitějších a náročnějších podmínkách. Postupně se zvyšuje objem i intenzita tréninkového zatížení a tím i důraz na kondiční oblast, a rovněž tak taktická příprava;
- etapa tréninku maximální sportovní výkonnosti, jejímž cílem je dosažení maximální výkonnosti. To znamená trénink ve vysokých dávkách, zatížení postupně dosahuje nejvyššího možného objemu i intenzity, rozvíjí se mistrovství v daném sportovním odvětví.

„Tréninkové cykly definujeme jako více či méně obdobné tréninkové úseky s obdobným obsahem i rozsahem, které plní určité tréninkové úkoly“ (Perič & Dovalil, 2010, p. 54), příp.

jako „časově uzavřené celky tréninkového procesu, v nichž se řeší jeden nebo více tréninkových úkolů, které vzájemně souvisejí“ (Lehnert et al., 2014). Autoři uvádějí, že tréninkové cykly jsou základními stavebními kameny sportovního tréninku a musí být v souladu se zákonitostmi fungování lidského organismu a s principy stavby tréninku.

Základním kritériem, charakterizující jednotlivé cykly, je doba jejich trvání. Z tohoto pohledu rozlišujeme (Perič & Dovalil, 2010):

- roční tréninkový cyklus, trvající jeden rok (resp. jednu sezónu) a skládá se z makrocyclů;
- makrocyclus, který obvykle trvá jeden až tři měsíce, v praxi je dále členěn na přípravný, předzávodní, závodní a přechodný makrocyclus. Makrocyclusy jsou složeny z mezocyclů;
- mezocyclus, jakýsi střednědobý cyklus, trvající obvykle 4 týdny (ačkoli se lze setkat s kratšími i delšími mezocyclusy) a dále se skládající z mikrocyclů;
- mikrocyclus, který trvá obvykle jeden týden a představuje základní jednotku cyklů;
- tréninková jednotka, představující nejkratší element ve stavbě tréninku.

Při plánování tréninkového procesu je vhodné postupovat od vyšších, příp. delších cyklů po malé, tedy zaměření a obsah kratších cyklů vychází z plánů cyklů delších. Výše uvedené členění lze přitom označit za obecné, neboť v některých případech (zejména u vrcholových sportovců) se lze setkat i s jinými cykly, například čtyřletý olympijský cyklus. Obsah i struktura cyklů jsou determinovány vývojem a výkonností sportovce, tréninkovým obdobím (viz dále), aktuálním stavem i kalendářem soutěží (Lehnert et al., 2014).

Vezmeme-li v potaz faktory ovlivňující sportovní výkonnost (viz kapitola 2.1.2) a požadavek na zvyšování sportovní výkonnosti, je zřejmé, že zaměření i obsah jednotlivých tréninkových cyklů se v rámci ročního tréninkového cyklu mění. Zde se uplatňuje tzv. periodizace RTC, kterou lze definovat jako „cílené stanovení po sobě následujících tréninkových cyklů (organizované rozčlenění tréninkového roku), jejichž obsah, velikost zatížení a opakování se podílejí v určitém časovém úseku na dosažení plánované úrovně trénovanosti a sportovní výkonnosti“ (Lehnert et al., 2014). Friel (2015) dělí typický roční tréninkový cyklus na několik období, viz tabulka 3.



Tabulka 3

*Shrnutí období v ročním tréninkovém cyklu (Friel, 2015)*

Období	Délka trvání	Tréninkové zaměření
Přípravné	3-4 týdny	Obecná adaptace v posilovně, pomocí tréninku různých disciplín a drilů na kole.
Základní	8-12 týdnů	Rozvinout sílu, rychlost a vytrvalost. Zavést vytrvalostní sílu a práci v kopcích.
Stupňovací	6-10 týdnů	Rozvoj vytrvalostní síly, rychlostní vytrvalosti a maximální síly.
Vrcholné	1-2 týdny	Zkonsolidovat připravenost na závody pomocí sníženého objemu a vyladění na závody.
Závodní	1-3 týdny	Závody, zlepšení silných stránek a zotavení.
Přechodné	1-6 týdnů	Odpočinek a zotavení.

Přípravné období je začátkem přípravy a pro cyklistu začíná v listopadu. Jedná se o období všeobecné přípravy na sezónu. Jak zmiňuje Friel (2015, p. 153), „trénink různých disciplín, jako je běh, plavání, trekking nebo běžecké lyžování dosahuje požadovaných výsledků, a přitom omezuje počet jednotek, které byste trávili na trenažéru“. K těmto aktivitám se také doporučuje zařadit silový trénink v posilovně, který zlepšuje vytrvalostní výkon a ekonomiku pohybu, jak dokazuje studie Vikmoena et al. (2016). V tomto období se vytváří základ trénovanosti pro další tréninkové období.

V rámci předzávodního období je kladen důraz na dosažení a vyladění sportovní formy. „To vyžaduje především nižší objem tréninkového zatížení s důrazem na intenzitu, resp. kvalitu vykonávání specifických cvičení, zařazení vhodného počtu přípravných soutěží, dostatek odpočinku a kvalitní regeneraci, individuální přístup a další opatření“ (Lehnert et al., 2014).

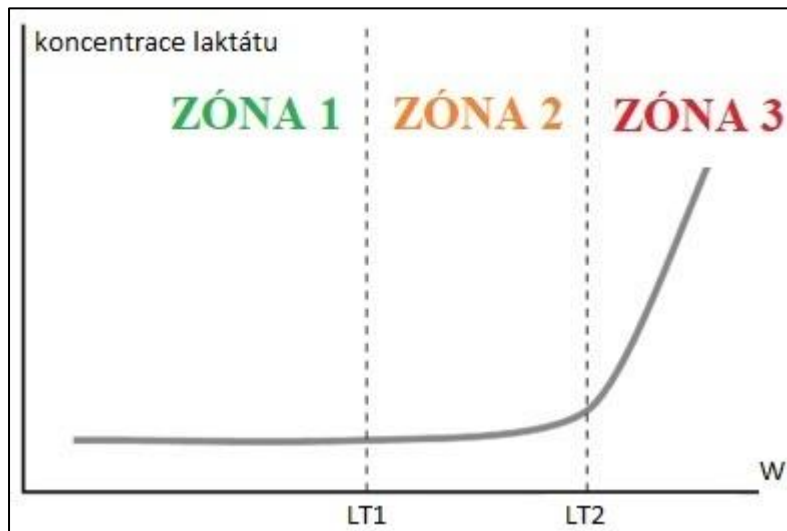
Závodní období by mělo být přizpůsobeno individuálnímu závodnímu programu, proto mohou být u jednotlivých cyklistů určité rozdíly ve stavbě tohoto období s ohledem na počet a frekvenci závodů. V předzávodním a závodním období mají tréninky zejména podpůrnou funkci a slouží k doladění formy, cyklista je soustředí na závody a zlepšení silných stránek (Sekera & Vojtěchovský, 2008).

V přechodném období cyklista regeneruje a odpočívá po předešlé sezóně, proto se i obsah tréninku liší od předešlých období. Přechodné období trvá obvykle dva až čtyři týdny, pro cyklistu představuje prostor pro realizaci vlastních zájmů (které by ale neměly být v rozporu s tréninkovým plánem), rekreačních sportů (běžky, fotbal, hokej), příp. pobyt

v lázních aj. Všechny tyto faktory napomáhají celkové relaxaci, která příznivě ovlivňuje průběh odpočinku (Sekera & Vojtěchovský, 2009). Přechodné období může být zařazeno v kratším rozsahu také např. v polovině sezóny, po prvním výkonnostním vrcholu, aby si tělo odpočinulo před druhou částí sezóny.

### 2.6.2 Prahová, polarizovaná a pyramidová metoda

Pro vysvětlení jednotlivých výše uvedených konceptů sportovní přípravy je vhodné rozdělit intenzitu tréninku do tří zón. Ty mohou být definovány několika způsoby, například dle bodů zlomu z grafu koncentrace laktátu během zátěžového testu. Těmito body, resp. prahy, pak budou dva laktátové prahy – LT1 a LT2, viz obrázek 4.



Obrázek 4. Tréninkové zóny (vlastní zpracování, dle Bell & Wilkins, 2023)

Zóna 1 tedy představuje nízkou intenzitu do prvního laktátového prahu (LT1, cca 2 mmol/l), případně do prvního ventilačního prahu. Druhá zóna (někdy též nazývaná šedá zóna), zóna střední intenzity, se nachází mezi oběma laktátovými prahy (LT1 – LT2, tedy cca 2–4 mmol/l), a třetí představuje vysokou intenzitu a výkon nad hranicí LT2 (Holub, 2022).

Bell a Wilkinsonová (2023) označují prahový model za tradiční přístup vytrvalostních sportovců, kteří většinu času tráví kolem hranice laktátového prahu (LT2) s předpokladem, že trénink při středně tvrdé, přesto snesitelné intenzitě, způsobí největší tréninkový stres a tím stimuluje největší tréninkové adaptace. V případě polarizované metody tráví sportovec většinu tréninkového času (přibližně 80 %) v první zóně (nízká intenzita) a zbývajících 20 % věnuje tréninku vysoké intenzity (zóna 3) s c minimem tréninku v zóně 2. Odtud také označení „šedá zóna“. Pyramidový model je velmi podobný modelu polarizovanému, většina tréninku probíhá

v nízké intenzitě, menší část ve střední intenzitě a nejmenší část ve vysoké intenzitě. Oproti polarizovanému modelu tedy sportovec přidává trénink v zóně 2.

Výzkumníci se veskrze shodují, že polarizovaný trénink může být pro vytrvalostní sportovce efektivnější než trénink prahový. Seiler a Kjerland (2006) ve své studii prezentují názor, že optimálním rozložením zátěže pro vytrvalostního sportovce je tzv. polarizovaný trénink „80:20“, kdy z celé doby tréninku je v zóně 1 do LT1 stráveno 75-80 % času, v druhé zóně 2 pouze 5 % a zbytek 15-20 % by mělo být odpracováno v zóně 3 tedy LT2 a vyšší. Podle nich se jedná o neoptimálnější rozložení zátěže, které je vytrvalostní sportovec schopen dlouhodobě podstupovat a zároveň zvládat regenerovat. Muñoz et al. (2014) na vzorku 32 rekreačních sportovců porovnávali výsledky dvou skupin běžců v běhu na 10 km, přičemž jedna skupina trénovala po dobu deseti týdnů dle polarizovaného tréninkového plánu (75 % zóna 1, 5 % zóna 2, 20 % zóna 3) a druhá dle prahového tréninku (45 % zóna 1, 35 % zóna 2, 20 % zóna 3). Z výsledků studie vyplývá, že ačkoli obě skupiny sportovců dosáhly zlepšení času, polarizovaná skupina dosáhla významnějšího progresu (5 % oproti 3,5 %). K podobným výsledkům dospěli i další výzkumníci, například Stöggl a Sperlich (2014) či Neal et al. (2013).

Bell a Wilkinsonová (2023) ve svém příspěvku teoretizují o fyziologických důvodech výše uvedených zjištění. V první řadě, při tréninku s nízkou intenzitou je stimulován rozvoj aerobního energetického systému, jehož síla je významným faktorem výkonu pro všechny vytrvalostní sportovce. Zároveň platí, že k mnoha tréninkovým adaptacím dochází spíše v důsledku délky tréninku než v důsledku tréninku vyšší intenzity, a polarizovaný trénink umožňuje zvýšit celkový objem tréninku. Udržování nízké intenzity vedle toho umožňuje dokončit trénink ve vyšší kvalitě a předcházet tak nefunkčnímu přetěžování nebo přetrénování.

## **2.7 Zátěžové testy v cyklistice**

Významným pomocníkem pro tvorbu tréninkového plánu je diagnostika výkonnosti a stavu trénovanosti. Zátěžové testy jsou pro současné vrcholové sportovce a jejich trenéry nezbytným prvkem řízeného sportovního tréninku. Poskytují jim vstupní informace o stavu organismu před započítím tréninkového období, a opakování těchto testů zároveň umožňuje hodnocení efektivity zvoleného typu tréninku. „Zátěžovou diagnostikou lze odhalit nejen silné, ale především slabé stránky výkonnosti sportovce a posoudit je jednak izolovaně, ale hlavně ve vzájemných souvislostech“ (Sekera & Vojtěchovský, 2009, p. 44). Podstatné je si uvědomit, že zátěžová diagnostika podává informace pouze o stavu trénovanosti daného jezdce, nikoli však o jeho psychické, technické či taktické připravenosti.

Pro vytrvalostní cyklisty jsou významné zejména ty zátěžové testy, které jsou zaměřeny na diagnostiku aerobních schopností sportovce. Nejvyužívanější jsou dva druhy testů, test na bicyklovém ergometru a laktátový test. Stručná charakteristika uvedených testů je předmětem následujících řádků.

### **2.7.1 Test na bicyklovém ergometru**

Zátěžová zkouška se provádí nejčastěji u vytrvalostních sportů, kde je nutné získat výsledky o výkonnosti kardiovaskulárního systému a oxidativní kapacitě kosterního svalstva. Hlavním činitelem ve výkonnostní diagnostice je spotřeba kyslíku. Vlastní test se provádí na cyklistickém ergometru, kde je testovanému od počátečního zahřátí zvyšována zátěž až do jeho osobního maxima. Během celého testování je jedinec připojen na zařízení, které měří požadované parametry. Nejdůležitějším zjišťovaným parametrem je maximální spotřeba kyslíku ( $VO_{2max}$ ). Tento parametr poukazuje na to, jak je organismus schopen přijmout kyslík, předat ho dále svalům a jak jsou svaly schopny ho využít. Převážně je vyjadřována v absolutních hodnotách ( $l/min$ ), ale lze jej pro lepší porovnání přepočítat na tělesnou hmotnost. Hodnota  $VO_{2max}$  je do určité míry dána geneticky, ale správným tréninkem ji lze do určité míry ovlivnit (Konopka, 2007).

### **2.7.2 Laktátový test**

Jak uvádí Sekera s Vojtěchovským (2009), vyšetření laktátové křivky je jedním z nejčastěji využívaných nástrojů pro řízení sportovního tréninku.

Vyhodnocení trénovanosti se v případě laktátového testu provádí na základě koncentrace laktátu v krvi, která je sportovci odebírána během tělesné aktivity. „Pokud známe hodnotu srdeční frekvence a také výkonovou, případně rychlostní zátěž sportovce v okamžiku odběru krve, můžeme velmi přesně určit vhodná tréninková pásma, ve kterých pak dochází k nejefektivnějšímu rozvoji daného energetického systému. Koncentrace laktátu v krvi spolu se srdeční frekvencí tak poměrně přesně informuje o kvalitě tréninku v jednotlivých pásmech a o přínosu aplikovaného tréninku pro jejich rozvoj“ (Sekera & Vojtěchovský, 2009, p. 48).

