



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

NÁVRH DRŽÁKU RYCHLOKAMERY SNÍMAJÍCÍ FUNKCI ODPRUŽENÍ U ELEKTROKOLA

DESIGN OF HIGH-SPEED CAMERA HOLDER RECORDING FUNCTION OF ELECTRO-BIKE SUSPENSION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Milek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Zbyněk Strecker, Ph.D.

BRNO 2025

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav konstruování
Student: **Tomáš Milek**
Studijní program: Základy strojního inženýrství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Zbyněk Strecker, Ph.D.**
Akademický rok: 2024/25

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.1111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh držáku rychlokamery snímající funkci odpružení u elektrokola

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Odpružení na enduro kolech umožňuje široký rozsah nastavení tlumicích charakteristik. Z hlediska kvality přitlaku kola je ovšem obtížné objektivně vyhodnotit kvalitu odpružení. Zpomalený obrazový záznam chování kola během jízdy by mohl sloužit jako objektivní způsob porovnání kvality odpružení pro různá nastavení tlumicích charakteristiky.

Typ práce: vývojová – konstrukční

Cíle bakalářské práce:

Hlavním cílem je návrh držáku rychlokamery snímající styk kola s povrchem během jízdy na enduro kole.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- specifikace požadavků na rychlokameru,
- návrh konstrukčního řešení a výroba držáku,
- experimentální ověření funkce,
- analýza záznamu pro několik různých nastavení odpružení.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, výkresy součástí, výkres sestavení.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků).

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<https://www.ustavkonstruovani.cz/texty/bakalarske-studium-ukonceni/>

Seznam doporučené literatury:

SHIGLEY, Joseph Edward; MISCHKE, Charles R. a BUDYNAS, Richard G., VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. Přeložil Martin HARTL. Překlady vysokoškolských učebnic. V Brně: VUTIUM, 2010. ISBN 9788021426290

PIERCE, Robert; KAUL, Sudhir; FRIESEN, Jacob a MORGAN, Thomas. Mountain Bike Rear Suspension Design: Utilizing a Magnetorheological Damper for Active Vibration Isolation and Performance. International Journal of Acoustics and Vibration. 2020, roč. 25, č. 4, s. 504-512. Dostupné z: <https://doi.org/0.20855/ijav.2020.25.41659>.

.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2024/25

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

V této práci je zpracován návrh speciálního držáku kamery, který by umožnil videozáznam kontaktu pláště s povrchem jízdni trasy. Tento záznam by měl vypomoci při vývoji a zdokonalení semiaktivního odpružení. Právě semiaktivní odpružení je v dnešních dnech probírané téma ve světě cyklistiky. Držák je uchycen na zadní stavbu celoodpruženého kola a je zkonstruován tak, aby umožnil uživateli nastavit kameru podle svých potřeb. Během prvních testů držák obstál a naplnil očekávání, že dokáže pomocí kamery zaznamenat chování pneumatiky. Tento držák poslouží jako další nezbytná část při vývoji semiaktivního odpružení, zároveň tato práce může posloužit jako pomyslný návod pro další konstrukční práci, která by se zabývala podobným tématem.

KLÍČOVÁ SLOVA

tlumiče, semiaktivní odpružení, videozáznam, držák kamery

ABSTRACT

This work presents the design of a special camera mount that would allow video recording of the tire's contact with the riding surface. This recording should assist in the development and improvement of semi-active suspension. Semi-active suspension is currently a widely discussed topic in the world of cycling. The mount is attached to the rear triangle of a full-suspension bicycle and is designed to allow the user to adjust the camera according to their needs. During initial tests, the mount performed well and met expectations, successfully capturing the behavior of the tire using the camera. This mount will serve as another essential element in the development of semi-active suspension, and this work can also serve as a kind of guide for further engineering projects dealing with similar topics.

KEYWORDS

shock absorbers, semi-active suspension, video recording, camera holder

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MILEK, Tomáš. *Návrh držáku rychlokamery snímající funkci odpružení u elektrokola*. Brno, 2025, 99. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí diplomové práce Ing. Zbyněk Strecker, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval své rodině za nepřetržitou podporu během celého studia. Také bych rád poděkoval svému vedoucímu Ing. Zbyňku Streckerovi, Ph.D. za poskytnutí cenných rad a hlavně trpělivosti.

PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, pod odborným vedením Ing. Zbyňka Streckera, Ph.D. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpal, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Podpis autora

OBSAH

ABSTRAKT	5
KLÍČOVÁ SLOVA	5
ABSTRACT	5
KEYWORDS	5
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE	6
PODĚKOVÁNÍ	8
PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE	8
OBSAH	10
1 ÚVOD	12
2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	13
2.1 Tlumiče	14
2.1.1 Elektronicky řízené tlumiče	14
2.1.2 Fox Live Valve	15
2.1.3 Semiaktivní odpružení	16
2.2 Vyhodnocení přítlaku	16
2.3 Dostupné záznamy chování pláště na povrch	17
2.4 Nastavení videokamery	20
2.5 Zhodnocení kapitoly	21
2.5.1 Vyhodnocení Fox Live	21
2.5.2 Zhodnocení dostupných videozáznamů	21
3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	22
3.1 Videozáznam	22
3.1.1 Návrhy a možné způsoby záznamu	23
3.2 Záznam zrychlení neodpružené hmoty	23
3.3 Očekávané funkce držáku	25
4 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ	26
4.1 Přímé měření na rámu kola	26
4.2 Koncepty	26
4.2.1 První koncept držáku	27
4.2.2 Druhý koncept držáku	28
4.2.3 Třetí koncept držáku	29

4.3	Využití 3D tisku při konstrukční práci	30
4.4	Vyhodnocení koncepčních návrhů	31
5	KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	32
5.1	Hotový návrh a jeho iterace	32
5.2	3D tisk	33
5.3	Design	34
5.4	Výpočty namáhání	34
5.4.1	Výpočet rámu konstrukce	34
5.4.2	Výpočet svěrných céček	40
5.4.3	Zhodnocení výpočtové fáze	41
5.5	Dílčí součásti vítězného řešení	43
5.5.1	Rám	44
5.5.2	Základní kostka	44
5.5.3	Svěrná céčka	45
5.5.4	Normalizované díly v sestavě	46
5.6	Výroba součástí	46
6	DISKUZE	48
6.1	Konstrukční nedostatky držáku	48
6.2	První pokusy o videozáznam	49
7	ZÁVĚR	50
8	POUŽITÉ ZDROJE	51
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN	53
9.1	Seznam fyzikálních veličin	53
9.2	Seznam zkratk	55
10	SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	56
11	SEZNAM TABULEK	57
12	SEZNAM PŘÍLOH	58
12.1	Seznam výkresové dokumentace	58
12.2	Ostatní přílohy	58

1 ÚVOD

Ve světě horské cyklistiky jsou tlumené rámy kol už zcela běžnou záležitostí. V podstatě se přední a zadní tlumiče montují na kola, která jsou určena i pro běžné uživatele horských kol. Dříve byly hlavně zadní tlumiče využívány spíše pro malou skupinu amatérů nebo pro závodní jezdce v disciplínách, jako např. enduro, downhill atd. Dnes se celoodpružená kola se zadním tlumičem stala cenově dostupnějšími, a tím i rozšířenějšími. Jsou populární i z důvodu komfortu jízdy. Díky zadnímu tlumiči jsou horská kola výrazně pohodlnější než klasické hardtaily.

V posledních letech se objevuje v tomto odvětví zcela nový a revoluční trend, který přináší nové možnosti. Elektřina, tento již dlouho známý jev, se v cyklistice začala objevovat relativně nedávno. Před několika lety se na trhu totiž objevily první elektronicky řízené tlumiče. Tato technologie je ovšem stále v plenkách, a má tudíž svoje chyby. Právě proto akademici na VUT FSI v posledních letech tento návrh zkoumají a vyvíjí.

Během vývoje tohoto tlumiče je potřeba zaznamenat chování pláště na povrchu jízdní trasy, což je ovšem problém, protože běžně se na trhu nevyskytují držáky na kolo pro potřeby takto specifického videozáznamu. Pro další vývoj je třeba znát chování zadního pláště na povrchu, protože pro náročnou jízdu v terénu je nutné co nejdéle udržovat plášť ve styku s povrchem jízdní trasy. Bez znalosti chování zadního pláště se jen těžko posune tato technologie dále. Pro tyto potřeby je tudíž nutné nějaký pomocný držák na kolo vytvořit.

V této práci je pojednáváno o postupu a následném zkonstruování již zmíněného pomocného držáku, který hraje důležitou roli při vývoji již zmiňovaného elektronicky řízeného tlumiče. Výrobek by měl umožnit zaznamenávání chování pláště kola na jízdním povrchu. Následně by mohl daný záznam pomoci při dalším vývoji tlumiče.

Během čtení je možno zaznamenat konstrukční postup práce, který zahrnuje i nekonvenční metody konstruování, které se tak často nevyskytují. Ke zhotovení výrobku byl značně využit 3D tisk, softwaru, jako např. SolidWorks, ale i zkušenosti nabyté studiem vysoké školy.

Tato práce může pomoci a sloužit jako pomyslná vstupní brána ke zdokonalení již zmíněné technologie využití elektřiny pro semiaktivní řízení zadního tlumiče horských kol.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

Ve světě cyklistiky se mnoho technologických firem a gigantů předhání ve všemožných inovacích. Tato práce se bude věnovat jedné z oblastí, jejíž vývoj není rozhodně ukončen, a to tlumení horských kol.

Pro zkonstruování semiaktivního tlumení je dobré znát, jak tlumič funguje a jakou má účinnost. Pro pohodlné poznání funkčnosti poslouží videozáznam chování pneumatiky na povrchu trasy. Pro tento záznam je nutné vytvořit návrh držáku kamery. Pokud chceme takový držák zkonstruovat, je nutné si předtím zjistit důležité informace o daném tématu.

Tato kapitola je věnována tlumičům horských kol (převážně těm elektronicky řízeným, a obzvláště tlumiči od firmy Fox). Dále je pro danou problematiku důležité znát, jak vlastně funguje semiaktivní odpružení, které je v této kapitole také obsaženo. V řešeršní části se také nachází zhodnocení dostupných videozáznamů zadního pláště horského kola a také kapitola věnovaná optimálnímu nastavení kamery.

2.1 Tlumiče

Na horských kolech se nacházejí tlumiče zpravidla nad předním kolem a v případě celoodpružených kol i nad zadní stavbou rámu (viz Obr. 1). Mají za úkol tlumit nerovnosti na povrchu, a tím zkvalitňovat jízdu i jízdní vlastnosti během jízdy. Přední tlumení je v podobě tlumené vidlice nad předním kolem. Ta se v dnešní době montuje už na všechny typy horských kol (XC, enduro, downhill). Zdvih předních vidlic se pohybuje od 80 mm do 205 mm (pouze orientační hodnoty) [1]. Zadní tlumič je méně častý a používá se na kolech, která jsou určena pro provoz v náročnějších podmínkách (od jednoduchých lesních trailů až po drsné downhill trasy). Zdvih zadních tlumičů se pohybuje okolo 60 mm, díky přepákování zadní stavby dostáváme tedy zdvih až 200 mm[2] [3].



Obr. 1 Zadní tlumič horského kola [2]

2.1.1 Elektronicky řízené tlumiče

Elektronicky řízené tlumiče a podvozek je v moderní době už docela standart, např. v oblasti automotive. Například automobilka BMW je využívá do svých cestovních motorek [4].

2.1.2 Fox Live Valve

De facto první, kdo tuto vymoženost začal veřejně prezentovat byla firma Fox zabývající se právě výrobou špičkových tlumičů do horských kol, rallye aut, motorek atd. Před pár lety vytvořili inženýři z firmy Fox tlumiče s technologií „Fox live Valve“ (viz Obr. 2), které právě využívají proměnnou sílu tlumení pro ideální jízdní vlastnosti.



Obr. 2 Zadní tlumič s technologií Fox Live Valve [17]

Na vidlici a zadní stavbě kola jsou tříosé akcelerometry, které mají za úkol sledovat proměnné rázy na kola. Sledování proběhne při frekvenci 1 000krát za sekundu. Následně řídicí jednotka vyhodnotí data, a to za 3 milisekundy, poté se daný tlumič odemyká a probíhá tlumení. Akcelerometr také hlídá a vyhodnocuje účinnost tlumení. [5]

Tlumič obsahuje elektromagnetický ventil, který uzavírá tok oleje. Ventil se otevírá v terénu a nastavuje tlumič dle potřeby. Naopak při klidné jízdě po hladké ploše se tlumič uzamkne a člověk tak neztrácí část energie ze šlapání právě v tlumiči. [5]

Akcelerometry dokážou také detekovat volný pád. Pokud oba tlumiče (zadní i přední vidlice) nezaznamenají gravitační zrychlení po dobu 25 ms, řídicí jednotka vydá signál pro otevření ventilů na obou tlumičích. [6]

Samozřejmě tlumič není pouze mechanický, ale je napájený elektřinou. Výdrž baterie záleží na typu terénu. Čím více tlumič pracuje, tím více spotřebovává elektrickou energii. Obecně se výdrž dané baterie pohybuje mezi 16 a 20 hodinami. [5]

Fox poprvé představil tento tlumič již v roce 2018, ale v roce 2024 přišel s novější verzí tohoto typu, nesoucí název „Fox Live Valve Neo“. [7]

K tlumiči a vidlici dostanete přístup i v aplikaci na chytrý telefon, ve které se dá velice snadno nastavit sílu tlumení, odskok atd. Fox se s nastavením opravdu vynasnažil a jezdec má možnost nastavovat i sklon svahu. V rámci správného nastavení je nutná i kalibrace tlumičů. [8]

Fox tuto technologii využívá jak pro tlumiče s pružinou, tak i pro vzduchové tlumiče. Velkým zádrhelem je cena, která u nejlevnější tlumičů od firmy Fox začíná na 500 eurech, avšak tlumiče s Live Valve technologií stojí dvakrát tolik, což je pro běžné uživatele poměrně vysoká cena. [9]

2.1.3 Semiaktivní odpružení

Semiaktivní odpružení, které využívá již zmíněný tlumič od firmy Fox, na rozdíl od klasického je schopno pomocí senzorů měnit svůj tlumicí účinek na základě stavu povrchu trasy. Výhodou je zajisté komfort, ale hlavně bezpečnost pro jezdce ve srovnání s pasivním tlumením. Semiaktivní tlumení by mělo zajistit, aby kolo horského kola co nejúčinněji kopírovalo povrch a nerovnosti. [6]

Lze tak očekávat zkvalitnění jízdních vlastností horského kola. Při využití tohoto tlumení v závodních podmínkách může jezdcům vypomoci ke zlepšení měřeného času, např. v rychlostních zkouškách při závodech v kategorii enduro.

2.2 Vyhodnocení přítlaku

Pro zkonstruování semiaktivního odpružení je nezbytné správně rozklíčovat funkčnost přítlaku tlumiče. Přítlačná síla tlumiče na povrch trasy se dá velice obtížně změřit, nicméně jedna součást na kole může velice dobře naznačit funkčnost tlumiče, a to pneumatika. Deformace pneumatiky může dobře ukázat, jak kvalitně tlumič pracuje. Pro získání takového záznamu je nutné pořídit videozáznam, který právě zaznamená deformaci pneumatiky.

V ideálním případě by pneumatika měla dokonale kopírovat překážky na jízdě a neměla by zcela přerušit kontakt s povrchem. Zároveň by neměla procházet nějakou výraznou deformací během jízdy přes překážku.

2.3 Dostupné záznamy chování pláště na povrch

Na internetu jsou dostupné různé fotografie či videa, ze kterých lze vypožorovat chování zadního či předního kola na povrchu.

Na Obr. 3 je vidět snímek z videa, ve kterém autor zaznamenal právě kontakt plochy s pláštěm. Z tohoto videa ale není bohužel zřejmé, jak autor připevnil kameru ke kolu. Nicméně z tohoto krátkého záznamu vznikla hlavní myšlenka, jak by asi mohla vypadat konstrukce držáku. [10]



Obr. 3 Akční záběr pláště na povrchu [10]

Dalším dostupným zdrojem je video, kde autor připevnil na čep kola držák s kamerou a dosáhl tak akčního záběru, na kterém je vidět průjezd centrem Paříže z úrovně čepu kola. Na Obr. 4 je vidět i držák samotný. Ve své podstatě jde o pouhou kovovou tyč připevnitelnou na čep kola. Tento držák by také mohl posloužit i pro záznam chování pláště. [11]



Obr. 4 Držák kamery na čepu kola [11]

Na dalším, velice krátkém příspěvku, autor zaznamenal jízdu na horském kole Obr. 5. Tento záznam velice kvalitně prezentuje průběh jízdy s detailním záběrem na zadní kolo. Už z daného videa je zřejmé, že způsob upevnění kamery nebude zcela jednoduchý. Kamera se dle záznamu chová jako gyroskop. Dále je zřejmé, že držák bude zabírat hodně prostoru okolo celého kola, a tím pádem si jezdec musí hlídat, aby držák nechtěně nerozbil např. o strom či jinou překážku vedle trasy. [12]



Obr. 5 Záznam zadního kola z akční kamery [12]

2.4 Nastavení videokamery

Pro záznam byla poskytnuta kamera GoPro 9 Black, která umožňuje mnoho druhů nastavení nahrávání. Pro zaznamenání je dobré vědět, které nastavení v dané situaci je vhodné využít.

V této práci je důležité, aby kamera zaznamenala deformaci pneumatiky, a proto by bylo nejlepší, kdyby byla umístěna co nejbliž pneumatice. Vzhledem k požadavkům je důležité, aby se záznam dal co nejvíce zpomalit, a proto je nutné, aby byla kamera nastavena na maximální hodnotu FPS. Tento model dokáže zaznamenat až 240 FPS, což umožňuje nastavení Standart nebo Slo-Mo (toto nastavení automaticky zpomalí záběr). Obě nastavení poskytují Full HD rozlišení. Pro širší pohled je možné využít také širokoúhlý objektiv, který vytvoří tzv. „rybí oko“. Při náročné jízdě může nastat situace, při které by záznam mohl být silně roztřesený, tudíž by vyhodnocení záznamů mohlo být velice obtížné. Pro tyto případy slouží nastavení stabilizace videa, které automaticky udržuje střed záznamu vycentrovaný. Negativním účinkem stabilizace videa může být to, že při záznamu z širokoúhlého objektivu může být chvílemi viditelný obal čočky. V podstatě podobný efekt, jako kdyby člověk omylem při nahrávání videa strčil do rohu čočky prst. Dále kamera poskytuje možnosti nastavení ostrosti záznamu, čočky, přiblížení atd., to už záleží na světelných podmínkách prostředí a na potřebách autora.

2.5 Zhodnocení kapitoly

Během rešeršní fáze jsem nabył mnoho důležitých informací, které následně pomohly k zhotovení návrhu držáku. Zároveň bych zde popsal své postřehy.

2.5.1 Vyhodnocení Fox Live

Hlavním problémem v této technologii je již zmíněná cena. 1 300 euro je prakticky cena lepšího hardtailu. Další otázkou je, kde se najde využití pro tuto technologii. Dnešní výrobci tlumení jsou velice zdatní a dokážou vyladit tlumiče tak dobře, že si člověk připadá na trase velice jistě. Jediné sektory, kde by se tyto tlumiče mohly uchytit, jsou závody, na kterých by tato technologie mohla rozhodovat. V soutěžích, jako je např. enduro, by se tato technologie mohla brzy uplatnit.

2.5.2 Zhodnocení dostupných videozáznamů

V předchozích kapitolách byli vybráni tři kandidáti na způsob videozáznamu.

Na prvním záznamu (viz Obr. 3) je vidět, že autor se snažil natočit akční záběr zadního kola, jak pracuje nad povrchem trasy. Kamera by mohla být o něco níže, aby bylo zřetelněji vidět deformaci pláště. Umístění kamery je šikové. I když není vidět samotný držák, je zřejmé, že byl umístěn v blízkosti osy zadního kola a zde nebude velký problém kameru umístit.

Druhý zdroj ukázal velice jednoduchý držák, ve své podstatě se jedná o pouhou tyč kompatibilní s kamerou GoPro (viz Obr. 4). Kamera se dá natočit do všech úhlů kolem své osy. Problémem by opět byl detail na plášť samotný. Díky umístění by nebyl vůbec zřetelný, a takový záznam by byl nedostatečný pro další postup při vývoji semiaktivního tlumení.

Posledním vybraným zdrojem je asi nejlepší záznam, kde autor zaznamenal velice povedeně kontakt pláště s povrchem. Byl zde očividně použit nějaký typ gyroskopu, což vypadá z pohledu diváka sice velice zajímavě, ale pro potřebu vývoje semiaktivního odpružení je tento způsob zbytečně složitý a jeho přínos nepodstatný.