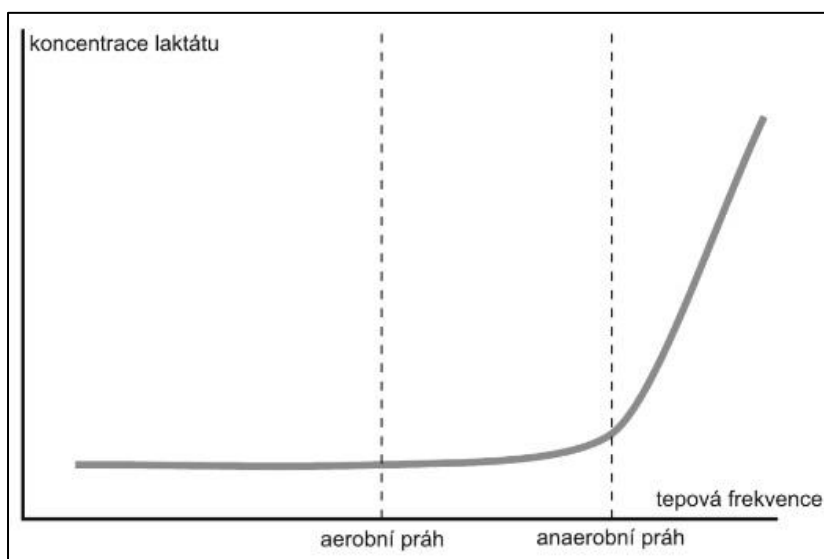
Jedním z hlavních parametrů, které je možno tímto způsobem sledovat, je anaerobní práh odpovídající aerobně-anaerobnímu přechodu. Cyklista absolvuje test na bicyklovém ergometru, do kterého je upnuto klasické kolo, nebo na stacionárním trenažéru. V rámci testování na cyklistickém ergometru se sleduje (Sekera & Vojtěchovský, 2009):

1. Hodnota laktátu na anaerobním prahu, vztažená k podanému výkonu ve watech. Na základě toho lze sledovat momentální stav trénovanosti, příp. k ověření stavu trénovanosti v případě opakovaného měření.
2. Hodnota laktátu na anaerobním prahu vztažená k podanému výkonu na 1 kilogram hmotností jezdce, představující hodnotu absolutního výkonu ve vztahu k celkové hmotnosti jezdce.
3. Hodnoty laktátu na prazích vztažených k tepové frekvenci, které slouží k určení zón tréninkových intenzit.

Laktátový test je stupňovaný zátěžový test s rostoucí intenzitou, kdy se na konci každého stupně odebírá krev z konce prstu nebo ušního lalůčku (Botek et al., 2017a). Test začíná při poměrně malé zátěži, ta se zvedá s každým dalším stupněm testu po třech až čtyřech minutách, přičemž se průběžně sledují hodnoty laktátu a hledá se nárůst laktátu přibližně kolem hodnoty 4mmol/l. Smyslem testu „je určit, kde může cyklista dosáhnout stabilního výkonu bez zvýšení koncentrace laktátu. Na této úrovni výkonu nebo pod ní zůstává laktát stabilní nebo klesá, ale šlapání nad úroveň výkonu zvyšuje hladiny laktátu“ (Schultz, 2008). Podle Millána nastává laktátový práh u amatérských cyklistů kolem hodnoty 4,5 – 5 W/kg, u elitních cyklistů kolem hodnoty 5 – 5,5 W/kg.

Laktátová křivka je zobrazena na obrázku 5, kde se na svislé ose zaznamenává koncentrace laktátu a na vodorovné ose zátěž, příp. tepová frekvence či rychlost pohybu. Laktátová křivka tedy říká, jaké hladiny laktátu v krvi sportovec dosáhl při daném zatížení. V rámci vyhodnocení laktátové křivky jsou sledovány oba prahy, jak aerobní, tak i anaerobní. Aerobní práh určuje maximální tepovou frekvenci a výkon, který je cyklista schopen podávat po dlouhou dobu. Na úrovni anaerobního prahu začíná cyklista pociťovat únavu, ale stále je schopen podávat daný výkon po relativně dlouhou dobu. Po překročení anaerobního prahu laktát prudce roste a sportovec již další zvyšování výkonu nezvládne, viz obrázek 5. (Sekera & Vojtěchovský, 2009).

Je nutné si uvědomit, že křivka mění svůj tvar podle stavu trénovanosti. Pokud se křivka posouvá vpravo a níže, lze hovořit o vyšší úrovni trénovanosti. Důležité je ale vnímat celý průběh křivky a promítnout do hodnocení více informací, které jsou testovanému k dispozici (Konopka, 2007).



Obrázek 5. Laktátová křivka (Sekera & Vojtěchovský, 2009, p. 41).

### 2.7.3 FTP Test

Jedná se o terénní test, ke kterému jsou potřeba stopky, snímač srdeční frekvence a kolo se správně kalibrovaným wattmetrem. Pomocí tohoto testu a wattmetru se dá určit funkční prahový výkon, tedy nejvyšší výkon, který je jezdec schopen udržet po dobu jedné hodiny (Sekera & Vojtěchovský, 2009). Ten je možno zjistit v laboratorním prostředí vyšetřením laktátové křivky, nebo terénním testem funkčního prahu, jak uvádí Allen a Coggan (2010). Test funkčního prahového výkonu spočívá v dosažení co nejvyššího výkonu v časovce na 20 minut. Jedná se o zkrácený hodinový test, proto je potřeba dosažený výkon vynásobit koeficientem 0,95, aby se dal odhadnout výkon na jednu hodinu. Funkční prahový test je optimální provádět opakovaně ke zjištění změny výkonu každých 6-8 týdnů. Podle dosaženého výkonu je možno přesně nastavit nebo upravit výkonnostní zóny pro následující trénink.

## **3 CÍLE**

### **3.1 Hlavní cíl**

Hlavním cílem práce bylo zhodnotit velikost vnitřního a vnějšího zatížení, společně s kondiční a závodní výkonností silničního profesionálního cyklisty.

### **3.2 Dílčí cíle**

- 1) Vyhodnocení vnějšího a vnitřního zatížení v průběhu makrocyklu
- 2) Vyhodnocení změny laboratorních ukazatelů kondiční připravenosti

### **3.3 Výzkumné otázky**

- 1) Dojde systematickým tréninkem během jednoho makrocyklu ke zlepšení výkonu na aerobním a anaerobním prahu?
- 2) Jak se změní antropometrické parametry v průběhu makrocyklu?
- 3) Vedlo podstupované tréninkové zatížení ke změnám výkonnosti?
- 4) Byla distribuce tréninkového zatížení v průběhu makrocyklu efektivní?

## **4 METODIKA PRÁCE**

Práce má podobu případové studie a zabývá se hodnocením vnitřního a vnějšího zatížení vybraného profesionálního cyklisty. Výzkumný soubor je tedy tvořen jedním subjektem (n = 1, věk 23 let). Vytrvalostní a výkonnostní schopnosti byly testovány ve čtyřech zátěžových testech, při kterých bylo měřeno také tělesné složení sportovce. Bylo zhodnoceno vnější a vnitřní zatížení v průběhu ročního cyklu a vyhodnocena změna výkonové křivky.

### **4.1 Výzkumný soubor**

Výzkumným souborem byl český profesionální cyklista. Tím je sportovec ve věku 24 let, výšky 188 cm a váhy 78 až 82 kg, v mladším věku velice sportovně aktivní (fotbal, florbal, házená). Závodit na kole začínal v deseti letech, a to v disciplíně horská kola. Po třech letech se dostal do týmu kadetů U15 v Prostějově, kde závodil až do roku 2020. V kategorii do 23 let v roce 2019 zvítězil na mistrovství České republiky.

V roce 2021 cyklista přestoupil do dalšího českého kontinentálního týmu ATT Investments, který sídlí v Pardubicích. Právě z tohoto působení v letech 2021 a 2022 jsou získaná data. Pro rok 2023 přestoupil do španělské Pro Teams stáje Caja Rural – Seguros RGA, kde bude působit nejméně do konce roku 2024.

Celkově se zkoumaný subjekt věnuje cyklistice přes deset let, s tím, že posledních pět let je závodníkem profesionálních stájí. V ročním souhrnu posledních pěti let bylo vždy odtrénováno v rozmezí od 800 do 950 hodin tréninku za jeden kalendářní rok.

### **4.2 Časové vymezení**

Tréninková data byla analyzována zpětně za období od 1. ledna 2021 do 31. prosince 2022. Ve vymezeném časovém období, tedy v letech 2021 a 2022, byly provedeny čtyři zátěžové testy v laboratoři Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého. Laboratorní testování proběhlo ve dnech 28. ledna a 1. prosince 2021, a poté 27. dubna a 23. listopadu 2022. Prvně byl proveden vstupní test a na konci roku výstupní test.

### **4.3 Metody sběru dat**

Tělesná analýza byla měřena přístrojem Tanita MC-980 MA, pro zjištění výšky byl využit stadiometr SECA 213. Pro analýzu tělesného složení bylo potřeba postavení se na váhu, a uchopení madel rukami, kterými proband upažil poníž, tak aby se paže nedotýkala těla. Měření probanda probíhalo bez ponožek, tak aby se jeho chodidla rovnoměrně dotýkala měřících



ploch. Během měření bylo dbáno na dodržení pravidel pro měření, tedy nehýbat se, nemluvit a dýchat klidně. Poté byla zahájena analýza. Během třiceti vteřin přístroj pomocí šesti elektrod a dvou ručních madel dokončil měření jednotlivých segmentů těla probanda, a výsledky vážení zaslal do aplikace My Tanita Healthcare App. V bakalářské práci jsou využita získaná data o výšce, hmotnosti, BMI, kosterním svalstvu a podkožním tělesném tuku.

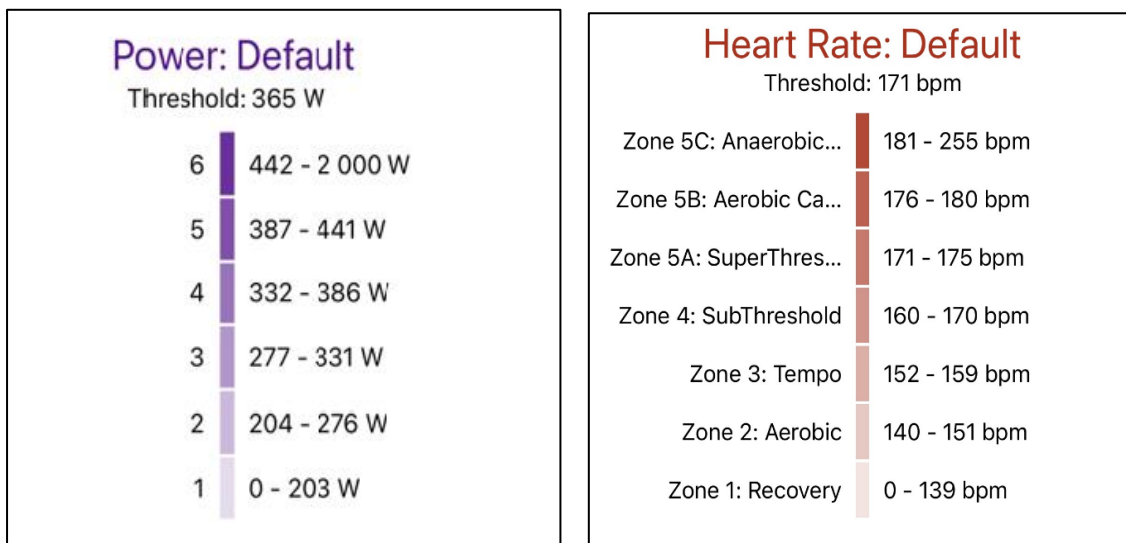
Po provedení analýzy tělesného složení se respondent obul do cyklistických treter, byl mu připevněn hrudní pás Polar H1 snímající tepovou frekvenci v průběhu testu, a přešlo se k zátěžovému testu. Proband byl vždy plně instruován a dostal vždy stejné pokyny pro přípravu pro zátěžový test. V testování na Fakultě tělesné kultury byl použit cyklistický ergometr Cyclus 2 a laktátoměr Lactate Scout Start. Jednalo se o vyšetření laktátové křivky s předepsaným protokolem schodovitého typu pod vedením doc. PhDr. Michala Botka, Ph.D. Zátěž začínala na 160 W, a vždy po čtyřminutovém schodu se zvedala o 40 W, laktát byl odebírán po každém z těchto schodů. Test byl vždy ukončen pro svalové vyčerpání. Odběr laktátu probíhal vždy obdobně, místo vpichu bylo očištěno dezinfekcí a utřeno tamponem. Poté byl proveden vpich do konečku prstu, několikrát se krev otřela a až po třetí nebo čtvrté kapce krve byla odebrána kapilární krev lancetou, ta se poté vsunula do laktátoměru. Zařízení vypočítalo aktuální koncentraci laktátu v krvi. Tento proces se vždy opakoval na konci každého zátěžového schodu, a naměřená hodnota se zapisovala do záznamového archu. Kadence byla stanovena na 90–100 otáček za minutu. Pro tyto testy bylo vždy použito tréninkové kolo respondenta, tudíž posed kola byl vždy nastaven přesně k individuálním preferencím jezdce.

Data z cyklistických tréninků a závodů byla získána s využitím přístroje Garmin 530, tedy cyklopočítače, který je připevněný na řídítka jízdního kola a zaznamenává každou minutu tréninku. Pro sběr dat z tréninkových jízd byl dále využíván cyklistický wattmetr neboli přístroj, který měří sílu, jakou jezdec šlape do pedálů. Ve sledovaných makrocyclech byl využíván wattmetr kanadské firmy 4iiii s názvem Precision 3D GEN3. K monitoringu srdeční frekvence během tréninku byl použit hrudní pás od firmy Garmin s označením HRM Dual. Po každém tréninku byla data z přístroje Garmin pomocí Bluetooth propojení nahrána na server Garmin Connect, ze kterého se tréninkové aktivity automaticky přeposílaly do aplikace TrainingPeaks, která je hlavním nástrojem a zdrojem pro zpětnou analýzu tréninkového zatížení. V průběhu roku byly využívány také sportovní hodinky Garmin Fenix 7, které sloužily jako nástroj pro měření kvality spánku a zaznamenávání silových tréninků či běžeckých aktivit.