Výroba držáku byla inspirována i dalšími zdroji dostupnými z internetu, ale největší inspirací byly výše zmíněné zdroje.

3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

Po rešeršní fázi práce nastává část, kde je podrobně rozebrána a zanalyzována problematika záznamu jízdy na kole. Následně je pak zhodnocen nejlepší postup pro další fázi, a to konstrukční.

3.1 Videozáznam

V této práci je pracováno s kamerou GoPro 9 Black. Tato kamera poslouží právě pro záznam všech potřebných videí k vytvoření držáku a následnému záznamu zadního pláště.

Na finálním videozáznamu by měla být dobře viditelná spodní část pláště na povrchu. Tento videozáznam se poté může synchronizovat s naměřenými daty, například z akcelometru.

Prvním krokem v této práci bylo nutné pořídit dostatečné množství záznamů pro analýzu záběrů a následné vyhodnocení nejlepšího úhlu kamery.

Na začátku zkušebních testů bylo nutno vymyslet, jakým způsobem bude zaznamenáno chování pneumatiky na povrchu. Vzniklo mnoho návrhů. Některé byly jednoduché z konstrukčního hlediska, ale bohužel nevyhovovaly z hlediska videozáznamu. Další měly zase opačný problém.

3.1.1 Návrhy a možné způsoby záznamu

Prvním záznamem byl čistý záznam, během kterého kamera stála na zemi a kolo projíždělo kolem čočky v různých vzdálenostech (viz Obr. 6). Z přiložených fotografií je patrné, že nejlepší úhel kamery je takový, že čočka kamery je natočena kolmo ke směru jízdy. Z tohoto úhlu je zřetelně vidět pneumatika kola.



Obr. 6 Testovací pokus s kamerou

Při konstrukční fázi se úhel kamery změnil, stále však bylo vynaloženo úsilí pro získání co nejbližšího záběru k plášti kola. Úhel záběru byl změněn s ohledem na konstrukci rámu, praktičnost daného držáku a cenu. Bylo vycházeno z poznatků nasbíraných při rešerši a z této kapitoly.

3.2 Záznam zrychlení neodpružené hmoty

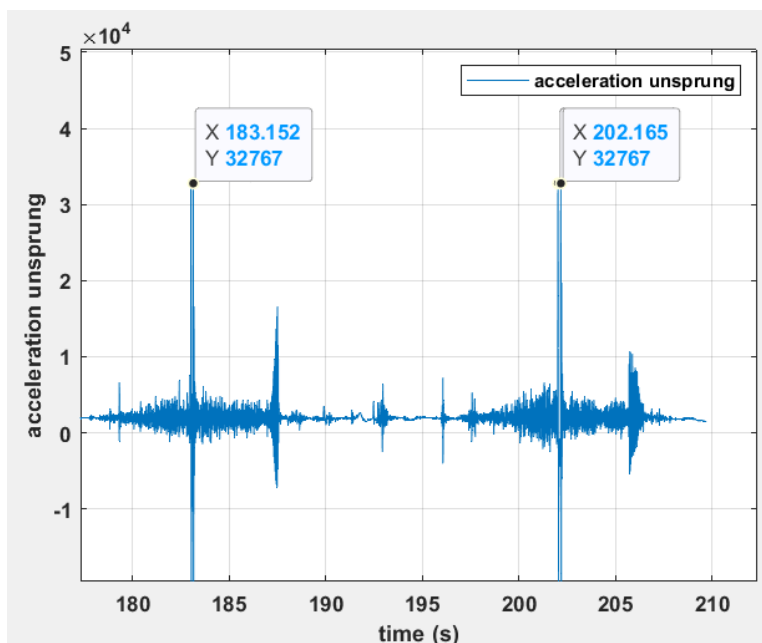
Před pomyslnou konstrukční fází bylo potřeba zaznamenat zrychlení neodpružené hmoty tlumiče, které je důležité pro výpočet zatěžující síly a následné dimenzování držáku. Měření bylo provedeno experimentálně pomocí čidla MPU6050. Rozsah čidla je od -16 do +16 G.

Pro změření zrychlení byl využit standardní zpomalovací práh (viz Obr. 7). Tento práh byl přejížděn v rychlosti cca 15 km/h. Není však důležité znát přesnou rychlost k dalšímu postupu. Následné hodnoty z akcelerometru byly vyhodnoceny a vyobrazeny pomocí programu Matlab v grafickém provedení (viz Obr. 8).



Obr. 7 Přejížděný zpomalovací práh

Při experimentu se ale čidlo zastavilo na hodnotě 32 767 (viz Obr. 8), což odpovídá šestnácti bitovému doplňkovému kódu, což po přepočtu odpovídá maximálnímu rozsahu čidla (± 16 G). Z tohoto důvodu nebylo možné použít tyto hodnoty jako adekvátní výsledek. Zrychlení je tedy uvažováno, po diskuzi s vedoucím práce, který poskytl simulaci tohoto přejezdu, 20 G.



Obr. 8 Výsledný průběh měření neodpružené hmoty

3.3 Očekávané funkce držáku

Tento specializovaný držák by měl splňovat několik základních funkcí pro záznam a následné vyhodnocení videozáznamu. V první řadě by měl bezpečně a efektivně udržet kameru v pozici. Pozice kamery by měla být taková, aby zaznamenávala chování pláště zadního kola na povrchu země. V optimálním případě by měl být i seřiditelný. Tato vlastnost sice není pro momentální účely nutná, ale hodí se do budoucna. Seřiditelnost zajistí, že i další potenciální uživatelé mohou tento držák využít i pro jiná kola. Dále je vhodné, aby byl co nejjednodušší a nejlevnější. V poslední řadě se jedná o otázku instalace na samotný rám kola. Instalace by měla být rychlá, jednoduchá a nejlépe i na první pohled intuitivní, aby se dal namontovat a seřídít i bez instalačního návodu.

- Očekávané funkce:
- efektivní a bezpečný způsob uchycení kamery
 - seřiditelný
 - min. horizontálně a vertikálně
 - levný a jednoduchý
 - rychlá a jednoduchá instalace

4 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

Výsledkem této práce byl měl být držák na kolo schopný zaznamenat chování zadního kola pomocí videozáznamu. V optimálním případě by podle videozáznamu šlo snadno rozklíčovat zmíněné chování a postupovat dále ve vývoji tlumiče.

Dalšími zohledněnými vlastnostmi držáku jsou praktičnost, údržba a cena. Po praktické stránce by bylo dobré, aby držák byl snadno nastavitelný a smontovatelný. V oblasti údržby by bylo ideální, aby držák byl absolutně bezúdržbový, což znamená, aby nepotřeboval žádné vnější zásahy. V podstatě, aby člověk jen připevnil držák na kolo a jel. V neposlední řadě je cena. Nicméně vzhledem k tomu, že se jedná o kusovou výrobu, není nutno ji nějak zvlášť řešit. Bylo by ale dobré, aby byl cenově dostupný běžným uživatelům. Zpravidla platí, že čím je jednodušší konstrukční řešení, tím bývá levnější i technologicky.

Prvním krokem v konstrukční části bylo nezbytné koncepční řešení v podobě náčrtu. V první řadě bylo nutné koncepčně načrtnout geometrii držáku.

4.1 Přímé měření na rámu kola

Jak bylo uvedeno v předchozím odstavci, skutečně prvním konstrukčním krokem byl návrh geometrie. Poloha a úhel kamery byly voleny podle horského kola, které má kola s průměrem ráfku 29". Vzhledem k tomu, že fakultní kolo má kola s ráfky 26", bylo nutné tento aspekt zohlednit v následujícím kroku, v návrhu geometrie držáku. Bylo ale rozhodnuto o vývoji seřiditelné verze, aby bylo možno použít držák na různých velikostech ráfků. Vítězný návrh je tedy nastavitelný, a tím pádem je vhodný pro více druhů horských kol. Problém vytváří rozdílná geometrie daného rámu, velikost průměru kol a dalších důležitých vlastností horských kol. Tudíž by držák splňoval danou funkci pouze na jednom druhu kola, což by bylo nepraktické.

4.2 Koncepty

Součástí této práce byla fáze vývoje, ve které byl držák vyvíjen v prostředí 3D programů. V této kapitole je následně pojednáno o postupu a stylu řešení, které vedly k zhodnocení a vyvození úsudku, který koncept je nejvhodnější pro danou problematiku.

4.2.1 První koncept držáku

Jak je vidno z Obr. 9, tento draft je velmi strohý. Původní nápad obsahoval i vestavěný kryt dané kamery. Od tohoto nápadu bylo rychle ustoupeno, protože by takový držák nebyl moc praktický, a navíc obaly na kamery jsou běžně dostupné. Původně bylo také zamýšleno, že by celá konstrukce byla z plastu a vytištěná na 3D tiskárně. Od tohoto nápadu bylo také ustoupeno kvůli obavám, zda by součásti vydržely namáhání.

Držák by byl upevněn na zadní stavbu kola, přičemž úhel kamery by zabíral dotek pneumatiky s povrchem z boční strany. K vodičím tyčím by byly připevněny svorky, které by se upevnilly na profil zadní stavby.



Obr. 9 První koncept

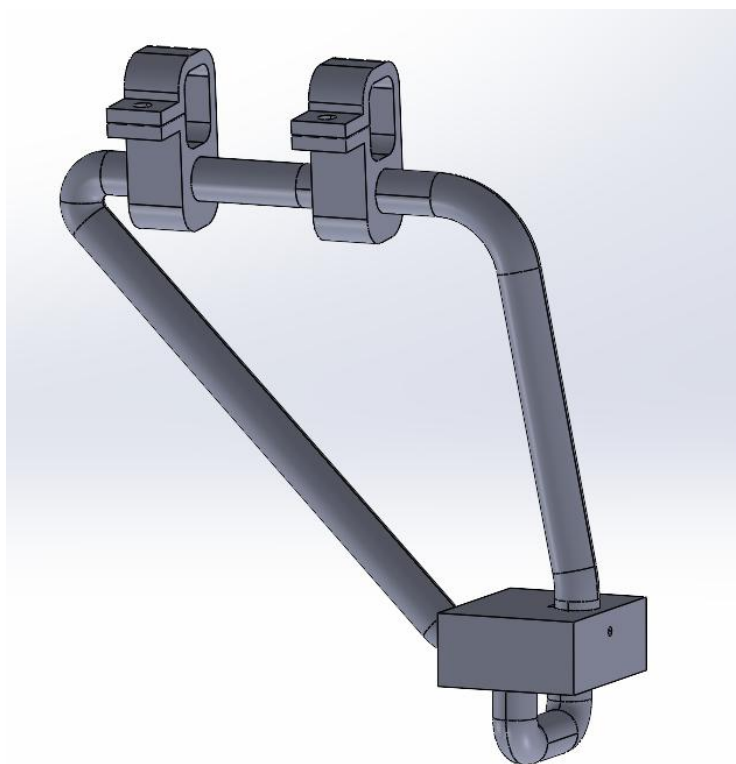
4.2.2 Druhý koncept držáku

Z Obr. 10 vyplývá, že návrh byl o něco sofistikovanější než návrh první. Kamera byla upevněna na pracovně pojmenovanou součást „Základní kostka“. Toto řešení vyžadovalo i ve finální verzi nutnost využití 3D tisku.