#### 4.4 Metody hodnocení distribuce zatížení

Vyhodnocení tréninkového zatížení proběhlo pomocí aplikace Trainingpeaks, kam se všechna získaná tréninková data z dvouletého cyklu pravidelně nahrávala vždy po dokončení tréninkové jednotky. V aplikaci je možno přidávat komentáře, hodnotit aktivitu subjektivním pocitem obtížnosti na škále 1–10 a pěti emotikony, vyjadřující pocit v průběhu tréninku. Z takto evidovaného tréninkového zatížení bylo poté možné získat přehled o dynamice výkonnostních ukazatelů a celkovém průběhu přípravy. Aplikace také umožňuje analýzu a porovnání dat v různých časových obdobích, které se mění a nastavují pomocí filtru. Pro přehlednost byl rok rozdělen do čtyř období. K tomu jsou všechny metriky (čas strávený v zónách a výkon strávených v zónách) rozděleny na tři kategorie podle Lucia's TRIMP Lucia et al. (2003), a to následovně:

1. LT1 a nižší (čas v zónách do aerobního prahu)
2. LT1 – LT2 (čas v zónách mezi aerobním a anaerobním prahem)
3. LT2 a vyšší (čas v zónách nad anaerobním prahem)



Obrázek 6, 7. Výkonové a tepové zóny nastavené v aplikaci TrainingPeaks. Zdroj: (trainingpeaks.com, 2023)

Pro účely tréninku jsou nastaveny tepové a wattové zóny podle předešlých laboratorních výkonnostních testů, viz obrázky 6 a 7. Pro výkon je nastavena hodnota anaerobního prahu na 365 wattů a pro srdeční frekvenci 171 tepů. Pro rozdělení do tří kategorií je sloučená Zóna 1 a 2 zařazena do kategorie LT1 a nižší, zóny 3 a 4 do kategorie LT1 – LT2 a zbývající zóny do kategorie LT2 a vyšší.

## 4.5 Statistické zpracování dat

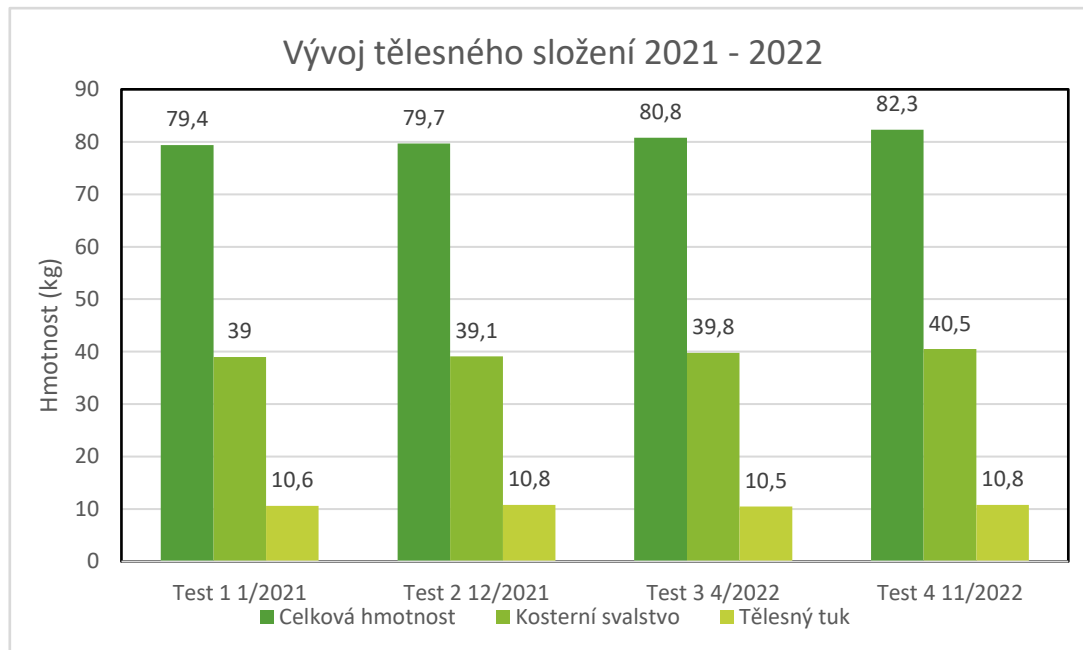
Veškerá naměřená data ze zátěžových testů byla primárně zaznamenána do papírového záznamového archu a následně zpracována do elektronické podoby.

Laktátová křivka byla zpracována pomocí programu MATLAB 8.4 s nástrojem Statistics Toolbox 9.1. Odtud byly vygenerovány hodnoty aerobního a anaerobního prahu. Pro výpočet relativního výkonu ve W/kg, byla získaná data vydělena hmotností jezdce, která byla změřena kontrolní váhou před testem.

Pro účely této práce byla veškerá naměřená data zpracována do přehledných sloupcových, výsečových a spojnicových grafů a tabulek, primárně s využitím nástrojů Microsoft Office, příp. výše popsaných aplikací. Každý takový objekt je nejprve představen a následně detailně popsán. Metodou komparace jsou mezi sebou porovnávána vybraná data pro sledovaná období. S využitím metody syntézy jsou tyto výstupy v závěru práce formulovány do podoby odpovědi na výše formulované výzkumné otázky.

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 5.1 Analýza tělesného složení



Obrázek 8. Vývoj tělesného složení během sledovaných makrocyklů.

Ve srovnání vstupního a výstupního testu v prvním roce byl pozorován nárůst celkové hmotnosti o 0,3 kg. Hmotnost kosterního svalstva se zvýšila o 0,1kg, a tělesný tuk 0,2 kg. V druhém sledovaném roce byl zaznamenán významnější nárůst celkové hmotnosti viz obrázek 8. Mezi vstupním a výstupním měřením se celková hmotnost zvýšila o 1,5 kg, hmotnost kosterního svalstva o 0,7 kg a tělesný tuk o 0,3 kg. V meziročním srovnání byl průměr prvního roku 79,55 kg, průměr druhého roku byl 81,55 kg, tedy o dva kilogramy vyšší. V procentuální rovině bylo mírně sníženo procento tělesného tuku v těle. Pollock, Franklin a Balady (2000) uvádí ve své studii, že v důsledku dlouhodobého vytrvalostního tréninku se snižuje zastoupení tělesného tuku. V průběhu sezóny hodnota tělesného tuku kolísala v rozmezí 10,6  $\pm$  0,2 kg. V dlouhodobém pozorování, se dala očekávat větší změna a snížení hmotnosti tělesného tuku, ovšem zastoupení tělesného tuku se příliš neměnilo. Mujika a Padilla (2001) ve své studii definují rozmezí pro tělesný podkožní tuk u profesionálního cyklisty mezi 6,5 a 11,3 %. Z analýzy tělesného složení je námi sledovaný cyklista mimo toto rozmezí (13,0-13,5 %). Se zvýšenou hmotností se také mírně zvedla hodnota bazálního metabolismu, která je odlišná zhruba o 70 kilokalorií.

Parametr výšky byl již nezměněn, po dobu dvou let bylo vždy naměřeno 188 centimetrů, hmotnost kostí (3,4 +- 0,1 kg) se měnila pouze nepatrně, což je spíše přiřazeno určité odchylce měření. Parametr BMI měl spíše stoupající tendenci. V rozdělení podle Foley et al. (1989), je možno podle tělesných parametrů přibližně zařadit pozorovaného cyklistu mezi časovkáře nebo stíhače. Sledovaný cyklista se profiluje spíše do koncovek rovinatých závodů, čemuž toto zařazení částečně odpovídá.

## 5.2 Vyhodnocení laboratorních zátěžových testů

Výsledky laboratorních zátěžových testů z roku 2021 a 2022 jsou přehledně zpracovány přehledně v tabulce níže.

Tabulka 4

*Výsledné hodnoty jednotlivých měření AP, ANP a PMax*

Test	Test 1–1/2021	Test 2-12/2021	Test 3-4/2022	Test 4-11/2022
Aerobní práh	SF: 147 t/min. Výkon: 247 W La: 1,8 mmol/l	SF: 144 t/min. Výkon: 261 W La: 1,2 mmol/l	SF: 151 t/min. Výkon: 282 W La: 1,2 mmol/l	SF: 150 t/min. Výkon: 272 W La: 1,0 mmol/l
Anaerobní práh	SF: 178 t/min. Výkon: 347 W La: 5,4 mmol/l	SF: 170 t/min. Výkon: 337 W La: 3,7 mmol/l	SF: 170 t/min. Výkon: 346 W La: 3,4 mmol/l	SF: 170 t/min. Výkon: 342 W La: 3,9 mmol/l
Maximální výkon	SF: 191 t/min. Výkon: 400 W La: 9,9 mmol/l	SF: 190 t/min. Výkon: 400 W La: 12,2 mmol/l	SF: 186 t/min. Výkon: 400 W La: 8,8 mmol/l	SF: 186 t/min. Výkon: 400 W La: 12,5 mmol/l

*Poznámka.* SF – Srdeční frekvence, W – Watt, La – laktát

Ve výsledcích zátěžových testů došlo k pozitivnímu vývoji výkonu na aerobním prahu, který má stoupající tendenci a zároveň se mírně snižuje hodnota měřeného laktátu.

Výsledky zátěžových testů prokázaly zlepšení vytrvalostního výkonu v pásmu do aerobního prahu. V prvním roce se aerobní práh posunul z 247 W (3,11 W/kg) na 261 W (3,27 W/kg), což znamená zlepšení o 5,6 %. Další testování v předzávodním období (test č.3) zaznamenalo opětovné zlepšení aerobního prahu o 21 wattů (3,49 W/kg) což znamená zvýšení výkonu o 8 %. Poslední výstupní měření prokázalo snížení AP o 3,5 % oproti vstupnímu testu na 272 W (3,30 W/kg). Tato změna může být zejména periodizací testu – přípravným obdobím na další sezónu. O tomto snížení píše ve své studii Lucia et al. (2000), který tvrdí, že pokud

sportovec má v před závodním období AP na úrovni 339 W (což je datace testu č. 3), že tento práh v přípravném období klesne až na 321 W (datace testu č. 4). V procentuální rovině se jedná o negativní vývoj o 5,3 %. Po tomto můžeme zhodnotit, že se povedlo aerobní práh soustavným tréninkem zvyšovat. A to i v porovnání druhé sezóny, kdy snížení AP na konci bylo v souladu s limitem studie. Navíc skutečností je, že rozdíl byl pouze 3,5 %, tudíž rozdíl výkonu byl nižší, než autor uvádí.

Výkon na pozorovaném anaerobním výkonu se v průběhu dvou let lišil pouze zhruba o 10 W viz. tabulka 2, vstupní hodnotou byl ustanoven aerobní práh na 347 W (4,37 W/kg). V druhém testu došlo ke snížení výkonu o 2,9 % tedy na 337 W (4,23 W/kg). V druhé sezóně byl tento jev opět patrný, když v prvním testu byla hodnota ANP stanovena na 346 W (4,28 W/kg), ovšem v komparaci s výstupním testem došlo opět k negativnímu vývoji o 1,1 %, neboli na 342 W (4,16 W/kg). Lucia et al. (2000) ve své studii také porovnává vývoj výkonu na anaerobním prahu, když říká, že změna aerobního prahu mezi před závodním a přípravným obdobím je 18 W, změna je zhruba o 4,3 %. V tomto ohledu nižší výkon v posledním testu odpovídá limitu studie, byť nedošlo k tak výraznému snížení. Jako problémová se jeví komparace testu č. 2 (přípravné období) a testu č. 3 (před závodní období), kde by podle Lucia et al. (2000) mělo dojít ke zlepšení hodnoty na ANP o zhruba 4-5 %, ovšem u námi zkoumaného subjektu se jednalo pouze o 2,7 % zlepšení. Tento vývoj výkonu na ANP v celkovém shrnutí dvouletého systematického tréninku není příliš dobrá zpráva. Ve dvouletém cyklu se příliš nepodařilo zlepšit výkon na anaerobním prahu, který zůstal s minimální změnou stejný (+10 W). V detailnějším rozboru byl nejlepší z testů první v průběhu sezóny 2022, poté výkon s koncem sezóny opět mírně klesnul.

V maximální tepové frekvenci sledujeme mírně klesající trend, což může být způsobeno věkem, jak ve své studii uvádí Ciolac, Roberts, Da Silva a Guimaraes (2013), nebo také mírou únavy kardiovaskulárního systému z předchozí podstupované zátěže. Dalším možným vysvětlením je zvýšení kondice sportovce, nebo prosté snížení motivace sportovce při testu k dosažení úplného maxima.

V provedeném pozorování došlo ke snížení teoretického výkonu (W/kg) za což mohl nárůst svalové hmoty a celkově vyšší hmotnost v průběhu roku.

Výsledky výstupního fyziologického měření ukázaly viz tabulka 2, že při stejné SF je koncentrace laktátu ve vytrvalostní zóně do AP nižší než při vstupním měření.

Vývoj hmotnosti má stoupající tendenci viz graf 1, v přírůstku zhruba dvou kilogramů za rok, což je do budoucna nechtěný vývoj. Pro následující sezónu bylo doporučeno vrátit se hmotností pod 80 kg. I výsledky testů ukazují, že přírůstek svalové hmoty v průběhu roku 2022 neměl již takový efekt na zvýšení výkonu, ale spíše naopak teoretický výkon (W/kg) snižoval.

Laktát v maximálních hodnotách je nejvyšší v druhých měřeních obou roků, což ukazuje na vyšší hodnotu MLSS, jak uvádí Billat et al (2003), tento trend může být způsoben nižším zapracováním do vytrvalostního aerobního pásma. V opačném případě se může jednat o snížení připravenosti na podání maximálního výkonu a pro tělo je obtížnější zvládnout celý čtyř minutový zátěžový schod. V úvahu také připadá nižší motivace sportovce k dosažení pomyslného Vita Maxima.

Tabulka 5

*Detailní hodnoty laktátu v kontrolních zátěžových testech provedených na Fakultě tělesné kultury*

Datum	28. ledna 2021		1. prosince 2021		27. dubna 2022		23. listopadu 2022	
Zátěž (W)	SF (tepů/min)	Laktát (mmol/L)	SF (tepů/min)	Laktát (mmol/L)	SF (tepů/min)	Laktát (mmol/L)	SF (tepů/min)	Laktát (mmol/L)
160	127	1,4	116	0,9	119	0,8	124	0,8
200	135	1,5	127	1,4	124	1,2	133	0,9
240	145	2,2	136	1,8	136	0,9	140	1,0
280	156	2,5	151	1,5	151	1,4	153	1,7
320	171	2,8	164	2,3	162	2,0	164	2,9
360	182	6,7	178	5,4	175	4,4	175	4,7
400	191	9,9	190	12,2	186	8,8	186	12,5

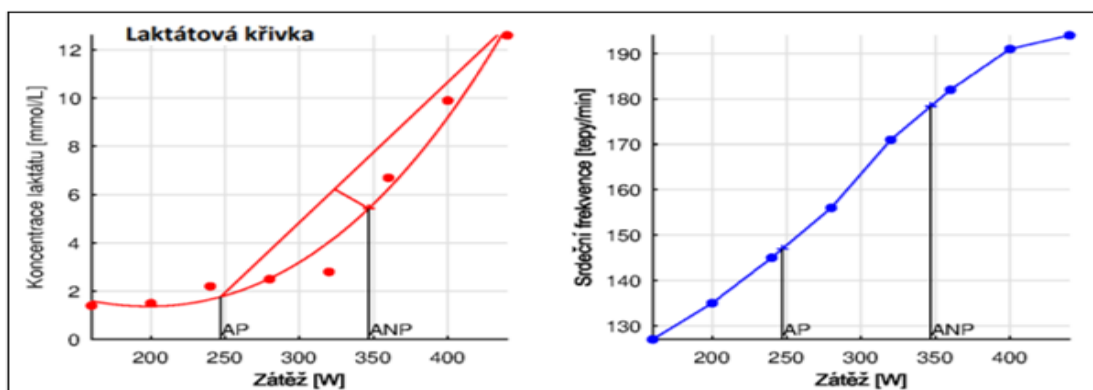
*Poznámka.* SF – Srdeční frekvence, W – Watt

Výsledky laboratorních zátěžových testů z roku 2021 jsou přehledně zpracovány na obrázcích 9 a 10 níže.

1. Laktátový test ze dne 28. ledna 2021

Aerobní práh (AP) – 247 W, 1,8 mmol/L, 147 tepů/min

Anaerobní práh (ANP) – 347 W, 5,4 mmol/L, 178 tepů/min

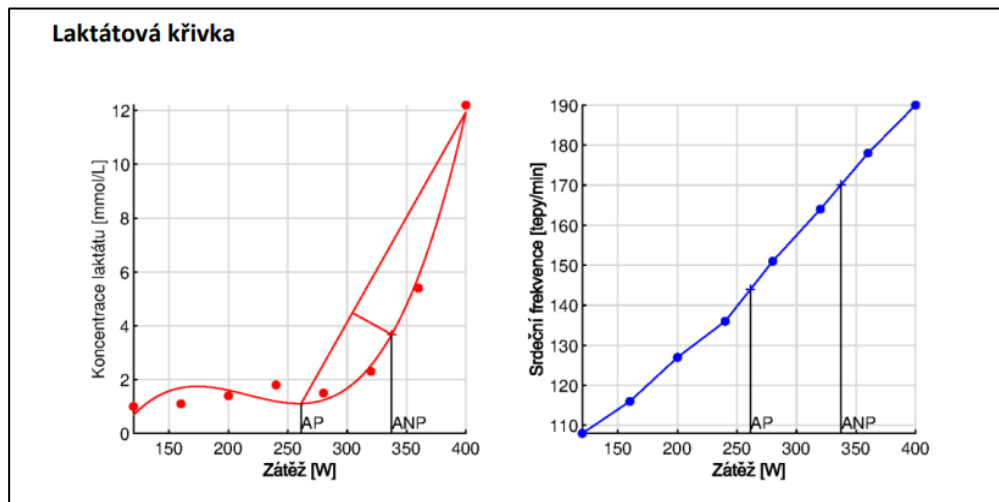


Obrázek 9. Laktátová křivka v průběhu 1. zátěžového vyšetření

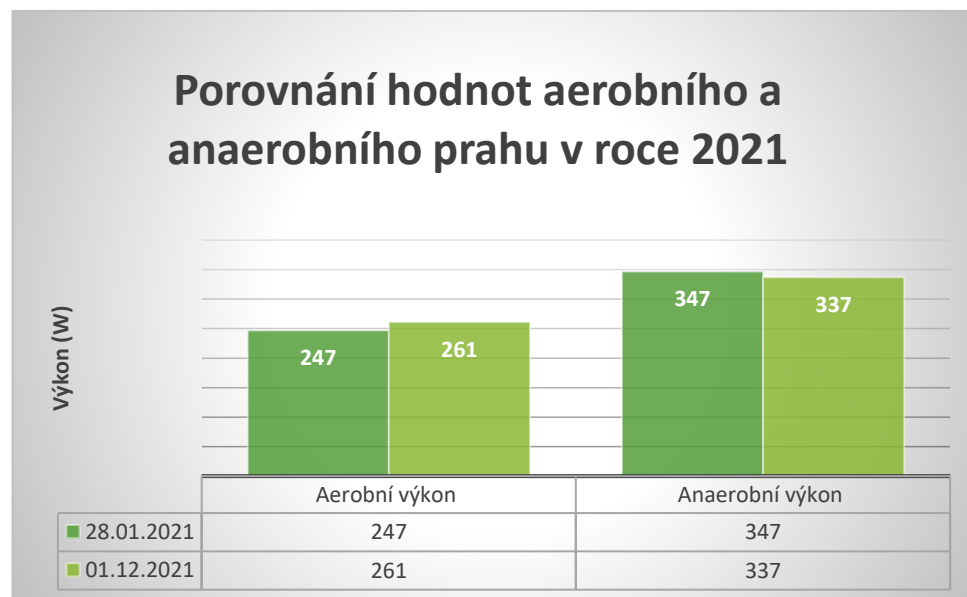
2. Laktátový test ze dne 1. prosince 2021

Aerobní práh (AP) – 261 W, 1,2 mmol/L, 144 tepů/min

Anaerobní práh (ANP) – 337 W, 3,7 mmol/L, 170 tepů/min



Obrázek 10. Laktátová křivka v průběhu 2. zátěžového vyšetření



Obrázek 11. Porovnání vstupních a výstupních hodnot aerobního a anaerobního prahu v roce 2021

V porovnání vývoje výkonu na AP a ANP během roku 2021 došlo ke zvýšení aerobního prahu z 247 W na 261 W čili byl zaznamenán progres o 5,4 %, viz obrázek 11. Na anaerobním prahu byla pozorována opačná změna, došlo ke snížení anaerobního prahu z 347 W na 337 W, tedy snížení výkonu na ANP o 2,9 %.



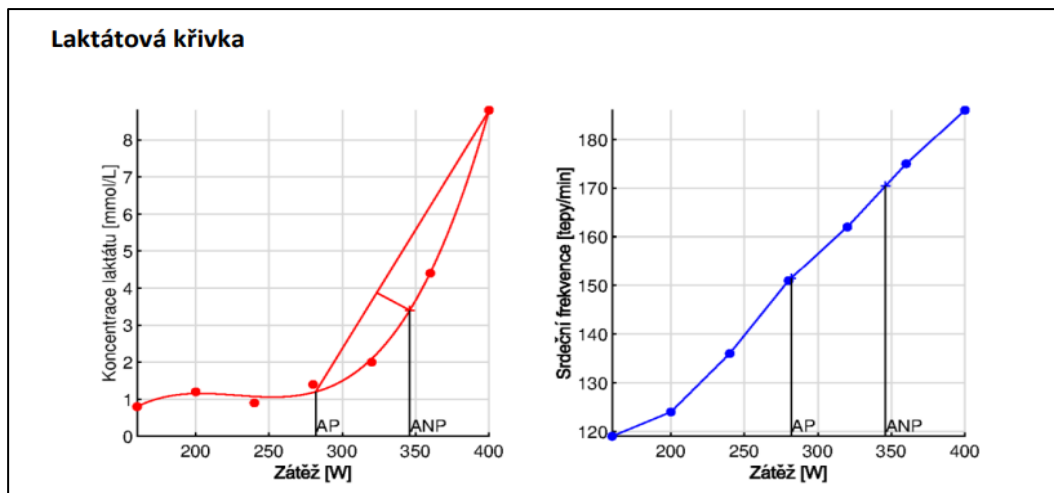
### 5.3 Vyhodnocení laboratorních zátěžových testů provedených v roce 2022

Výsledky laboratorních zátěžových testů z roku 2022 jsou přehledně zpracovány na obrázcích 12 a 13 níže.

#### 3. Laktátový test ze dne 27. dubna 2022

Aerobní práh (AP) – 282 W, 1,2 mmol/L, 151 tepů/min

Anaerobní práh (ANP) – 346 W, 3,4 mmol/L, 170 tepů/min

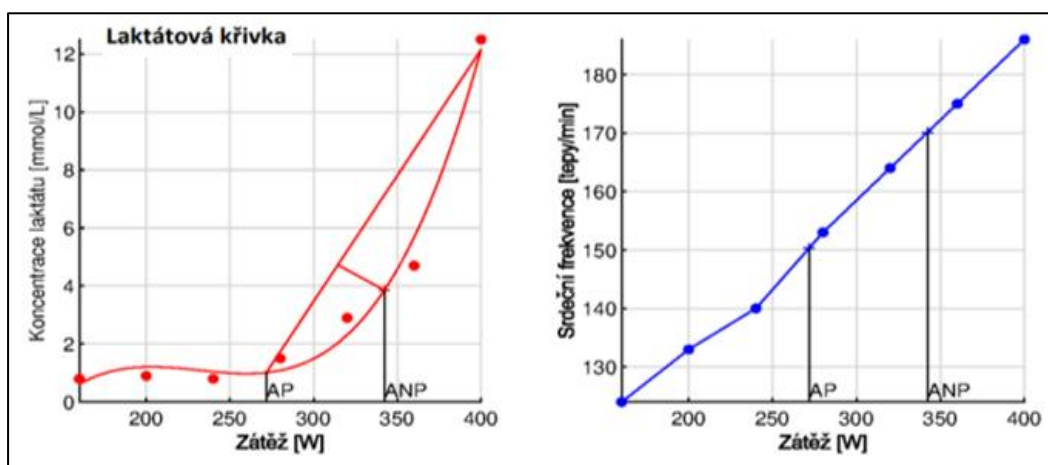


Obrázek 12. Laktátová křivka v průběhu 3. zátěžového vyšetření

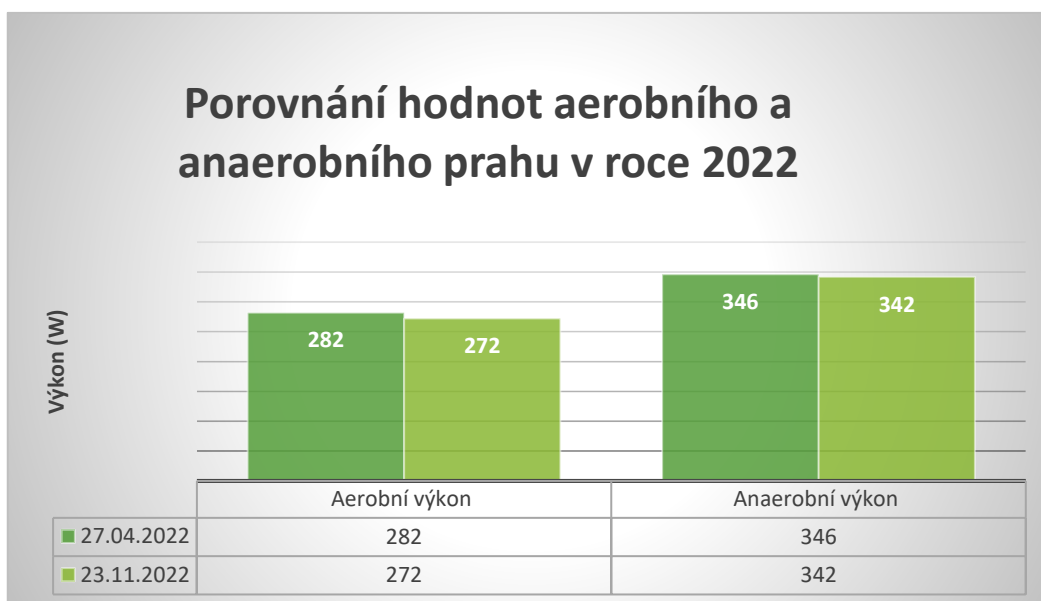
#### 4. Laktátový test ze dne 23. listopadu 2022

Aerobní práh (AP) – 272 W, 1,0 mmol/L, 150 tepů/min

Anaerobní práh (ANP) – 342 W, 3,9 mmol/L, 170 tepů/min



Obrázek 13. Laktátová křivka v průběhu 4. zátěžového vyšetření



Obrázek 14. Porovnání vstupních a výstupních hodnot aerobního a anaerobního prahu v roce 2022

V porovnání výkonu na AP a ANP v roce 2022 (viz obrázek 14) došlo ke snížení výkonu jak na AP, tak ANP. Aerobní výkon byl snížen o 10 W (0,13 W/kg), hodnota aerobního prahu se ve výstupním měření lišila o 4 W (0,05 W/kg). Výkon AP byl snížen o 3,5 % a výkon na ANP o 1,1 %.

#### 5.4 Distribuce intenzity zátěže v průběhu makrocyclů

V následující kapitole je popisována distribuce zátěže v průběhu makrocyclů. Pro tento výstup jsou využita naměřená data z tréninků a závodů, které byly v roce 2021 a 2022 absolvovány.