Kostka měla relativně složitý tvar, který by se postupem času vyladil. Co se týče umístění, kamera byla originálním držákem od GoPro připevněna k již zmíněné kostce.

Dále byly v návrhu použity dvě kulatiny o průměru 15 mm. Ty byly navrženy jako kovové tyče z materiálu E295. V nich by byla vyfrézovaná drážka pro pero, která měla pozičně upnout dané tyče, opačné drážky by byly v základní kostce. Tvar tyče by se dal zhotovit pomocí technologie tváření. Příslušný odborník by doporučil zda za studena nebo za tepla.

Poslední část, která je vidět na Obr. 10, je uchycení celého držáku na rám kola jako „svěrné céčko“.



Obr. 10 Druhý koncept

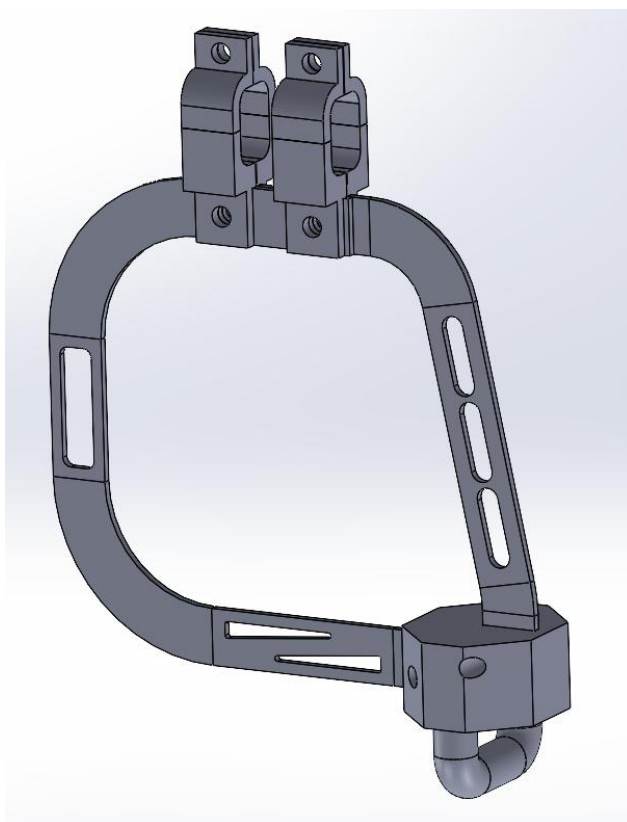
4.2.3 Třetí koncept držáku

Třetí verze na první pohled obsahovala výraznou změnu v podobě rámu (viz Obr. 11). Tato změna výrazně změnila další pokrok ve vývoji, protože bylo ustoupeno od myšlenky, že základní kostka bude přichycena dvěma kulatinami.

Svěrná céčka změnila způsob uchycení. Nově byla zamýšlena jako dvě symetrické 3D tisknuté součásti. Pod nimi se nacházel plíšek, který spojoval dvě části rámu k sobě.

Základní kostka nezměnila nijak výrazně její funkci. Drážka pro pero už nebyla potřeba, pouze zde byly díry na šrouby pro správnou pozici rámu.

Na Obr. 11 lze vidět několik typů odlehčovacích drážek pro porovnání, která by byla nejvhodnější.



Obr. 11 Třetí koncept

4.3 Využití 3D tisku při konstrukční práci

V této kapitole bych rád pojednal o výhodách 3D tisku v oblasti zjednodušení konstruktérské práce. Výhodou je, že jsem si během vývoje držáku mohl kdykoliv a cokoliv vytisknout a následně ověřit, zda daný kus opravdu pasuje tam, kam má. Zejména je 3D tisk výhodný pro představu, jak asi bude výrobek vypadat v realitě. Sice v moderní době existuje spousta CAD programů, které dokážou reálnou situaci velice dobře vyobrazit, ale přece jen je dobré si ověřit daný díl i fyzicky. Např. model rámu kola se opravdu špatně získává, tudíž jsem si potřeboval fyzicky ověřit, zda jezdcova bota, potažmo noha, nebude narážet do samotného držáku (viz Obr. 12).



Obr. 12 Ověření kolizí s držákem

4.4 Vyhodnocení koncepčních návrhů

V minulých kapitolách byly vyzdviženy koncepční návrhy. V této kapitole jsou stručně zhodnoceny.

V prvním konceptu bylo zamýšleno, že by celá konstrukce byla z plastu a vytištěná na 3D tiskárně. Od tohoto nápadu bylo ale ustoupeno z důvodu obav, zda by součásti vydržely namáhání. Po praktické stránce by pravděpodobně také neobstál, nebyl totiž vůbec nastavitelný, kamera by zůstala ve stejné pozici. Pro tuto problematiku by bylo vhodné, kdyby se kamera dala nastavovat ve více osách.

Druhý koncept obsahoval sofistikovanější uchycení kamery. Bohužel i tento návrh je poněkud komplikovaný a hlavně nákladný, zejména vyfrézovat drážku pro pero. Dále by ohýbané profily mohly špatně zvládat namáhání. Po praktické stránce by asi uspěl, nicméně se ukázalo, že existují i jiné varianty, které jsou vhodnější.

V poslední koncepční verzi se objevil rám v podobě výpalku z plechu, ten přinesl několik velice podstatných výhod. První velkou výhodou byla jednodušší konstrukce. Výpalek je bezesporu jednodušeji pozičně vymežitelný. Předchozí verze musela obsahovat drážky pro pero, zde stačilo vymežit pozici pouze v jednom směru, aby rám nevypadl ze základní kostky. V neposlední řadě byla výhodou cena. Zatímco ohýbaná tyč s drážkami pro pero by byla nákladná z důvodu několika různých technologických operací, výpalek je mnohem levnější a výhodou je použití pouze jedné technologie.

Všechny tyto návrhy posloužily jako základní stavební kámen pro zdařilé zkonstruování vítězného řešení, které je popsáno v následující kapitole.

5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

V této kapitole je podrobně popsána konstrukční fáze.

5.1 Hotový návrh a jeho iterace

Tento návrh se už moc neliší od vítězného řešení. Ve své podstatě jde pouze o malé dílčí změny a změnu velikosti rámu. Návrh byl v teoretické části dostačující, tudíž byl vhodný pro 3D tisk a ověření rozměrů v reálném světě.

Jak lze vidět na Obr. 13, nápad rámu je zde zachován. Svěrná céčka také neprošla žádnou významnou přeměnou. Velkou změnou prošla dříve hojně zmiňovaná základní kostka. Tato součást je nově uvažována jako obrobek z hliníkového kvádrů, nikoliv 3D tištěná součást. To poskytuje několik výhod, a to např. vyšší pevnost, odolnost atd. Dále je patrné, že se jedná o první verzi s možností seřizování. Kamera je připevněna k hliníkovému bloku, který je dvěma šrouby připevněn k rámu, v rámu je drážka právě pro možnost seřízení. Díky originálnímu držáku je také možnost měnit nastavení výšky kamery pomocí matic.



Obr. 13 Čtvrtý koncept

Tato verze je už reálně použitelná. Mezi nedostatky patří zbytečně velký rám a nemožnost seřízení svěrných céček. Oba tyto nedostatky jsou ve finálním řešení vyřešeny.

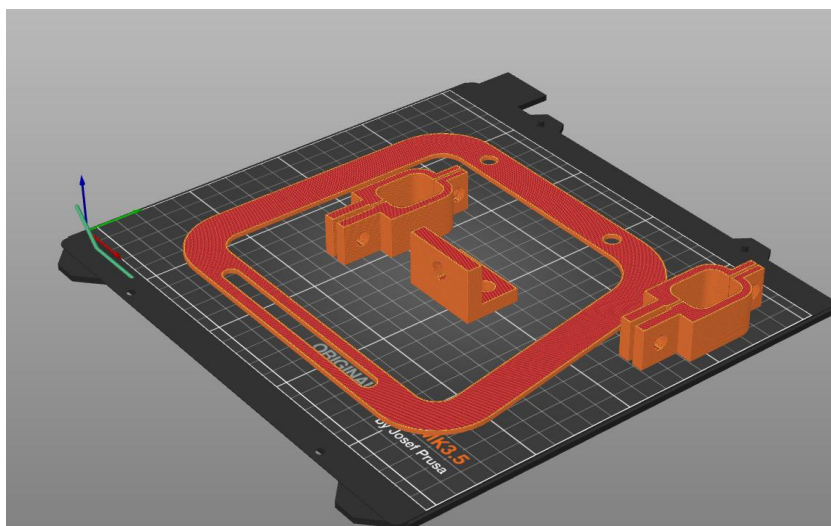
5.2 3D tisk

Nedílnou součástí konstrukční fáze byl 3D tisk. Tato nekonvenční technologie je skvělá právě pro návrhy. Tato technologie byla během vývoje držáku využita mnohokrát. Využita byla např. při ověření velikosti svěrných céček (viz Obr. 14).



Obr. 14 Ověření velikosti svěrných céček

Dále byl tisk využíván pro lepší představu velikosti návrhů, následně i pro zkušební montáž zařízení na rám kola. Tisk byl prováděn na tiskárnách Prusa MK4 a MK4S, úprava modelů a programů pro tiskárnu byla realizována v softwaru PrusaSlicer (viz Obr. 15). Jako materiál byl využit PET-G, ideální a všestranný materiál s vlastnostmi levnějšího PLA a zároveň i výhodami dražšího ABS. Výhoda v tomto materiálu je taková, že je tento materiál velmi snadno a rychle tisknutelný, ale zároveň odolnější než již zmiňované PLA.



Obr. 15 Prostředí PrusaSlicer

5.3 Design

Design je velice důležitým atributem jakéhokoli produktu, přece jen vzhled je první vlastnost, které si u daného produktu všimneme. Byť tato práce je zaměřena čistě na konstrukční a praktickou část, je zde na vzhled přihlíženo. V předchozích kapitolách je vidět, že návrhy byly nevzhledné. Ovšem během koncepční práce je tato vlastnost vylepšována. Pomyslnou přednost ale stále dostávala praktičnost, protože tato práce přece jen nebyla tolik zaměřena na design.

5.4 Výpočty namáhání

Vzhledem ke konstrukci držáku je nutné, aby celá sestava vydržela namáhání ohybem, tahem a svěrná céčka také namáhání střihem.

V této podkapitole jsou sepsány nezbytné výpočty pro ověření součástí, zda vydrží dané namáhání. Vstupní hodnoty vycházejí z kapitoly 3.2.

Vstupní parametry:

$$m = 0,5 \text{ kg} \quad (1)$$

$$a = 30 \cdot g = 294,2 \text{ m/s}^2 \quad (2)$$

$$F = m \cdot a = 147,1 \text{ N} \quad (3)$$

Zrychlení v gravitačním poli nebylo možno zcela přesně naměřit, tudíž vycházím z kapitoly 3.2., kde se jedná také o nepřesnou hodnotu, proto uvažuji hodnotu 30 G jako bezpečnostní rezervu. Hmotnost dostupné kamery je dle výrobce 158 g, pro případné využití jiné kamery či dalšího příslušenství volím maximální hmotnost 0,5 kg [13].

Z těchto vstupních znalostí je vyjádřena zatěžující síla.

5.4.1 Výpočet rámu konstrukce

Rám je dimenzován z materiálu S355 (v normách ČSN: 11 523). Mez kluzu tohoto materiálu se pohybuje okolo 333 MPa [14]. Zvoleno bylo:

$$R_e = 333 \text{ MPa} \quad (4)$$

Youngův modul pružnosti konstrukční oceli bývá hodnota okolo 210 GPa [15]. Bylo tedy zvoleno:

$$E = 210 \text{ GPa} \quad (5)$$

Únava je počítána podle Soderbergova kritéria [15], mez únavy konstrukční oceli je zhruba:

$$\sigma_{co} = 200 \text{ MPa} \quad (6)$$

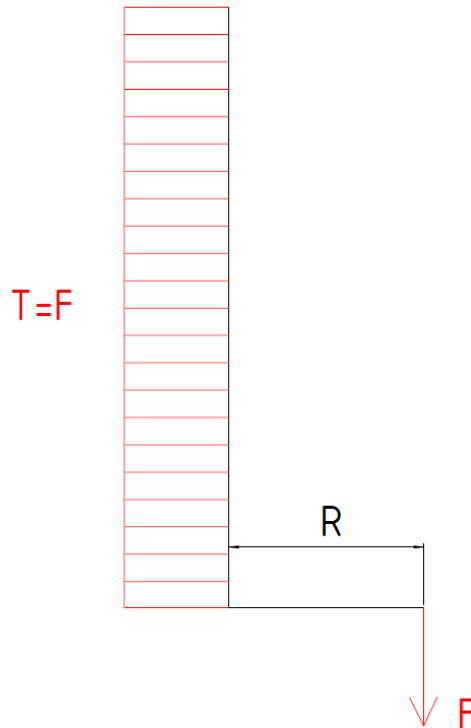
Tab. 1 Parametry průřezu prutu

Šířka prutu	Výška prutu	Obsah prutu
$b = 3 \text{ mm}$	$h = 20 \text{ mm}$	$S = 60 \text{ mm}^2$

Namáhání tahem:

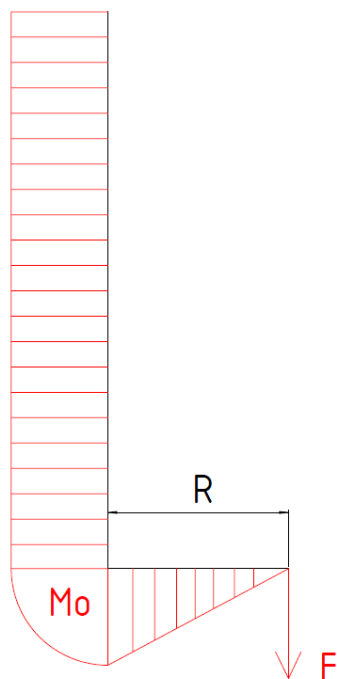
$$\sigma_T = \frac{F}{2 \cdot S} = 1,23 \text{ MPa} \quad (7)$$

$$Re \geq \sigma_T \quad (8)$$



Obr. 16 Průběh namáhání tahem

Namáhání ohybem:



Obr. 17 Průběh namáhání ohybem

$$M_o = F \cdot R = 2\,669,86 \text{ N}\cdot\text{mm} \quad (9)$$

$$W_o = \frac{h \cdot b^2}{6} = 30 \text{ mm}^3 \quad (10)$$

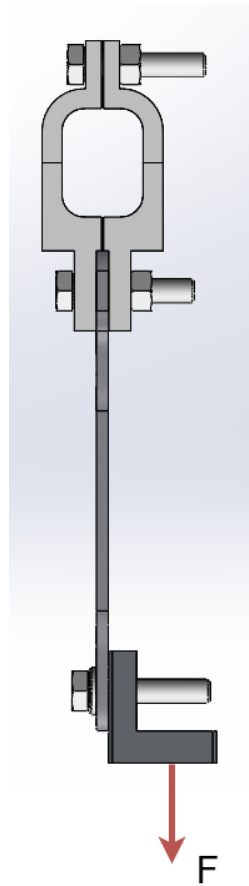
$$\sigma_o = \frac{M_o}{2 \cdot W_o} = 44,5 \text{ MPa} \quad (11)$$

$$Re \geq \sigma_o \quad (12)$$

Průhyb:

$$J = \frac{h \cdot b^3}{12} = 45 \text{ mm}^4 \quad (13)$$

$$w = \frac{1}{E \cdot 2 \cdot J} \cdot \left(F \cdot \frac{R^3}{3} \right) = 0,016 \text{ mm} \quad (14)$$



Obr. 18 Silové zatížení rámu

Kontrola dolní drážky na ohyb:

Tab. 2 Parametry dolní drážky

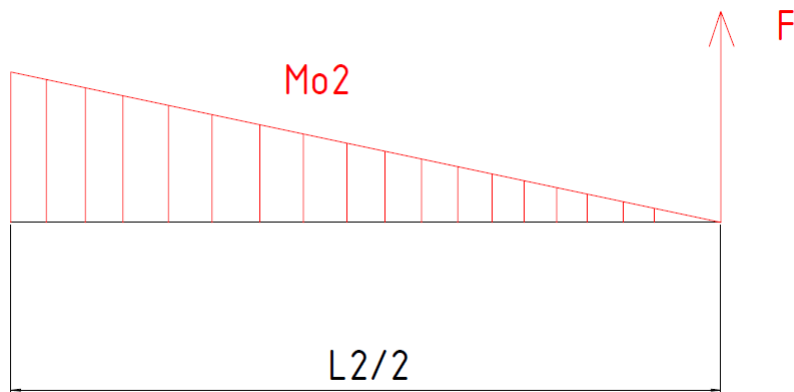
Šířka drážky	Výška drážky	Délka drážky
$b_2 = 3 \text{ mm}$	$h_2 = 6,4 \text{ mm}$	$L_2 = 117,2 \text{ mm}$

$$M_{o2} = \frac{F}{2} \cdot \frac{L_2}{2} = 4\,310,02 \text{ N}\cdot\text{mm} \quad (15)$$

$$W_{o2} = \frac{b_2 \cdot h_2^2}{6} = 200 \text{ mm}^3 \quad (16)$$

$$\sigma_{o2} = \frac{M_{o2}}{W_{o2}} = 21,55 \text{ MPa} \quad (17)$$

$$Re \geq \sigma_{o2} \quad (18)$$



Obr. 19 Průběh namáhání dolní drážky ohybem

Kontrola horní drážky na ohyb:

Tab. 3 Parametry horní drážky

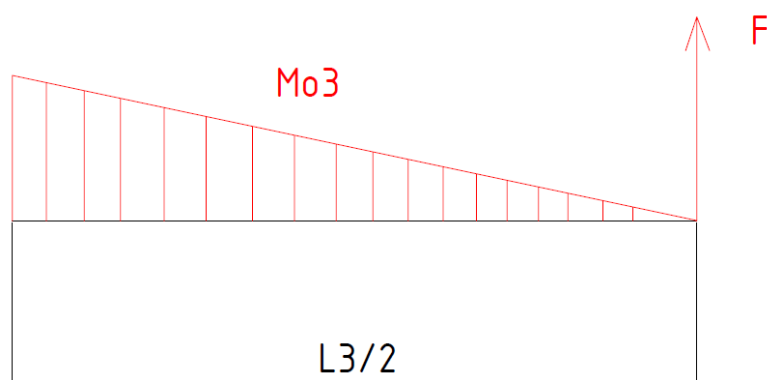
Šířka drážky	Výška drážky	Délka drážky
$b_3 = 3 \text{ mm}$	$h_3 = 6,4 \text{ mm}$	$L_3 = 167,6 \text{ mm}$

$$M_{o3} = \frac{F}{2} \cdot \frac{L_3}{2} = 6\,163,48 \text{ N}\cdot\text{mm} \quad (19)$$