##### 5.4.1 Vnější zatížení

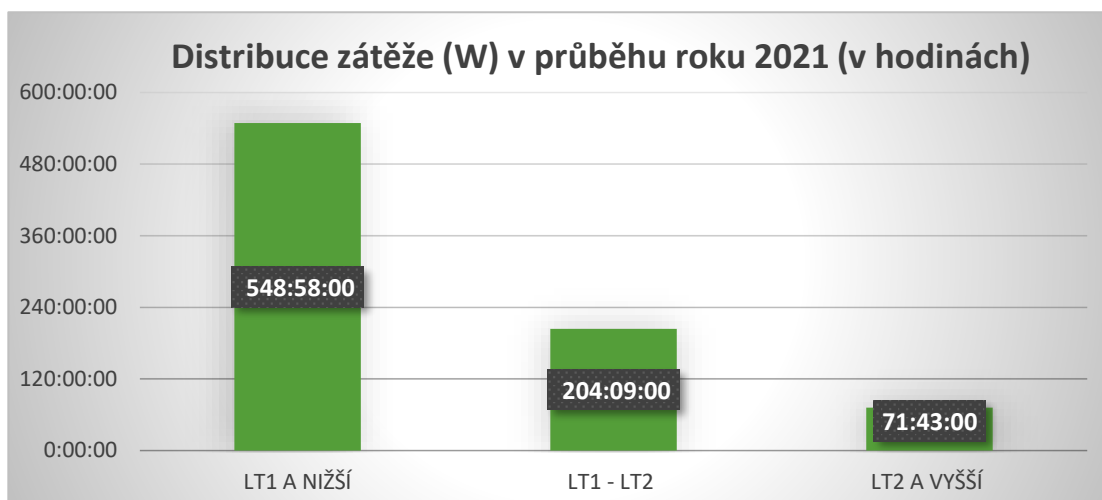
3) Celkové statistiky pro rok 2021:

Tabulka 6

*Celkové statistiky vnějšího zatížení pro rok 2021*

	PU Km	Převýšení
Rok 2021	25 793 km	230 241 m

*Vysvětlivky:* PU Km – Počet ujetých kilometrů



Obrázek 15. Distribuce intenzity zatížení v průběhu roku 2021

Časové rozdělení výkonu:

LT 1 a nižší - 548:58 hodin - 66,55 %

LT1 – LT2 - 204:09 hodin - 24,75 %

LT 2 a vyšší - 71:43 hodin - 8,69 %

Odchylky v celkovém počtu hodin a času stráveného ve výše uvedených zónách, viz obrázek 15, může způsobovat fakt, že během individuálních časovek, dráhových tréninků na velodromu nebo výměny závodního kola za rezervní nebyl po určitý časový úsek výkon zaznamenáván z důvodu chybějícího wattmetru na použitém kole.

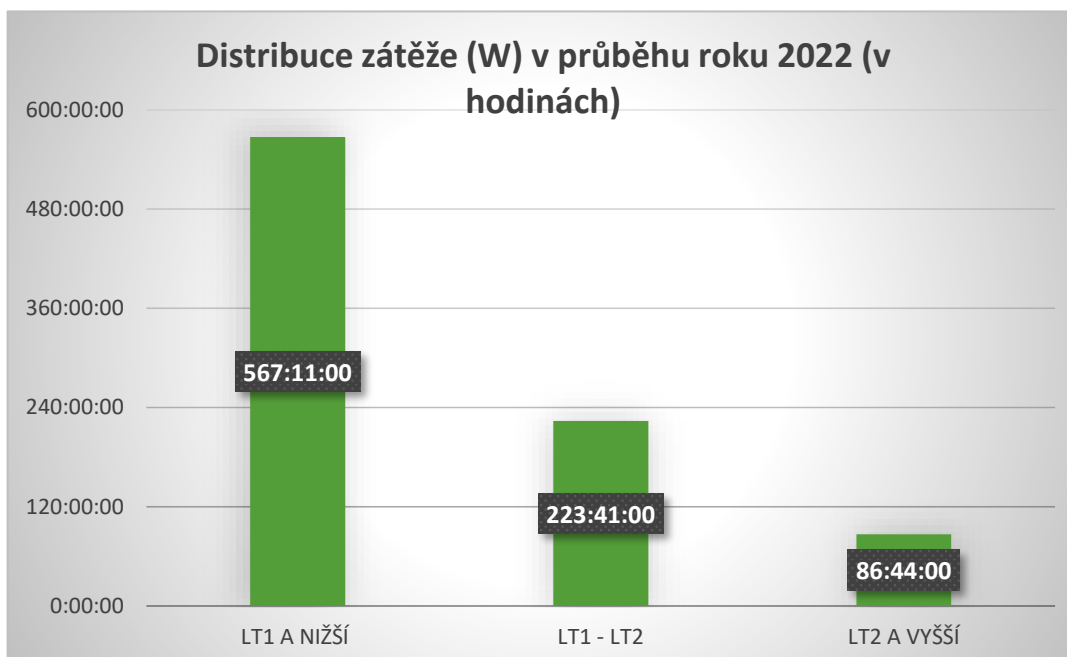
#### 4) Celkové statistiky pro rok 2022

Tabulka 7

*Celkové statistiky vnějšího zatížení pro rok 2022*

	PU Km	Převýšení
Rok 2022	28 635 km	235 036 m

Vysvětlivky: PU Km – Počet ujetých kilometrů



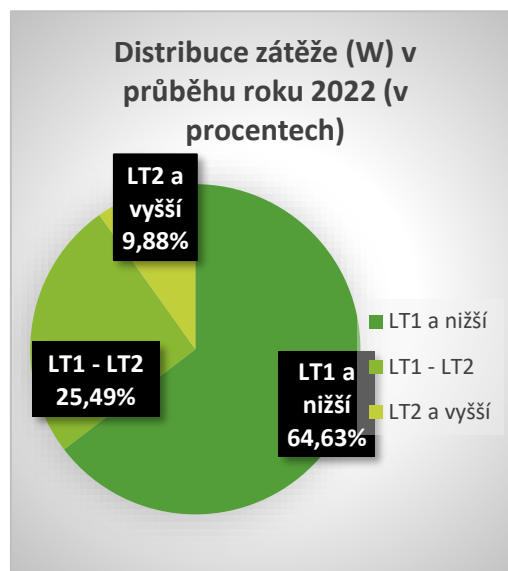
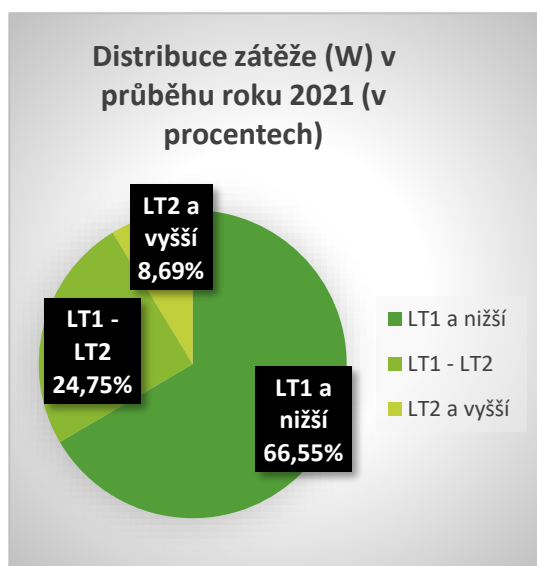
Obrázek 16. Distribuce intenzity zatížení v průběhu roku 2022

Časové rozdělení výkonu:

LT 1 a nižší – 567:11 hodin – 64,63 %

LT1 – LT2 – 223:41 hodin - 25,49 %

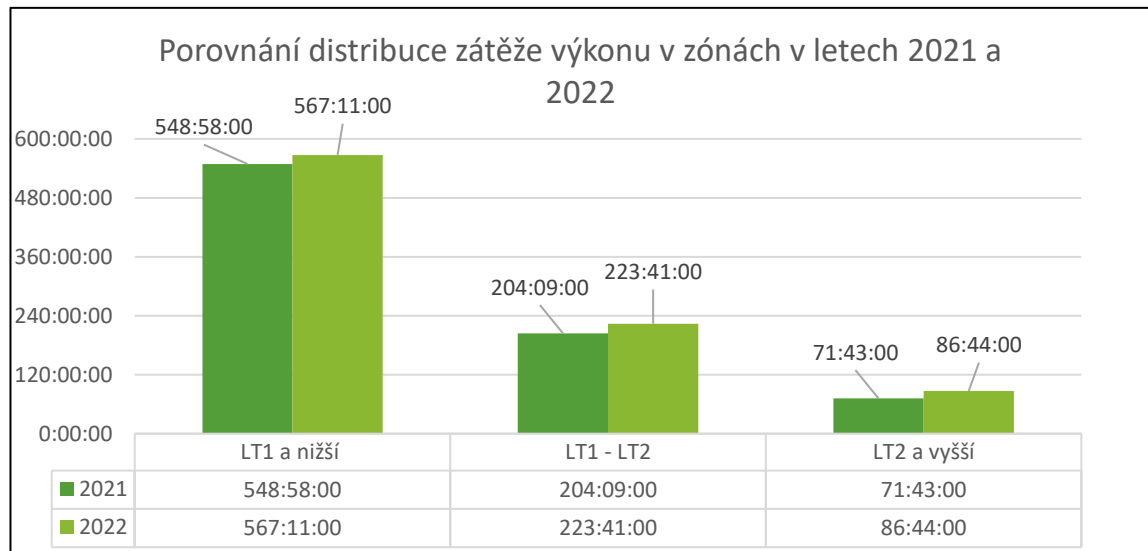
LT 2 a vyšší - 86:44 hodin - 9,88 %



Obrázek 17, 18. Porovnání distribuce zátěže (W) v průběhu let 2021, 2022 (v procentech)

Ve výšečových grafech výše je vidět procentuální zastoupení času ve vymezených zónách v letech 2021 a 2022. Jedná se o podobné hodnoty, ovšem v roce 2022 bylo vyšší zastoupení času v zóně LT2 a vyšší nežli v zóně LT1 a nižší v porovnání s rokem 2021. V porovnání se studii

Lucia et al (2000), Sailer et al (2006) a také Muñoz et al. (2014) je tato distribuce zátěže neefektivní. Pro větší efektivitu tréninku v návaznosti na zmiňované studie, je výhodnější zvýšení časové dotace v základní zóně LT1 a nižší, naproti tomu snížit mezi prahový objem LT1 – LT2, a opět mírně přidat intenzity v zóně LT2 a vyšší, viz obrázek 16.



**Obrázek 19.** Porovnání distribuce zátěže výkonu v zónách v letech 2021 a 2022

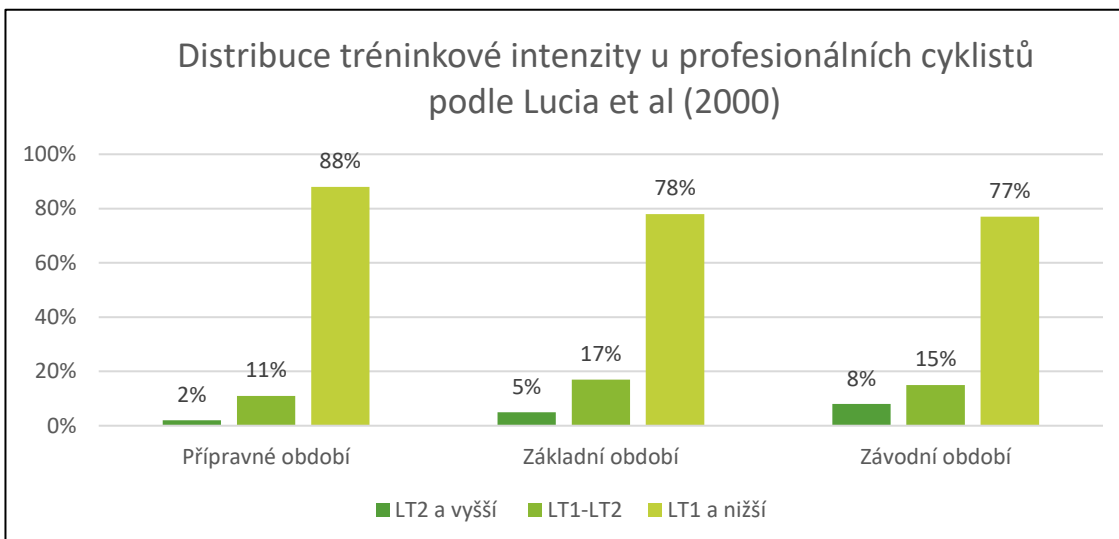
Obrázek 19 ukazuje na porovnání distribuce wattové zátěže v průběhu celého roku ve zvolených zónách. Tréninková dotace v roce 2022 se zvýšila ve všech sledovaných zónách. Poměr distribuce zátěže se meziročně lišil pouze o několik procent, viz obrázek 17 a 18.

#### **5.4.2 Vnitřní zatížení**

V následujících čtyřech grafech bude vyobrazeno zatížení v zónách srdeční frekvence v průběhu zmiňovaných období:

1. Přípravné – Periodizace: od začátku přípravy do konce předchozího roku
2. Základní – Periodizace: od prvního ledna do konce března
3. Stupňovací – Periodizace: od prvního dubna do konce června
4. Závodní – Periodizace: od prvního července do konce sezóny

Lucia et al. (2000) ve své publikaci uvádí distribuci tréninkové intenzity u profesionálních cyklistů. Data ze studie jsou sepsána v obrázku 20 níže.



Obrázek 20. Distribuce tréninkové intenzity u profesionálních cyklistů podle Lucia et al. (2000)

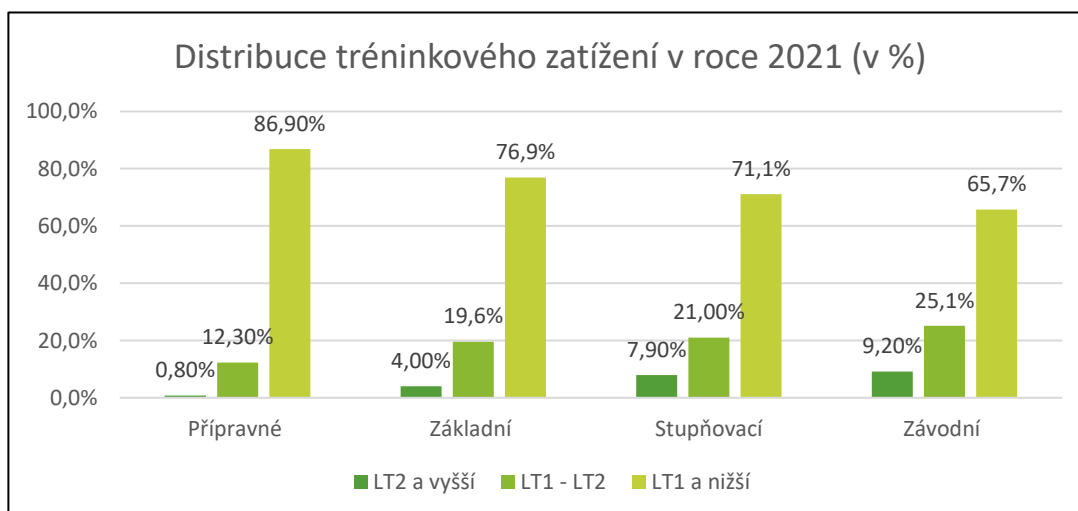
5) Distribuce vnitřního zatížení v roce 2021

Celkový čas: 839:48:12 hod

Tabulka 8

Distribuce zatížení podle srdeční frekvence v průběhu roku 2021 (v hodinách)

	Přípravné	Základní	Stupňovací	Závodní
<i>LT2 a vyšší</i>	1:22	9:32	18:30	19:16
<i>LT1-LT2</i>	20:49	46:25	49:20	52:39
<i>LT1 a nižší</i>	147:19	181:03	166:39	137:52



Obrázek 21. Distribuce tréninkového zatížení v roce 2021

Ve výše znázorněném obrázku 21 je vidět rozdělení zátěže podle srdeční frekvence. Na přední ose X je zaznamenáno, o jaké období se jedná, a na boční ose Y je procentuálně vyjádřen čas v zónách.

V přípravném období byl trénink doplněn o silový trénink v posilovně. Přípravné období se vyznačuje nejnižším časem stráveným v zóně nad anaerobním prahem, kdežto procentuálně největší zastoupení má v základní vytrvalostní zóně. Podle Lucia et al. (2000) je toto rozložení poměrně typické pro přípravné období, čas v zóně nad LT2 by mohl být o trochu vyšší.

S přípravou na závodní sezónu se začíná zvyšovat počet hodin v mezi prahové zóně LT1-LT2, a také nad anaerobním prahem. Ve stupňovacím období se již závodí, ovšem jedná se spíše o menší závody, nikterak však méně důležité. Přesto se ještě poměrně klade důraz na základní vytrvalostní zónu, byť je již o pár procent snižena oproti základnímu období. Lucia et al. (2000) pro základní období snižuje zátěž a čas v zóně LT1-LT2, které spíše nahrazuje větší porcí času v základní a anaerobní zóně. Úplně jinou představu o rozložení zátěže podává Seiler et al. (2006), kteří tvrdí, že optimálním rozložením zátěže je tzv. polarizovaný trénink „80:20“, kdy z celé doby tréninku je v zóně 1 do LT1 stráveno 75-80 % času, poté v druhé zóně pouze 5 % a zbytek 15-20 % by mělo být odpracováno v zóně 3 tedy LT2 a vyšší. Podle něj se jedná o nejoptimálnější rozložení zátěže, které je vytrvalostní sportovec schopen dlouhodobě podstupovat a zvládat regeneraci. K čemuž se vyjadřuje také Foster, Casado, Esteve – Lanao, Haugen a Seiler (2022), kteří se k prahovému tréninku staví mírně kriticky. Zároveň potvrzují, že doba strávená pod LT1 prahem by měla být v rozmezí 70-80 % z celkové tréninkové časové dotace. Burnley, Bearden a Jones (2022) odpovídají na jeho studii svou, která říká, že v současné době neexistuje přímý důkaz o tom, která z metod, zda polarizovaná nebo pyramidová je dlouhodobě výhodnější, ale potvrzuje, že doba pod LT1 by měla být upřednostněna. Tuto skutečnost potvrzuje také ve své studii Hydren a Cohen (2015) kteří zhodnotili, že polarizovaný trénink sebou nese nižší riziko přetížení a přetrénování.

Závodní období se vyznačuje snížením objemu v základní zóně, ovšem procentuální zastoupení času nad LT2 je zde nejvyšší ze všech čtyř měřených období. V porovnání výsledků Lucia et al (2000) s distribucí zátěže v roce 2021 je v závodním období až příliš vysoká časová dotace pro Zónu 2, což může vést k přetížení organismu, následné nedostatečné regeneraci a snížené připravenosti pro další závody. S distribucí zátěže v zóně 1 by nesouhlasila ani studie Foster et al (2022), ta upřednostňuje více času v základním pásmu LT1 a nižší.

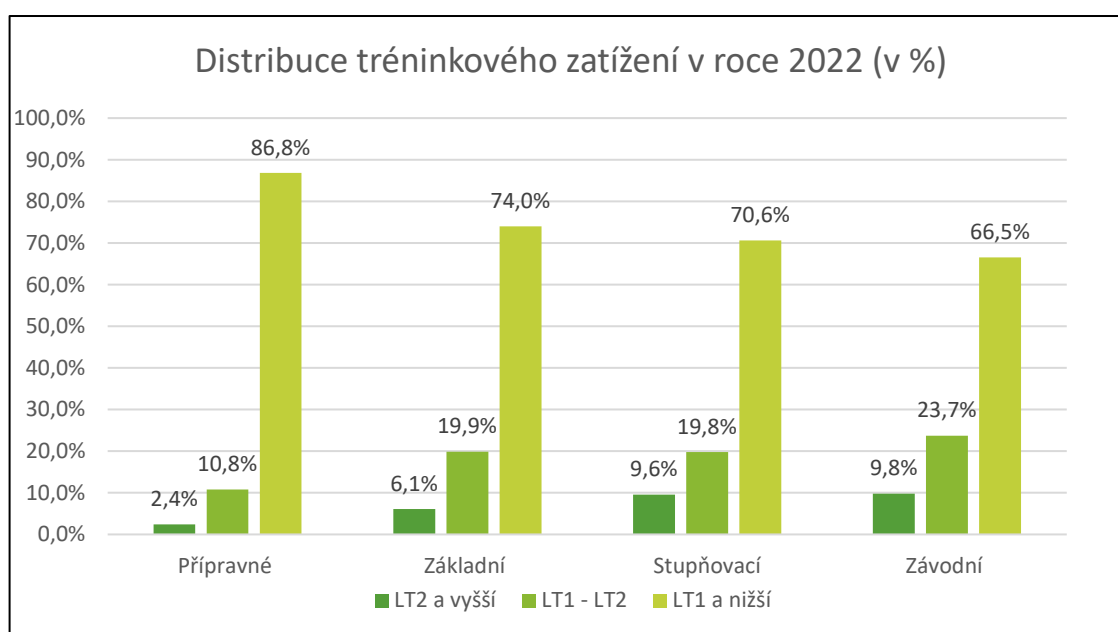
6) Distribuce vnitřního zatížení v roce 2022

Celkový čas: 888:00:48 hod

Tabulka 9

*Distribuce zátěže podle srdeční frekvence v průběhu roku 2022 (v hodinách)*

	Přípravné	Základní	Stupňovací	Závodní
<i>LT2 a vyšší</i>	1:22	9:32	18:30	19:16
<i>LT1-LT2</i>	20:49	46:25	49:20	52:39
<i>LT1 a nižší</i>	147:19	181:03	166:39	137:52



Obrázek 22. Distribuce tréninkového zatížení v roce 2022 (v %)

Ve výše znázorněném obrázku 22 vidíme na ose X období přípravné, základní, stupňovací a závodní. Naproti tomu na ose Y je procentuální zastoupení v zónách LT1 a nižší, mezi prahové zóně LT1-LT2 a zóně LT2 a vyšší.

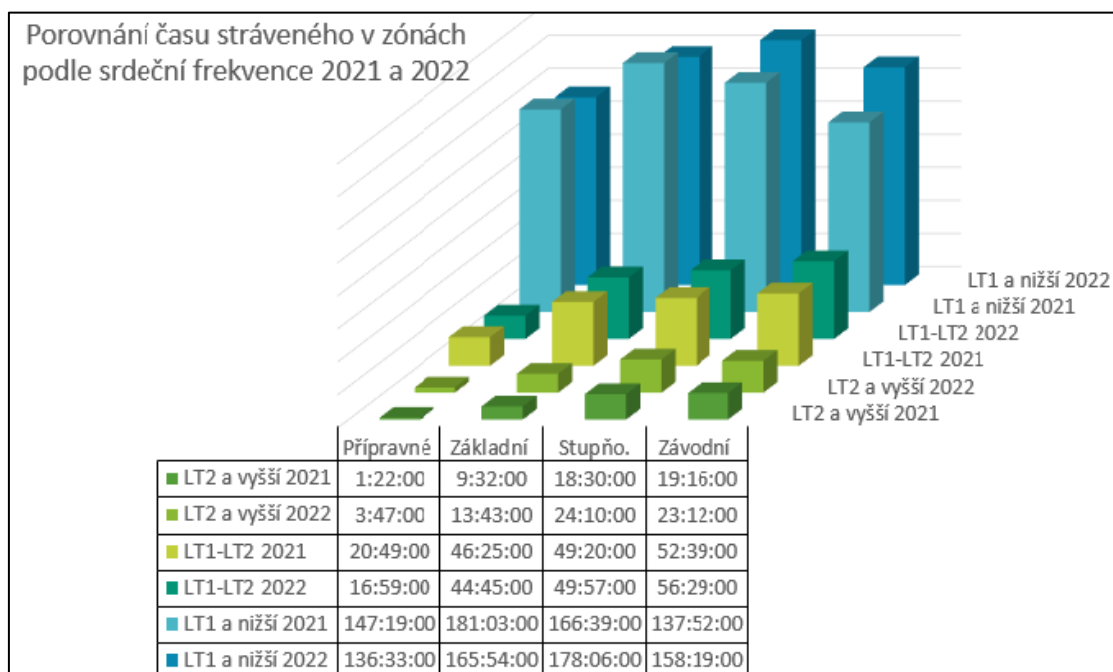
Jak je z grafu patrné, v prvním přípravném období je procentuálně nejvíce zastoupena zóna vytrvalostní, tedy LT1 a nižší. V porovnání se studií Lucia et al (2000) se jedná o velmi podobné hodnoty. Oproti roku 2021 bylo přidáno tréninků zaměřujících se na zónu LT2 a vyšší.

V základním období bohužel došlo během měsíce ledna k tréninkovému výpadku, ale i tak se podařilo získat velice solidní hodinový objem v základním a mezi prahovém pásmu, opět se v tréninku upřednostňoval více trénink zóny LT2 a vyšší oproti roku 2021. Lucia et al (2000) udává více času v základním pásmu LT1 a nižší, což je možné vysvětlit, že po tréninkovém výpadku způsobeném nemocí se až příliš rychle chtěl dohnat zanedbaný trénink intenzitou na



úkor časové dotace pro trénink v zóně 1. Stupňovací období, kde již závody probíhaly, ovšem s nižší prioritou bylo nejnáročnějším obdobím, jak hodinově, tak na udržení si správné míry regenerace.

Závodní období se vyjadřuje snížením objemu času v základní zóně LT1 a nižší, ovšem v součtu je zde nejvíce času stráveného v zónách nad aerobním a anaerobním prahem z celého ročního makrocyklu. V závodním období bylo téměř 10 % zastoupení času v zóně 3, což je skoro dvakrát tolik, než uvádí Lucia et al. (2000) jako průměr pro závodní období, čas v zóně 1 je pak samozřejmě také výrazně snížen. Muñoz et al. (2014) porovnával výkony triatlonistů, kteří podstupovali prahový a polarizovaný trénink, a došel k závěru, že skupina podstupující polarizovaný trénink dosáhla většího zlepšení. Tento model tréninku a rozložení zátěže se jeví jako neefektivní, jelikož se již vzdáleně blíží k prahovému modelu, proto by bylo výhodnější v závodním období snížit časovou dotaci v zóně 2 a přidat jízd v zóně 1.



Obrázek 23. Porovnání času stráveného v zónách podle srdeční frekvence v letech 2021 a 2022

V obrázku 23 je dán do porovnání čas ve vybraných zónách. Na ose X jsou období, a na ose Y jsou znázorněné zóny ve kterých byl trénink prováděn. Výsledky jsou také přiloženy přehledně k porovnání v tabulce pod grafem. Vždy v porovnání roku 2021 a 2022. Vzhledem ke zvýšení celkové časové dotace pro trénink v roce 2022, jsou některé parametry vyšší.

V přípravném a základním období roku 2022 bylo přidáno více intenzivních anaerobních tréninků v zóně LT2 a vyšší oproti roku 2021, kde byl mnohem vyšší počet hodin v základním vytrvalostním tempu. Čas strávený ve všech zónách stupňovacího a závodního

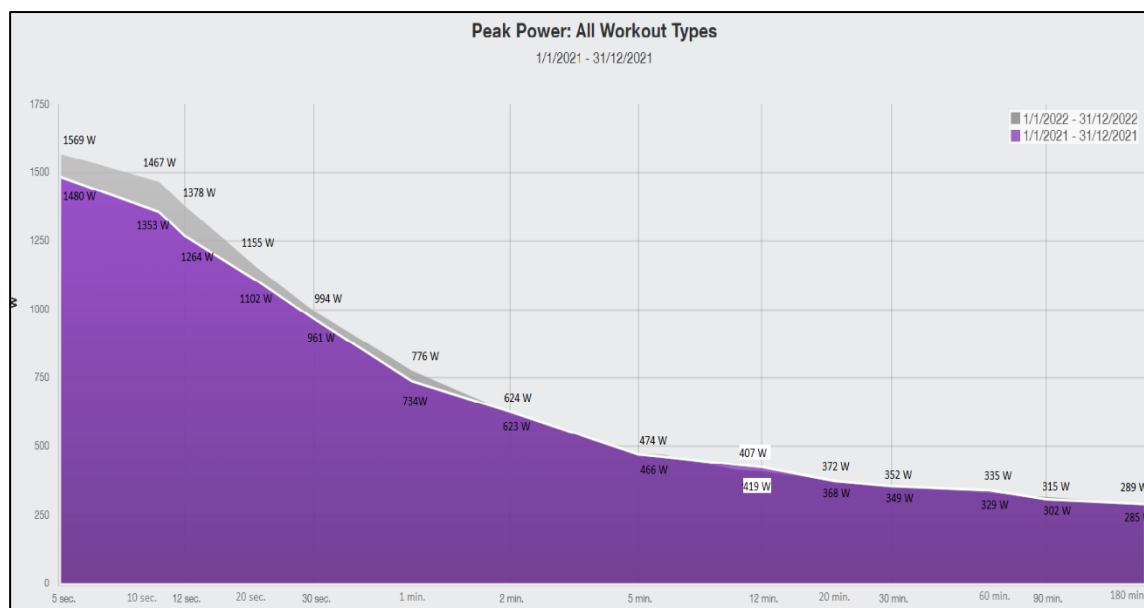
období byl vyšší (období od dubna do konce sezóny) než v předešlém roce. I přes postupující únavu bylo tělo schopno akceptovat tréninkové dávky a pokračovat v nastaveném tréninkovém rytmu. V roce 2021 byl kladen důraz na hodinovou dotaci v přípravném a základním období a v základním LT1 a nižší pásnu. Bohužel v polovině sezóny 2021 se tréninková dotace musela výrazně snížit (rozdíl oproti roku 2022 skoro 30hodin), z důvodu nadměrného fyzického vyčerpání.