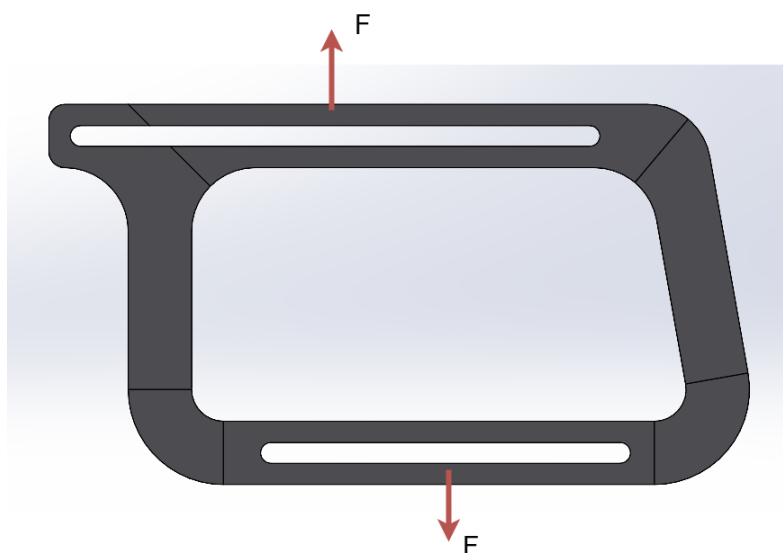
$$W_{o3} = \frac{b_3 \cdot h_3^2}{6} = 200 \text{ mm}^3 \quad (20)$$

$$\sigma_{o3} = \frac{M_{o3}}{W_{o3}} = 30,82 \text{ MPa} \quad (21)$$

$$Re \geq \sigma_{o3} \quad (22)$$



Obr. 20 Průběh namáhání horní drážky ohybem



Obr. 21 Silové zatížení horní a dolní drážky

Únava:

Tab. 4 Cyklické zátěžové parametry

Nejvyšší síla	Nejnižší síla	Nejvyšší moment	Nejnižší moment
$F_H = 4,9 \text{ N}$	$F_n = 147,1 \text{ N}$	$M_{oH} = 2\,669,9 \text{ N}\cdot\text{mm}$	$M_{on} = 88,99 \text{ N}\cdot\text{mm}$

$$\sigma_H = \frac{M_{oH}}{W_o} = 88,99 \text{ MPa} \quad (23)$$

$$\sigma_n = \frac{M_{on}}{W_o} = 2,97 \text{ MPa} \quad (24)$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_H - \sigma_n}{2} = 43,01 \text{ MPa} \quad (25)$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_H + \sigma_n}{2} = 45,98 \text{ MPa} \quad (26)$$

$$\frac{k_u \cdot \sigma_a}{\sigma_{co}} + \frac{k_u \cdot \sigma_m}{R_e} = 1 \text{ (Soderbergova přímka)} \quad (27)$$

$$k_u = \frac{1}{\frac{\sigma_a}{\sigma_{co}} + \frac{\sigma_m}{R_e}} = 2,83 \quad (28)$$

5.4.2 Výpočet svěrných céček

Svěrná céčka jsou dimenzována pomocí materiálu PET-G, který je určený pro 3D tisk. Maximální pevnost v tahu materiálu PET je [16]:

$$\sigma_t = 75 \text{ MPa} \quad (29)$$

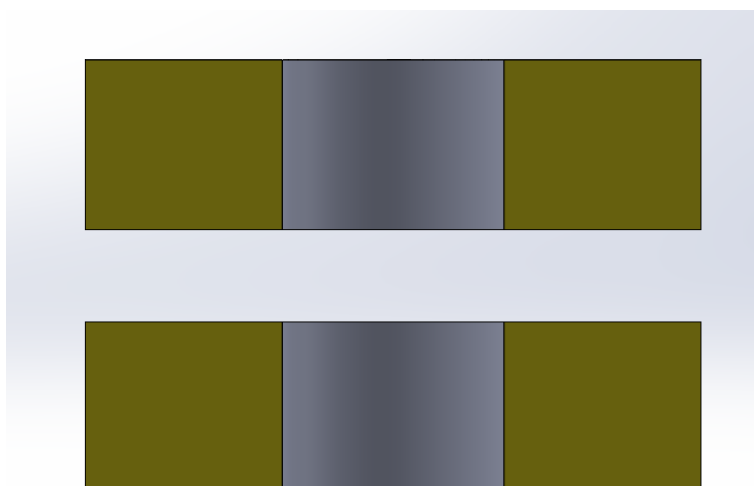
Tab. 5 Parametry svěrných céček

Tloušťka průřezu	Šířka průřezu	Průměr otvoru	Obsah průřezu
t = 5,52 mm	z = 20 mm	D = 7,2 mm	S ₂ = 70,66 mm ²

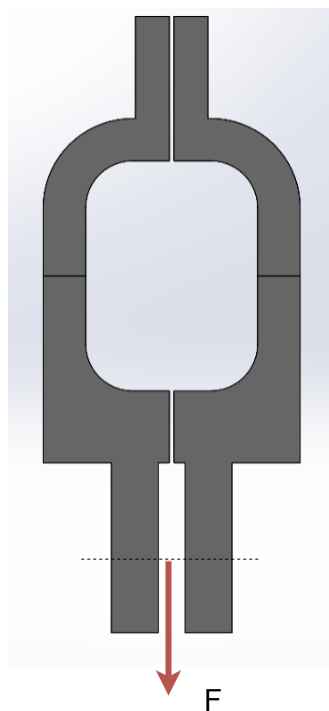
Kontrola na stříh:

$$\tau_s = \frac{F}{2 \cdot S_2} = 0,52 \text{ MPa} \quad (30)$$

$$\sigma_t \geq \tau_s \quad (31)$$



Obr. 22 Kontrolovaný průřez



Obr. 23 Silové zatížení úchytky

5.4.3 Zhodnocení výpočtové fáze

V této podkapitole jsou zhodnoceny a okomentovány výpočty namáhání dílů a sestavy. Je důležité zmínit, že výpočty byly prováděny analogicky a slouží pouze jako orientační. Reálná situace by vyžadovala využití složitějších simulačních a výpočtových programů, jako např. ANSYS. Ovšem v téhle práci to nebylo nezbytné, pro představu by měly postačit zjednodušené výpočty.

Tah nebývá u kombinovaného namáhání největším problémem. I v tomto případě, kdy maximální napětí je zhruba 1,23 MPa, to platí také. Ve výpočtu je uvažován tah kolmo na průřez rámu (viz Obr. 16 a Obr. 18). Ve výpočtu jsou uvažovány dva pruty, protože rám je obdélníkového tvaru a sílu pohltí oba průřezy.

Důležitějším namáháním je ohyb. Ten je v tomto případě také málo nebezpečný, jak vyplývá z předchozí kapitoly. Maximální napětí činí 44,5 MPa, což je velmi vzdáleno od meze kluzu materiálu. Ve výpočtu jsou opět uvažovány dva průřezy ze stejného důvodu jako u tahu (viz Obr. 17 a Obr. 18).

Velkým problémem by potenciálně mohl představovat průhyb. Držák je umístěn v blízkosti zadního kola, tudíž by mohlo dojít ke kolizi s výpletem vlivem průhybu rámu. Nicméně jak vyplývá z výpočtů, průhyb bude velmi malý a nemělo by dojít ke kolizi. Ve výpočtu jsou opět zahrnuty dva průřezy.

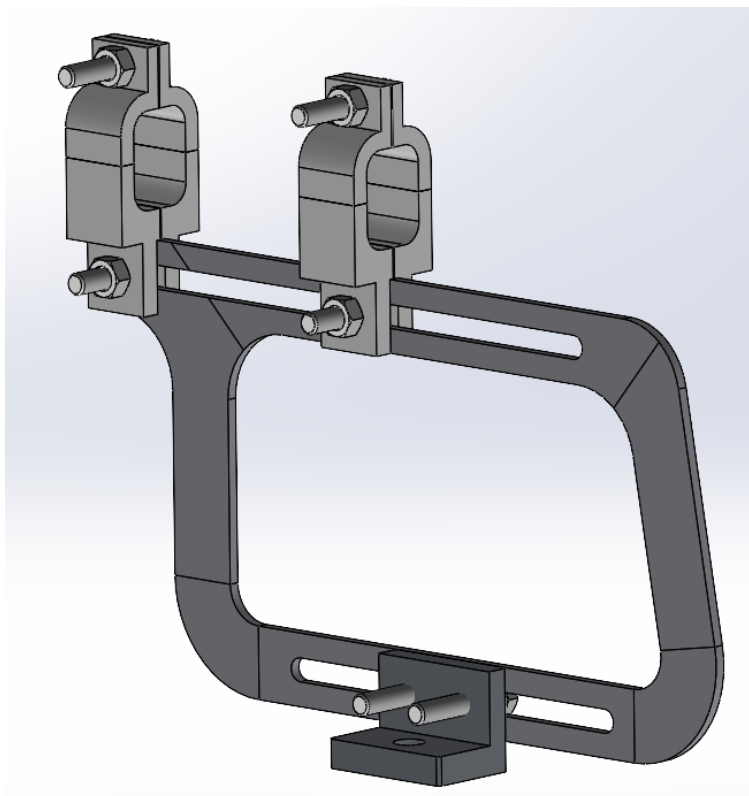
Dalšími exponovanými prvky jsou seřizovací drážky. Vzhledem k jejich délce je dobré se přesvědčit, že vydrží dané zatížení. Největší problém by mohl představovat ohyb, proto jsou obě drážky zkontrolovány. U horní drážky předpokládáme stav, kdy jedno ze svěrných céček je umístěno na konci drážky a druhé v polovině délky drážky. Předpokládáme stav, kdy se veškerá síla koncentruje uprostřed drážky (viz Obr. 21). Ve výpočtu je ale uvažováno s poloviční silou, protože drážka je pomyslně rozdělena napůl a každá strana pohltí polovinu síly (viz Obr. 19 a Obr. 20). Stejným způsobem je prověřena i dolní drážka.

Rám bude také namáhán cyklicky, tudíž bylo nutné provést výpočet bezpečnosti únavy. Je uvažováno cyklické zatížení, kdy horní maximální napětí odpovídá zatížení 30 G a dolní odpovídá 1 G. Únava je prověřena podle Soderbergova kritéria, a jak vyplývá z výpočtů, díl by měl být odolný na cyklické namáhání. Bezpečnost vychází na 2,83. Vyšší bezpečnost by se dala zajistit použitím jiného kritéria, například ASME.

Posledním prověřovaným prvkem jsou svěrná céčka, která jsou zkontrolována na namáhání stříhem (viz Obr. 22 a Obr. 23). Opět je uvažováno poloviční silové zatížení, dva díly si rovnoměrně rozdělí zatížení. V tomto případě díly také vydrží namáhání.