V porovnání je možno si všimnout, že oproti roku 2021 byla v roce 2022 navýšena časová dotace v zóně LT2 a vyšší, což vedlo ke zlepšení anaerobních a sprinterských schopností. Čas v zóně LT1 – LT2 se v meziročním srovnání příliš nemění, je velmi podobný, spíše v druhém roce mírně snížený.

## 5.5 Výkonnostní křivka roku 2021 a 2022

Následuje porovnání výkonnostní křivky v letech 2021 a 2022. Na ose X je znázorněn čas, oproti tomu na ose Y je dosažený výkon změřený ve wattech. Pro vyobrazení je použita tabulka a překrývající se linka.

Linka fialová ukazuje maximální dosažené výkony v roce 2021, kdežto šedá linka poukazuje na maximální dosažené výkony v roce 2022, viz obrázek 24. Pro přehlednější zobrazení jsou data zapsána i do tabulky i s datумы, kdy bylo daného výkonu dosaženo.



Obrázek 24. Peak Power: All Workout Types, zdroj: (trainingpeaks.com, 2023)

Z porovnání křivek a tabulky je vidět největší rozdíl v krátkých výkonech do jedné minuty, které se v meziročním srovnání výrazně zlepšily v rozmezí od 5 do 9 %. Největší rozdíl je hned v nejkratších časových úsecích – tedy ve sprintu, kde rozdíl na deseti a dvanácti sekundovém sprintu je přes sto wattů, což značí výrazné zlepšení o 8-9 %, viz obrázek 25.

Došlo ovšem také ke snížení výkonu v desetiminutovém sledovaném parametru, a výkon na dvacet minut se liší pouze o 1 %, čili je velice podobný. V rozmezí výkonu od dvou minut do 180 minut jsou změny menší než 2-3 %. Výkon s bílou výplní v časovém úseku 12 minut byl jediným, který byl v roce 2021 vyšší než v roce 2022 o 12 W což značí snížení výkonu o 3 %.

Leo, Simon, Hovorka, Lawley a Mujika (2022) se své studii porovnávají elitní jezdce a jezdce U23 v testech na dvě, pět, dvanáct minut. Ve studii jezdci Elite dosáhli v testech 557 W, 471 W a 433 W, kdežto jezdci U23 530 W, 445 W a 398 W. Dosažené výkony odpovídají také výkonům zkoumaného cyklisty, ovšem je důležité poukázat na věkový rozdíl a progres, který je cyklista za rok schopen udělat. Z této studie vyplývá, že s přibývajícím věkem je elitní cyklista schopen v delších časových úsecích podávat vyšší výkony, za což může pravděpodobně větší vytrvalostní a objemový základ z předešlých let.

Z těchto získaných údajů vyplývá, že trénink, který byl zaměřený směrem ke zlepšení sprinterských schopností se podařilo zúročit a byl efektivní. Ovšem u sledovaného výkonu na anaerobní prahu, tedy časových úseků v rozmezí od deseti do dvaceti minut a dále, však změna tak výrazná nebyla. Nepodařilo se držet doporučení pro zvýšení anaerobní kapacity.

Peak Power: All Workout Types				
26/10/2020 - 23/10/2021				
		26/10/20 - 23/10/21		26/10/21 - 05/10/22
5 sec.	06/01/21	1480	11/02/22	1569
10 sec.	05/06/21	1353	11/02/22	1467
12 sec.	15/09/21	1264	07/01/22	1378
20 sec.	15/09/21	1102	03/09/22	1155
30 sec.	15/09/21	961	03/09/22	994
1 min.	26/06/21	734	06/08/22	776
2 min.	15/09/21	623	06/08/22	624
5 min.	11/07/21	466	17/06/22	474
6 min.	11/07/21	457	17/06/22	469
10 min.	10/02/21	428	15/09/22	412
12 min.	10/02/21	419	15/09/22	407
20 min.	10/02/21	368	16/09/22	372
30 min.	11/07/21	349	16/09/22	352
60 min.	11/07/21	335	22/06/22	329
90 min.	29/05/21	302	16/04/22	315
3 hrs.	11/07/21	285	18/05/22	289

Obrázek 25. Peak Power: All Workout Types, zdroj: (trainingpeaks.com, 2023)

### 5.5.1 Výkonnostní křivka v přípravném a závodním období

Tato část práce se věnuje porovnání výkonové křivky v přípravném období, které probíhalo od konce přechodného období do konce roku 2021, a závodní období v průběhu léta 2022.

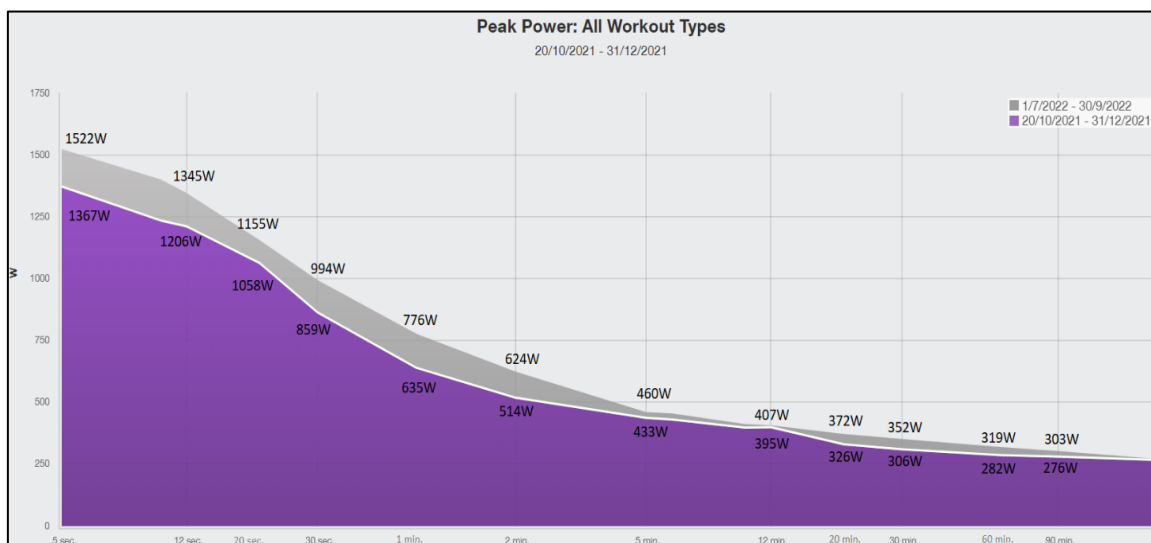
Z obrázku je patrné, že wattové výkony jsou všechny výrazně lepší v průběhu závodní sezóny, což je chtěný a částečně očekávaný jev, protože v průběhu závodní sezóny je kladen důraz na intenzivnější jízdy a také samotné závodní zatížení přispívá ke zvýšení výkonu, viz obrázek 26. Ve své studii tuto skutečnost dokládá také Lucia et al. (2000) kdy porovnává výkony na aerobním a anaerobním prahu v přípravném, stupňovacím a závodním období. Průměrnou změnu mezi přípravným a závodním obdobím stanovil u aerobního prahu na 9 % zlepšení, u anaerobního prahu je tato změna pouze 6 %.

Pro porovnání jsou důležité čtyři časové údaje 12 sekund, 1 minuta, 5 minut a 12 minut. Pro všechny tyto časové úseky, byly prováděny testy na prosincovém soustředění, kde šlo o dosažení co nejlepšího výkonu. Zbytek nejlepších dosažených výkonů mohl být zkrácený, nebo nebylo podáno maximální úsilí.

V prvním sprint testu se výsledný výkon lišil o 139 W, na minutovém testu byl rozdíl 131 W, ve výkonu na pět minut byl rozdíl 27 W, a ve dvanácti minutovém 12 W. Poslední hodnota (přibližné ANP) potvrzuje také výsledky laboratorních testů, které říkají, že nedošlo k velkým změnám na úrovni anaerobního prahu.

Výkon na anaerobním prahu v časovém úseku 12minut, který je mírně nad ANP, ale již poskytuje vypovídající hodnotu, se zlepšil o 3 %. S porovnáním se studií Lucia et al. (2000) je tato změna menší, než by se předpokládalo. Ve výkonu na pět minut tato změna výkonu byla 6,2 % ve prospěch závodního období.

Ve zkoumané výkonové křivce můžeme jako aerobní hodnotu přiřadit k výkonu na hodině a hodině a půl. V těchto časových úsecích došlo ke zlepšení o 13 % a 9,7 %, Daleko přesnějším porovnáním by však byl laboratorní test.



Obrázek 26. Porovnání výkonové křivky v přípravném a závodním období. zdroj: (trainingpeaks.com, 2023)

V předchozí kapitole byla porovnávána výkonnostní křivka obou makrocyklů. Krátké intenzivní výkony (sprinty) do dvou minut se v roce 2022 systematickým tréninkem a četnějším zařazením krátkého maximálního zatížení povedlo zlepšit. Všechny tyto změny v kombinaci s větším vytrvalostním základem vedly k lepší připravenosti na závody a benefit lepší výbušnosti v koncovce závodů mohl vést k dosažení lepších výsledků v závodech.

## 6 ZÁVĚRY

Hlavním cílem práce bylo zhodnotit velikost vnitřního a vnějšího zatížení společně s kondiční a závodní výkonností profesionálního cyklisty.

Na základě výsledků laboratorních testů lze konstatovat, že zlepšení výkonu na aerobním prahu bylo pozorováno pouze v rámci prvního sledovaného roku (zlepšení o 5,6 %), zatímco ve druhém roce byl zaznamenán pokles o 3,5 %. Z testů je dále patrné, že došlo ke snížení výkonu na anaerobním prahu v obou porovnávaných makrocyclech.

Pokud jde o změny v antropometrických parametrech sportovce, nedošlo ke změně tělesné výšky, nicméně byl zaznamenán hmotnostní přírůstek v prvním roce o + 0,3 kg, ve druhém pak o + 1,5 kg. Váhový přírůstek však nezvyšoval výkonnostní parametry natolik, aby zvyšoval i relativní výkon ( $W/kg$ ), ten byl touto změnou hmotnosti spíše snižován. Je proto na místě uvažovat o doporučení snížit hmotnost k hranici 80 kg, a to i s ohledem na antropometrické charakteristiky úspěšných cyklistů prezentované v kapitole 2.2. V dlouhodobém pozorování, se dala očekávat větší změna a snížení hmotnosti tělesného tuku, ovšem zastoupení tělesného tuku se příliš neměnilo.

Ohledně zvýšení výkonnosti daného sportovce lze shrnout, že došlo ke zlepšení ve všech sledovaných výkonnostních parametrech, až na jeden. Komparací křivek v obrázku 23 je možno konstatovat největší zlepšení ve výkonech do jedné minuty. Největší rozdíl je hned v nejkratších časových úsecích, kde se výkon zlepšil o 8-9 %. Změna výkonu na anaerobním prahu, tedy výkonu v rozmezí od deseti do dvaceti minut, nebyla tak výrazná.

Poslední výzkumná otázka se zabývala efektivitou distribuce tréninkového zatížení. Po vyhodnocení dat z cyklistických tréninků lze dojít k poznání, že distribuce tréninkového zatížení nebyla příliš efektivní s ohledem na vývoje úrovně AP a ANP. Model zátěže, aplikovaný sledovaným subjektem, se blížil spíše k prahové metodě (zejména pokud jde o trénink v tzv. šedé zóně, tedy v zóně mezi oběma laktátovými prahy), která na základě laboratorních testů byla efektivní pouze v prvním roce měření u aerobního prahu, ve zbylých porovnáních měl výkon spíše snižující se tendenci.

## 7 SOUHRN

Profesionální silniční cyklista najede na svém kolem každý rok přibližně 30 až 35 tisíc km při počtu 800 až 1200 tréninkových hodin. Některé závody přitom trvají i několik týdnů (například Tour de France, Giro d'Italia nebo Vuelta a España) denní nájezd okolo 200 km není ničím neobvyklým. Sportovci, trenéři i akademici tak musí věnovat pozornost všem determinantům cyklistického výkonu. Významné jsou zejména antropometrické a fyziologické předpoklady sportovce, které byly popsány v rámci teoretické části práce. Analytická část se zabývala monitorováním sportovní výkonnosti a identifikátorů vnějšího a vnitřního zatížení u jednoho konkrétního profesionálního cyklisty v průběhu dvou makrocyklů, které přibližně odpovídají kalendářním rokům 2021 a 2022.

V rámci výzkumu byly provedeny čtyři laktátové testy, v každém roce vstupní a výstupní. V testech byla sledována změna fyziologických a antropometrických ukazatelů. Po analýze získaných výsledků bylo pozorováno zvýšení výkonu na aerobním prahu v prvním roce o 5,6 %, ve druhém naopak snížení o 3,5 %. V komparaci výkonu na anaerobním prahu došlo ke snížení výkonu na ANP ve výstupním měření vůči vstupnímu. V prvním roce se výkon lišil o 3,5 % ve druhém o 1,1 %. Na základě srovnání uvedených hodnot s prací Lucia et al. (2000) bylo nicméně v podkapitole 5.2 konstatováno, že dané rozdíly odpovídají měřením jiných sportovců a lze je spojovat s periodizací ročního tréninkového cyklu.

Při analýze tělesného složení, ke které byl využit přístroj Tanita MC-980 MA, bylo zaznamenáno zvýšení celkové hmotnosti o 2,9 kg, z čehož 1,5 kg tvořila změna váhy kosterního svalstva. Hmotnost tělesného tuku se měnila pouze minimálně. Mujika a Padilla (2001) ve své studii definují rozmezí pro tělesný tuk u profesionálního cyklisty mezi 6,5 a 11,3 %. Z analýzy tělesného složení je námi sledovaný cyklista mimo toto rozmezí (13,0-13,5 %). Ke změnám v antropometrických parametrech tedy došlo, z perspektivy autora práce však tyto změny nejsou příliš pozitivní.

V meziročním porovnání vnějšího zatížení bylo v roce 2022 najeto o 2842 km více, celkový výstup se lišil o 4787 výškových metrů. Užito bylo zařízení Garmin, ze kterého byla data pomocí Bluetooth propojení nahrána na server Garmin Connect, ze kterého se tréninkové aktivity automaticky přeposílaly do aplikace TrainingPeaks, která je hlavním nástrojem a zdrojem pro zpětnou analýzu tréninkového zatížení. V porovnání vnitřního zatížení měl rok 2022 o 48,2 h tréninku více. Analýza výkonové křivky v roce 2022 vykazovala zlepšení oproti výkonům v roce 2021 o 2-9 %. Porovnání výkonové křivky v přípravném a závodním období potvrdilo zlepšení ve všech sledovaných výkonech od 5 sekund do 90 minut. Navržený

tréninkový plán ovšem nevedl k zásadnímu zvýšení sportovní výkonnosti ve sledovaných ukazatelích výkonu na aerobním a anaerobním prahu.