5.5 Dílčí součásti vítězného řešení

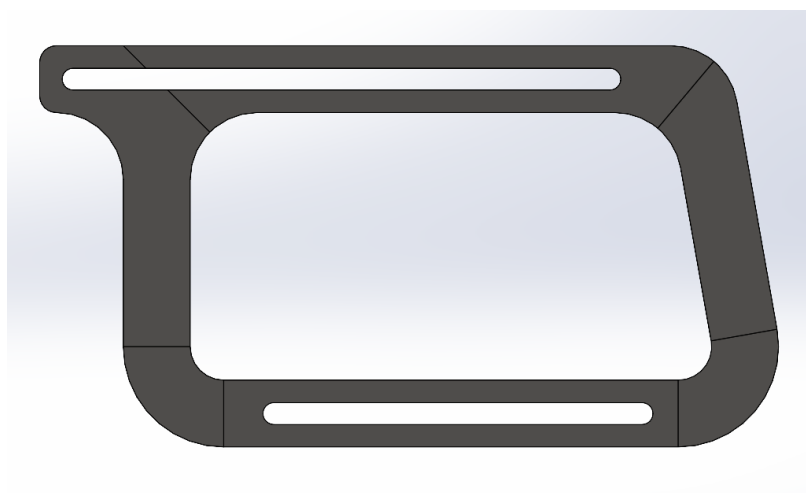
Práce ve finálním řešení obsahuje celkem čtyři součásti (viz Obr. 24). Základní prvek celé sestavy je rám, který je zhotoven v podobě výpalku z plechu. Dále sestava obsahuje hliníkový blok (základní kostka), který má za úkol uchytit kameru v potřebné pozici. Posledními díly jsou svěrná céčka, poslouží jako uchycení celého systému k rámu kola.



Obr. 24 Vítězná řešení

5.5.1 Rám

Esenciální součástí sestavy je rám (viz Obr. 25). Rám je vyroben z konstrukční oceli S355. Rozměry rámu jsou 120 x 220,8 x 3 mm. Rám má hned několik funkcí. První z funkcí je propojit systém držení kamery se svěrnými céčky, která se následně uchyť k rámu kola. Další důležitou funkcí je možnost celou sestavu nastavit podle potřeb záznamu. V praxi to znamená, že díky dvěma drážkám je zde velká variabilita pro úhel a pozici kamery pro záznam. Horní drážka slouží pro posuv céček v konstrukci rámu, to umožňuje nastavit vzdálenost a pozici céček na rámu kola. Dolní drážka slouží k posuvu základní kostky na rámu. Díky této drážce si uživatel může nastavit kameru přesně do požadované pozice.



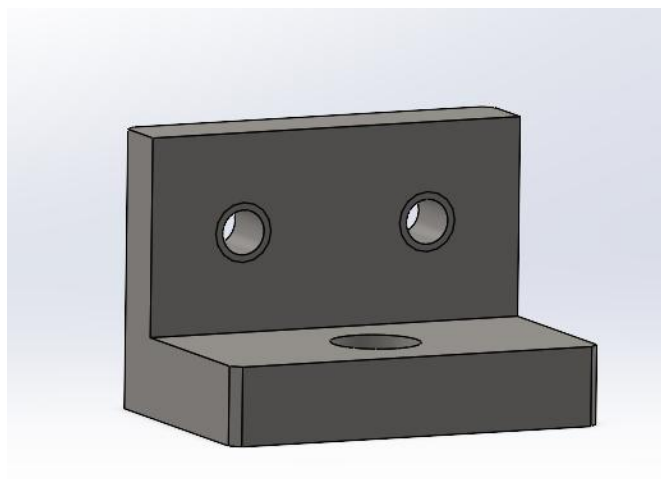
Obr. 25 Rám

V levé horní části součásti (viz Obr. 25) je zvláště vypadající výběžek. Funkce tohoto výběžku je pouze seřizovací, respektive pomocí tohoto prvku můžeme sestavu posunout v horizontálním směru blíže k náboji kola (pokud budeme užívat držák tak, jak byl navržen).

5.5.2 Základní kostka

Jak už bylo naznačeno, kamera je držena pomocí hliníkového bloku. Materiál, ze kterého je blok navržen, je EN AW 2030.

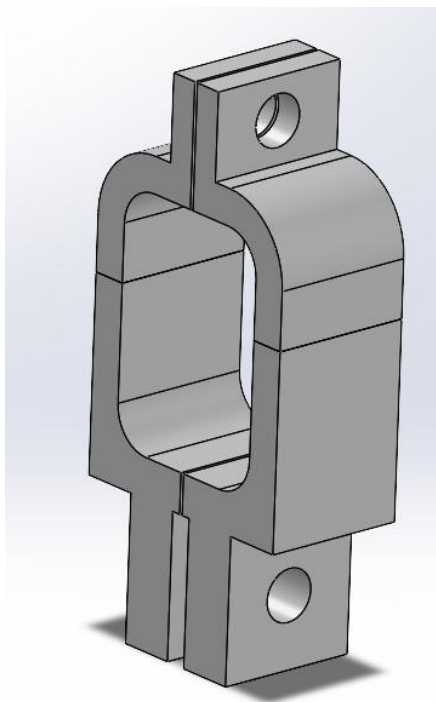
Hlavní rozměry bloku jsou 28 x 27 x 40 mm. Jak lze vidět na Obr. 26, blok obsahuje tři díry. Vrchní dvě jsou závitové díry se závitem M6. Do nich se zašroubuje šroub, který drží tento blok k rámu sestavy. Poslední díra má průměr 8,5 mm. Ta slouží pro uchycení kamery ke kostce. Originální GoPro držák se zasune do této díry a zajistí pomocí matic. Výhodou je, že kamera se díky tomuto systému dá pohodlně nastavovat ve vertikálním směru. Držák od GoPro má průměr dříku M8. Všechny díry jdou skrz materiál. Posledním prvkem dílu jsou čtyři zkosení na stranách (1x45°).



Obr. 26 Základní kostka

5.5.3 Svěrná céčka

Tyto díly jsou jako jediné vyrobené z plastu. Kvůli jejich složitému tvaru (viz Obr. 27) by byly nákladné na výrobu, navíc nejsou univerzální pro každou geometrii rámu. Z těchto důvodů byla zvolena možnost výroby z plastu. Materiál je PET-G.



Obr. 27 Svěrná céčka

5.5.4 Normalizované díly v sestavě

Celková sestava obsahuje i normalizované součásti. Prvním nezbytným dílem je šest šroubů velikosti M6 různých délek. Dva šrouby, které drží základní kostku, musí mít minimální délku závitu 14 mm. Další čtyři šrouby musí být o trochu delší, protože potřebují matici k zajištění svěrných céček (alespoň 18 mm). Dále je nutné pro zhotovení sestavy použít čtyři matice M6, které zajišťují svěrná céčka. Posledním normalizovaným dílem jsou dvě podložky pro závit M6 pod šrouby u základní kostky.

Seznam použitých položek:	Šroub M6 x 30 ČSN EN 24014	6x
	Matice M6 ČSN EN 24032	4x
	Podložka 6,4 ČSN 021702	2x

Seznam použitých položek je vytvořen na základě dostupných CAD modelů.

5.6 Výroba součástí

Součástí práce je i výroba držáku. V této kapitole je pojednáno o technologických řešeních, kterými jsou dílčí součásti vyrobené.

Jako první proběhla výroba základní kostky. Jak už bylo řečeno v minulé kapitole, blok byl navrhnout pro výrobu z hliníkové slitiny EN AW 2030. Výroba proběhla na pětiosé fréze GF Mill 500 E ve firmě DG Solutions (viz Obr. 28). Jako polotovár byl využit hliníkový blok z předchozích firemních projektů, jehož materiálové vlastnosti odpovídají vlastnostem navrhnuté slitiny.



Obr. 28 Frézování základní kostky

Další vyrobenou součástí byl rám. Ten byl na zakázku vyroben u firmy Kovo Klobás. Operace byla provedena technologií řezání laserem (vyrobena na stroji TruDisk 8001). Původní návrh materiálu byla konstrukční ocel E295 (v ČSN 11 500), tu bohužel neměli na skladě, tudíž byl poskytnut podobný materiál S355 (v ČSN 11 523), vlastnosti jsou prakticky identické.

Poslední vyráběnou součástí jsou svěrná céčka. Ty jsou vytisknuty na 3D tiskárně, konkrétně na tiskárně Prusa MK4. Materiál je PET-G.

6 DISKUZE

Po konstrukční fázi musela neprodleně přijít chvíle, kdy bylo nutné tento držák otestovat. Hned při první instalaci finálního řešení byly zjištěny menší nedostatky, které by bylo vhodné při dalším vylepšení eliminovat.

V této kapitole jsou zhodnoceny dosavadní poznatky nabyté při testování držáku.

6.1 Konstrukční nedostatky držáku

Při první instalaci držáku na rám kola vyšlo najevo pár drobných nedostatků, například svěrná céčka jsou namyšlena tak, že skrz ně vede šroub velikosti M6 a pojištěný je maticí. To přineslo problémy hlavně při instalaci samotné, neboť aby byl člověk schopen upevnit céčka k rámu, je nutné použít dva klíče, což není moc praktické. Nicméně se nejedná o komerčně dostupný držák, nedostatky takového rázu jsou tedy akceptovatelné. Tento problém by se dal v budoucnu vyřešit, např. vtisknutím matice do plastového céčka.

Další problém nastal při montáži svěrných céček. Vlivem složité geometrie rámu nekopírovala céčka přesně rám a bylo tedy nutné použít kousky pryže (viz Obr. 29), aby byla zajištěna požadovaná pevnost uchycení. I toto je akceptovatelný nedostatek. Kousky pryže by se daly v budoucnu zakomponovat do svěrných céček.



Obr. 29 Nainstalovaný držák

6.2 První pokusy o videozáznam

Z Obr. 30 lze vidět první pokusy se zapnutým nahráváním, na první pohled se jedná, alespoň na první pokus, o zdařilý záznam. Styk pláště s asfaltem je docela zřetelně vidět. Obraz sice není nejlépe zaostřený, to je ale způsobeno velkým zpomalením videa a také nedokonalým nastavením kamery.



Obr. 30 První pokusy s kamerou

Při prvních experimentálních pokusech byly pořízeny dva záznamy, jeden bez funkce semiaktivního odpružení, druhý byl proveden s touto funkcí. Oba tyto záběry byly pořízeny na zpomalovací prahu zhruba stejnou rychlostí. Na záběrech z přiloženého videa není zcela zřetelně vidět rozdíl. Ovšem během detailnějšího zkoumání je vidět nepatrný rozdíl. Divák si může povšimnout, že se zapnutým semiaktivním odpružením pneumatika dokonaleji kopírovala jízdní trasu.