Z těchto získaných údajů vyplývá, že trénink, který byl zaměřený směrem ke zlepšení sprinterských schopností, se podařilo zúročit a byl efektivní. U sledovaného výkonu na anaerobním prahu, však změna tak výrazná nebyla a je mírně za očekáváním. Na základě uvedených zjištění bylo proto v předešlém textu navrženo několik opatření pro zlepšení stávající situace a zvýšení sportovní výkonnosti. Konkrétně jde o redukci tělesné hmotnosti a úpravu distribuce tréninkové intenzity zvýšením tréninku v první zóně na úkor zóny druhé. Na tomto místě je nutno konstatovat, že výše uvedené závěry vycházejí výhradně z dat sbíraných během výzkumu, případně z komparace těchto dat se sekundárními daty jiných výzkumníků. Výzkum se tak nezabýval všemi faktory determinující sportovní výkon (například faktory psychologické). Navzdory uvedenému, a s přihlédnutím k poznatkům prezentovaným v této kapitole, je nicméně možno závěrem shrnout, že dříve formulované cíle práce byly naplněny. Hlavním cílem práce přitom bylo zhodnotit velikost vnitřního a vnějšího zatížení společně s kondiční a závodní výkonností profesionálního cyklisty. Dílčími cíli bylo vyhodnocení vnějšího a vnitřního zatížení v průběhu makrocyklu a vyhodnocení změny laboratorních ukazatelů kondiční připravenosti.



## 8 SUMMARY

A professional road cyclist rides approximately 30,000 to 35,000 km on his bike every year with 800 to 1,200 training hours. At the same time, some races last several weeks (for example, Tour de France, Giro d'Italia or Vuelta a España), a daily run of around 200 km is not unusual. Athletes, coaches and academics must therefore pay attention to all determinants of cycling performance. The anthropometric and physiological prerequisites of the athlete, which were described in the theoretical part of the work, are especially important. The analytical part dealt with the monitoring of sports performance and identifiers of external and internal load in one specific professional cyclist during two macrocycles, which approximately correspond to the calendar years 2021 and 2022.

As part of the research, four lactate tests were performed, in each year at entry and exit. Changes in physiological and anthropometric indicators were monitored in the tests. After analyzing the obtained results, an increase in performance at the aerobic threshold was observed in the first year by 5.6 %, in the second, on the contrary, a decrease by 3.5 %. In the comparison of the performance at the anaerobic threshold, there was a decrease in the performance at the ANP in the output measurement compared to the input. In the first year, performance differed by 3.5 %, in the second by 1.1 %. Based on the comparison of the mentioned values with the work of Lucia et al. (2000), however, it was stated in subsection 5.2 that the given differences correspond to the measurements of other athletes and can be associated with the periodization of the annual training cycle.

During the body composition analysis, which was performed using the Tanita MC-980 MA device, an increase in total weight of 2.9 kg was recorded, of which 1.5 kg was a change in skeletal muscle weight. Body fat mass changed only minimally. In their study, Mujika and Padilla (2001) define a range for body fat in a professional cyclist between 6.5 and 11.3 %. From the body composition analysis, the cyclist we are monitoring is outside this range (13.0-13.5 %). There have been changes in anthropometric parameters, but from the author's perspective, these changes are not very positive.

In the year-on-year comparison of the external load, 2842 km more was driven in 2022, the total ascent differed by 4787 altitude meters. A Garmin device was used, from which the data was uploaded via Bluetooth to the Garmin Connect server, from which the training activities were automatically forwarded to the TrainingPeaks application, which is the main tool and source for retrospective analysis of training loads. Compared to the internal load, 2022 had 48.2 h more training. Analysis of the 2022 performance curve showed a 2-9 % improvement over 2021 performances. The comparison of the performance curve in the

preparation and competition period confirmed the improvement in all monitored performances from 5 seconds to 90 minutes. However, the proposed training plan did not lead to a fundamental increase in sports performance in the monitored indicators of performance at the aerobic and anaerobic threshold.

From these obtained data, it follows that the training, which was aimed at improving sprinting abilities, succeeded and was effective. However, the observed performance at the anaerobic threshold was not so significant and is slightly below expectations. Based on the aforementioned findings, several measures were therefore proposed in the previous text to improve the current situation and increase sports performance. Specifically, it is about reducing body weight and adjusting the distribution of training intensity by increasing training in the first zone at the expense of the second zone.

At this point, it must be stated that the above-mentioned conclusions are based exclusively on the data collected during the research, or on the comparison of these data with secondary data of other researchers. The research thus did not deal with all the factors determining sports performance (for example, psychological factors). Despite the above, and taking into account the findings presented in this chapter, it is nevertheless possible to conclude that the previously formulated goals of the work were fulfilled. The main goal of the work was to evaluate the size of the internal and external load together with the fitness and racing performance of a professional cyclist. The sub-goals were the evaluation of the external and internal load during the macrocycle and the evaluation of the change in laboratory indicators of fitness.

## 9 REFERENČNÍ SEZNAM

- Allen, H., & Coggan, A. (2010). *Training and racing with a power meter*. 2nd ed. Boulder, Colorado: VeloPress.
- Bell, T., & Wilkins, E. (2023). Polarised Cycling Training: A Detailed Guide. *Highnorth.co.uk*. Retrieved from <https://www.highbnorth.co.uk/articles/polarised-training-cycling/#threshold>
- Billat, V. L., Sirvent, P., Py, G., Koralsztein, J. P., & Mercier, J. (2003). The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 33(6). Retrieved from 407–426. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333060-00003>
- Botek, M., Neuls, F., Klimešová, I., & Vyhnánek, J. (2017a). *Fyziologie pro tělovýchovné obory (vybrané kapitoly, část I.)*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Botek, M., Krejčí, J., & McKune, A. J. (2017b). *Variabilita srdeční frekvence v tréninkovém procesu: Historie, současnost a perspektiva*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Burnley, M., Bearden, S. E., & Jones, A. M. (2022). Polarized Training Is Not Optimal for Endurance Athletes: Response to Foster and Colleagues. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 54(6), 1038-1040.
- Ciolac, E. G., Roberts, C. K., Da Silva, J. R., & Guimaraes, G. V. (2013). Age affects exercise-induced improvements in heart rate response to exercise. *International journal of sports medicine*, 371-378.
- Český svaz cyklistiky (2020). *Disciplíny*. Český Svaz Cyklistiky. Retrieved from <http://www.czechcyclingfederation.com/discipliny/>
- Dovalil, J. (1982). *Encyklopedie sportovního tréninku*. Praha: Olympia.
- Dovalil, J., & Choutka, M. (2012). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.
- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., ... Bunc, V. (2012). *Výkon a trénink ve sportu* (4th ed.). Praha: Olympia.
- Foley, J. P., Bird, S. R., & White, J. A. (1989). *Anthropometric comparison of cyclists from different events*. *British journal of sports medicine*, 23(1), 30-33. doi: 10.1136/bjism.23.1.30
- Foster, C., Casado, A., Esteve-Lanao, J., Haugen, T., & Seiler, S. (2022). Polarized training is optimal for endurance athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 54(6), 1028-1031.

- Formánek, J. (2006). Etapy sportovního tréninku. *Trénink.com*. Retrieved from <http://www.trenink.com/index.php/vzdlavani-trener-publicistika-132/terminologie-publicistika-201/752-etapy-sportovniho-treninku>
- Friel, J. (2015). *Tréninková bible pro cyklisty*. Praha: Mladá fronta a.s.
- García-Rovés, P. M., Terrados, N., Fernández, S., & Patterson, A. M. (2000). Comparison of dietary intake and eating behavior of professional road cyclists during training and competition. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 10(1), 82-98.
- Given, J. (2019). Case study: A finnish junior's eight-year road to cycling'World Tour.
- Grasgruber, P., & Cacek, J. (2008). *Sportovní geny*. Brno: Computer Press.
- Grosser, M., Starischka, S., & Zimmermann, E. (2008). *Das neue Konditionstraining* (10., neubearb. Aufl.). München: BLV.
- Havlíčková, L. (1999). *Fyziologie tělesné zátěže I. – Obecná část*. Praha: Karolinum
- Hložková, E., & Mikušová, V. (2014). *Kardiotrénink a moderní pohybové formy*. Liberec: Technická univerzita v Liberci.
- Holub, K. (2022). Kofein, kreatin, pyramida nebo polarizace, kafe a mafie. *Karelholub.substack.com*. Retrieved from <https://karelholub.substack.com/p/kofein-kreatin-pyramida-nebo-polarizace>
- Hydren, J. R., & Cohen, B. S. (2015). Current scientific evidence for a polarized cardiovascular endurance training model. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(12), 3523-3530. doi: 10.1519/JSC.0000000000001197
- Choutka, M., & Dovalil, J. (1987). *Sportovní trénink*. Praha: Olympia.
- Juříková, J., & Dočekal, M. (2013). Pohybová aktivita různých skupin zaměstnankyň firmy oděvního průmyslu. In Univerzita Hradec Králové. *19. ročník konference Optimální působení tělesné zátěže "Kinantropologické dny MUDr. Vo. Souška" 26. - 27. 3. 2013 Sborník příspěvků* (pp. 76-81). Hradec Králové, Česká republika: Pedagogická fakulta Univerzity Hradec Králové.
- Konopka, P. (2007). *Cyklistika*. Liberec: ReproArt.
- Lehnert, M., Novosad, J. & Neuls, F. (2001). *Základy sportovního tréninku I*. Olomouc: Hanex.
- Lehnert, M., Novosad, J., Neuls, F., Langer, F., & Botek, M. (2010). *Trénink kondice ve sportu*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Lehnert, M., Kudláček, M., Háp, P., Bělka, J., Neuls, F., Ješina, O., ... Šťastný, P. (2014). *Sportovní trénink I*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

- Leo, P., Simon, D., Hovorka, M., Lawley, J., & Mujika, I. (2022). Elite versus non-elite cyclist—stepping up to the international/elite ranks from U23 cycling. *Journal of Sports Sciences*, 40(16), 1874-1884.
- Lucía, A., Hoyos, J., Pardo, J., & Chicharro, J. L. (2000). Metabolic and neuromuscular adaptations to endurance training in professional cyclists: a longitudinal study. *The Japanese journal of physiology*, 50(3), 381-388.
- Lucía, A., Hoyos, J., Santalla, A., Earnest, C., & Chicharro, J. L. (2003). Tour de France versus Vuelta a Espana: which is harder?. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(5), 872-878.
- Martinek, K., & Soulek, I. (2000). *Cyklistika*. Praha: Grada.
- Měcháček, N. (2012). Trénink vytrvalosti. *Svět šplhu*. Retrieved from <https://www.svetsplhu.cz/trenink/trenink-vytrvalosti>
- Měkota, K., & Cuberek, R. (2007). *Pohybové dovednosti – činnosti – výkony*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Millán, S. What is Lactate and Lactate Threshold. *Trainingpeaks*. Retrieved from <https://www.trainingpeaks.com/blog/what-is-lactate-and-lactate-threshold/>
- Muñoz, I., Cejuela, R., Seiler, S., Larumbe, E., & Esteve-Lanao, J. (2014). Training-intensity distribution during an ironman season: relationship with competition performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(2), 332-339. doi: 10.1123/ijsp.2012-0352
- Mujika, I., & Padilla, S. (2001). Physiological and Performance Characteristics of Male Professional Road Cyclists. *Sports Med*, 31 (7), 479-487.
- Neal, C. M., Hunter, A. M., Brennan, L., O'Sullivan, A., Hamilton, D. L., DeVito, G., & Galloway, S. D. (2013). Six weeks of a polarized training-intensity distribution leads to greater physiological and performance adaptations than a threshold model in trained cyclists. *Journal of applied physiology*.
- Penhaker, M., & Augustynek, M. (2013). *Zdravotnické elektrické přístroje 2*. Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava.
- Perič, T., & Dovalil, J. (2010). *Sportovní trénink*. Praha: Grada.
- Pollock, M.L., Franklin, B.A., Balady, G.J. et al. (2000). Resistance Exercise in Individuals With and Without Cardiovascular Disease. Benefits, Rationale, Safety, and Prescription. An Advisory From the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, *American Heart Association*, 101, 828–833.
- Redakce Svět Běhu. (2022). Tajemství hodnoty VO2max. *Svět běhu*. Retrieved from <http://svetbehu.cz/tajemstvi-hodnoty-vo2-max/>

- Seiler K. S. & Kjerland G. Ø. (2006) Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: Is there evidence for an “optimal” distribution? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 16(1), 49–56. doi: 10.1111/j.1600-0838.2004.00418.x
- Sekera, J., & Vojtěchovský, O. (2009). *Cyklistika – průvodce tréninkem*. Praha: Grada.
- Schultz, M. (2008). The Lactate Step Test and Minimum Test for Cycling. *Highland Training*. Retrieved from <https://www.highlandtraining.net/lactate-testing-for-cyclists>
- Sidwells, C. (2003). *Complete bike book*. DK Publishing (Dorling Kindersley).
- Stöggl, T., & Sperlich, B. (2014). Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training. *Frontiers in physiology*, 5, 33.
- Sykes, H. (2013). Brief history of the worlds. *Ride Cycling Review*, 3(61), 92-96.
- Široká, P. (2020). Syndrom atletického srdce postihuje i amatérské sportovce. Jak se liší od srdečního onemocnění? *Zdraví.euro.cz*. Retrieved from <http://www.zdravi.euro.cz/clanky/syndrom-atletickeho-srdce-priznaky/>
- Trainingpeaks. (2016). Power Terminology For Cycling. *Trainingpeaks.com* Retrieved from <https://www.trainingpeaks.com/blog/power-terminology-for-cycling/>
- Vikmoen, O., Ellefsen, S., Trøen, Ø., Hollan, I., Hanestadhaugen, M., Raastad, T., & Rønnestad, B. R. (2016). Strength training improves cycling performance, fractional utilization of VO<sub>2</sub>max and cycling economy in female cyclists. *Scandinavian journal of Medicine & Science in sports*, 26(4), 384-396.

## 10 PŘÍLOHY

### Příloha 1



Obrázek 27. Vyšetření v laboratoři FTK UP – vyšetření laktátové křivky, zdroj: (Autor, 2021)