7 ZÁVĚR

V této práci je pokus o obohacení světa o videozáznamy z trochu jiného úhlu pohledu. V práci je zkonstruován a popsán držák kamery, který by byl schopen udržet kameru při akční jízdě v terénu, a ta byla schopna zaznamenat chování zadní pneumatiky horského kola.

Takový videozáznam ovšem není nijak zvlášť zajímavý. Důvodem pro pořízení tohoto záznamu je testování semiaktivního tlumiče. Během vývoje tlumiče je totiž potřeba zaznamenat zrychlení neodpružené hmoty, celkové zrychlení tlumiče atd. Ovšem data zpracovaná do grafu jsou stále jen data, proto by bylo dobré synchronizovat videozáznam s daty poskytnutými akcelerometrem.

Po několika koncepčních návrzích byla vybrána vítězná verze, která obsahovala plechový rám. Hlavním důvodem pro volbu této verze byla jednoduchost a elegantnost. To přineslo hned několik zásadních výhod, které se projeví při testování držáku. Hlavní výhodou je jednoduché sestavení a seřízení pro danou situaci. Také výrobní cena je oproti ostatním konceptům velice přívětivá.

Nelze nezmínit drobnou nevýhodu držáku, a to nutnost použít při sestavování dvou druhů klíčů, maticového a imbusového. Trochu to znemožňuje přidržet si držák v ideální poloze pro montáž. Nicméně i přes tento nedostatek je instalace snadná a jistě by ji zvládl každý.

Dále by bylo dobré v budoucnu provést vícero testovacích pokusů. V průběhu testování bylo provedeno šest testovacích jízd, z toho dvě byly zaznamenány kamerou.

Jako úplným závěrem lze říci, že držák splňuje dané požadavky a obstál alespoň v prvních několika testech.

8 POUŽITÉ ZDROJE

- [1] DECATHLON SUPPORT. *Jak správně seřadit odpružení u horského kola?* Online. Dostupné z: <https://support.decathlon.cz/jak-spravne-seridit-odpruzeni-u-horskeho-kola>. [cit. 2025-05-21].
- [2] BIKEANDRIDE.CZ. *Vše, co jste chtěli vědět o zadním odpružení... (tech lab)*. Online. Dostupné z: <https://www.bikeandride.cz/2020/04/vse-co-jste-chteli-vedet-o-zadnim-odpruzeni-tech-lab/>. [cit. 2025-02-27].
- [3] SPECIALIZED. *Sjezdová kola*. Online. Dostupné z: <https://www.specialized.com/cz/cs/shop/kola/mtb/sjezd-kola/demo>. [cit. 2025-05-21].
- [4] BMW MOTORRAD. *Dynamic ESA, For a whole new feeling of confidence while riding*. Online. Dostupné z: <https://www.bmwmotorcycles.com/en/engineering/detail/suspension/dynamic-esa.html>. [cit. 2025-02-20].
- [5] POLESNÝ, David. *Budoucnost horských kol? Fox ukázal elektronicky řízené odpružení*. Online. TRAIL HUNTER. 2018. Dostupné z: <https://www.trailhunter.cz/budoucnost-horskych-kol-fox-ukazal-elektronicky-rizene-odpruzeni/>. [cit. 2025-02-18].
- [6] MRÁZ, Kryštof. *NÁVRH SEMIAKTIVNÍHO ODPRUŽENÍ HORSKÉHO KOLA*. Výzkumná, vedoucí Ing. Zbyněk Strecker, Ph.D. BRNO: VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ, 2018. Dostupné také z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=173134.
- [7] WALKER, Peter. *New FOX Live Valve Neo shock review – The world's fastest MTB suspension?* Online. 2024. Dostupné z: <https://enduro-mtb.com/en/fox-live-valve-neo-shock-test/>. [cit. 2025-02-18].
- [8] FOX. *Live Valve Neo Wireless Suspension Setup | FOX*. Online. 2024. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=UmjroEmdc8Y&ab_channel=FOX. [cit. 2025-05-23].
- [9] FOX. *Shocks*. Online. RideFOX EU. Dostupné z: <https://eu.ridefox.com/en/collections/shocks>. [cit. 2025-02-27].
- [10] EDUARDO, Jim. *MTB XC Rear Wheel & Front Sus Cam*. Online. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=rer3hl_duaA. [cit. 2025-05-23].
- [11] DC RAINMAKER. *Trying Out The New NUT-R Wheel Action Cam Mount*. Online. Dostupné z: <https://www.dcrainmaker.com/2016/04/gopro-wheel-mount.html>. [cit. 2025-02-20].
- [12] BOWHEAD. *The Bowhead RX™ REAR WHEEL VIEW*. Online. Dostupné z: <https://www.youtube.com/shorts/pKdrKAWbvU0>. [cit. 2025-05-23].

- [13] GOPRO SUPPORT. *HERO9 Black - Camera Size and Weight*. Online. Dostupné z: https://community.gopro.com/s/article/HERO9-Black-Camera-Size-and-Weight?language=en_US. [cit. 2025-02-23].
- [14] LEINVEBER, Jan; ŘASA, Jaroslav a VÁVRA, Pavel. *Strojnické Tabulky*. Třetí. Praha: Scientia, 1999. ISBN 80-7183-164-6.
- [15] NISBETT, Keith a BUDYNAS, R. G. *Shigleyho konstruování strojních součástí*. Druhé. VUT, 2023. ISBN 978-80-214-5471-2.
- [16] *Polyethylene terephthalate*. WIKIPEDIA. Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation. Dostupné také z: https://en.wikipedia.org/wiki/Polyethylene_terephthalate.
- [17] CYKLO ŠVEC. *TLUMIČ FOX 2025 DHX LIVE VALVE NEO FACTORY*. Online. Dostupné z: <https://www.cyklovec.cz/tlumic-fox-2025-dhx-live-valve-neo-factory>. [cit. 2025-05-23].

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

9.1 Seznam fyzikálních veličin

a	m/s^2	zrychlení neodpružené hmoty
b	mm	šířka prutu
b ₂	mm	šířka sekundárního prutu
b ₃	mm	šířka terciárního prutu
D	mm	průměr otvoru
E	GPa	Youngův modul pružnosti
F	N	síla působící na konstrukci držáku
F _H	N	horní síla
F _n	N	dolní síla
h	mm	výška prutu
h ₂	mm	výška sekundárního prutu
h ₃	mm	výška terciárního prutu
J	mm^4	kvadratický průřez
k _u		bezpečnostní součinitel únavy
L ₂	mm	délka sekundárního prutu
L ₃	mm	délka terciárního prutu
m	kg	hmotnost kamery
M _o	N•mm	moment
M _{o2}	N•mm	sekundární moment
M _{o3}	N•mm	terciární moment
M _{oH}	N•mm	nejvyšší moment
M _{on}	N•mm	nejnižší moment
R	mm	rameno síly
S	mm^2	plocha průřezu prutu
S ₂	mm^2	obsah průřezu

T	N	posuvná síla
t	mm	tloušťka průřezu
Re	MPa	mez kluzu materiálu
w	mm	průhyb
W_o	mm ³	průřezový modul ohybu
W_{o2}	mm ³	průřezový modul sekundárního ohybu
W_{o3}	mm ³	průřezový modul terciárního ohybu
z	mm	šířka průřezu
σ_{co}	MPa	mez únavy materiálu
σ_a	MPa	amplituda ohybového napětí
σ_H	MPa	maximální ohybové napětí
σ_m	MPa	střední ohybové napětí
σ_n	MPa	minimální ohybové napětí
σ_o	MPa	ohybové napětí
σ_{o2}	MPa	sekundární ohybové napětí
σ_{o3}	MPa	terciární ohybové napětí
σ_T	MPa	tahové napětí
σ_t	MPa	maximální napětí v tahu
τ_s	MPa	smykové napětí

9.2 Seznam zkratek

3D	trojdimenzionální
ABS	acrylonitile butadiene styrene
ASME	The American Society of Mechanical Engineers
CAD	computer-aided design
ČSN	česká technická norma
FPS	frames per second
PET	polyetyléntereftalát
PET-G	polyetyléntereftalát – glykol
PLA	polylactic acid
Slo-Mo	slow motion
XC	cross country

10 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 1 Zadní tlumič horského kola [2].....	14
Obr. 2 Zadní tlumič s technologií Fox Live Valve [17].....	15
Obr. 3 Akční záběr pláště na povrchu [10].....	17
Obr. 4 Držák kamery na čepu kola [11].....	18
Obr. 5 Záznam zadního kola z akční kamery [12]	19
Obr. 6 Testovací pokus s kamerou	23
Obr. 7 Přejížděný zpomalovací práh	24
Obr. 8 Výsledný průběh měření neodpružené hmoty	24
Obr. 9 První koncept	27
Obr. 10 Druhý koncept	28
Obr. 11 Třetí koncept	29
Obr. 12 Ověření kolizí s držákem	30
Obr. 13 Čtvrtý koncept	32
Obr. 14 Ověření velikosti svěrných céček.....	33
Obr. 15 Prostředí PrusaSlicer	33
Obr. 16 Průběh namáhání tahem.....	35
Obr. 17 Průběh namáhání ohybem	36
Obr. 18 Silové zatížení rámu	37
Obr. 19 Průběh namáhání dolní drážky ohybem.....	38
Obr. 20 Průběh namáhání horní drážky ohybem.....	38
Obr. 21 Silové zatížení horní a dolní drážky	39
Obr. 22 Kontrolovaný průřez.....	40
Obr. 23 Silové zatížení úchytky	41
Obr. 24 Vítězné řešení	43
Obr. 25 Rám	44
Obr. 26 Základní kostka.....	45
Obr. 27 Svěrná céčka.....	45
Obr. 28 Frézování základní kostky.....	47
Obr. 29 Nainstalovaný držák	48
Obr. 30 První pokusy s kamerou.....	49

11 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Parametry průřezu prutu	35
Tab. 2 Parametry dolní drážky.....	37
Tab. 3 Parametry horní drážky	38
Tab. 4 Cyklické zátěžové parametry	39
Tab. 5 Parametry svěrných céček	40

12 SEZNAM PŘÍLOH

12.1 Seznam výkresové dokumentace

BP-MILEK-01-01	Výkres sestavy
BP-MILEK-01-02	Výkres rámu
BP-MILEK-01-03	Výkres základní kostky
BP-MILEK-01-04	Výkres úchytky

12.2 Ostatní přílohy

Srovnání se zapnutým a vypnutým semiaktivním tlumením	Video
Úhel kamery z boku	Fotografie
Úhel kamery ze spodu rámu	Fotografie