

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Dopravní a manipulační technika

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh minikáry 2012 – část B

Autor: **David NOVÁK**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Ladislav NĚMEC, CSc.**

Akademický rok 2012/2013

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David NOVÁK**
Osobní číslo: **S12B0408P**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**
Název tématu: **Návrh minikáry 2012 - část B**
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Proveďte rešerši historie a současnosti minikár a předpisů pro jejich stavbu a provoz. Navrhnete koncepci minikáry. Proveďte konstrukční řešení uložení a zavěšení kol, odpružení, řízení a brzd minikáry. Řešení musí být kompatibilní s prací Minikára 2012-část A.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Úvod, historie a současnost minikár
2. Předpisy pro stavbu a provoz minikár
3. Koncepční řešení konkrétní minikáry
4. Konstrukční řešení stanovených prvků minikáry
5. Shrnutí, závěr.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

PILNÝ, M., KOLÁŘ, M. *Stavíme si minikáru.* Praha: Mladá fronta, 1978

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojního inženýra 1.* Brno: Computer Press, 1999

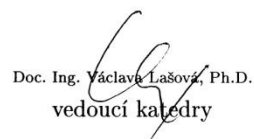
Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Ladislav Němec, CSc.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Doc. Ing. Ladislav Němec, CSc.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **24. září 2012**
Termín odevzdání bakalářské práce: **28. června 2013**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




Doc. Ing. Václava Lašova, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 24. září 2012

Poděkování:

Za vedení při tvorbě bakalářské práce, za ochotu a cenné připomínky při jejím vypracování děkuji panu doc. Ing. Ladislavu Němcovi, CSc. a panu Ing. Janu Vlčkovi. Dále bych chtěl poděkovat všem, kteří mi pomohli k dokončení této práce.

Prohlášení o autorství:

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Novák	Jméno David		
STUDIJNÍ OBOR	23-35-8 „Dopravní a manipulační technika“			
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Němec, CSc.	Jméno Ladislav		
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Návrh minikáry – část B			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2013
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	53	TEXTOVÁ ČÁST	42	GRAFICKÁ ČÁST	11
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	<p>Bakalářská práce obsahuje rešerši historie a současnosti minikárového sportu, rešerši technických předpisů pro stavbu minikár, varianty možných řešení zadaných prvků a konstrukční návrh minikáry. Modely konstrukčního řešení byly vytvořeny v programu Siemens NX.</p>
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	<p>minikára, zavěšení kol, brzdy, řízení, geometrie kol, minikárový sport</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Novák	Name David	
FIELD OF STUDY	23-35-8 “Transport and handling machinery“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Němec, CSc.	Name Ladislav	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of minicar – part B		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2013
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	53	TEXT PART	42	GRAPHICAL PART	11
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This bachelor thesis focuses on the history and present development of minicars, on technical regulations affecting its construction, on possible solutions of given components and on constructional design of a minicar. Models of constructional solutions were created in the program Siemens NX.
KEY WORDS	minicar, wheel suspension, brakes, steering linkage, wheel geometry, minicars sport

Obsah

1. Úvod.....	3
2. Historie a současnost.....	4
2.1 Ve světě.....	4
2.1.1 Amerika.....	4
2.1.2 Austrálie.....	5
2.1.3 Evropa.....	5
2.1.4 Redbull.....	8
2.2 U nás.....	9
2.2.1 Historie.....	9
2.2.2 Současnost.....	10
3. Předpisy.....	11
3.1 Obecně.....	11
3.2 AČR.....	12
3.3 Vývoj pravidel v ČR.....	13
3.4 Současná pravidla.....	14
4. Teorie řešení.....	15
4.1 Pneumatiky a kola.....	15
4.1.1 Pneumatiky.....	15
4.1.2 Kola.....	17
4.2 Zavěšení kol.....	19
4.2.1 Druhy zavěšení.....	19
4.3 Odpružení.....	22
4.3.1 Pružiny.....	22
4.3.2 Tlumiče.....	23
4.4 Řízení.....	26
4.3.1 Geometrie.....	26
4.4 Brzdové zařízení.....	30
4.4.1 Bubnové brzdy.....	30
4.4.2 Kotoučové brzdy.....	31

5. Konstrukční řešení jednotlivých částí minikáry	33
5.1 Zavěšení kol	35
5.2 Pneumatiky a kola	39
5.2.1 Pneumatiky	39
5.2.2 Kola	39
5.2.3 Výpočet životnosti valivých ložisek	41
5.2.4 Výpočet trvanlivosti ložiska předního kola	42
5.3 Řízení	46
5.4 Brzdové zařízení	49
6. Závěr	53
Seznam použité literatury a internetových zdrojů	54
Seznam použitých veličin	55
Seznam použitých zkratk	56
Seznam obrázků	57
Seznam vevázaných příloh	58
Seznam nevázaných příloh na CD	58

1. Úvod

Závody minikár se řadí do motoristických sportů, i když vlastně nemají motor. Základní princip závodění je tedy v tom, že jediná síla, která minikáru pohání, je tíhová. Absencí motoru se toto vozítko stává ekologickým a nenáročným na provoz.

Velmi dlouhou dobu bylo součástí závodů také zkoušení jezdců z pravidel silničního provozu, díky tomu přispěly minikáry k vylepšení znalostí v této oblasti. Závoděním na minikárách začínali někteří sportovci, kteří později dosáhli výborných výsledků i v jiných motoristických sportech. Za zmínku stojí např. Roman Michalík, mistr Světa v enduru nebo Petr Černý, který se stal dvounásobným mistrem republiky v motokárách.

Na minikárách je vidět i velký technický pokrok, kterého se během postupného vylepšování dosáhlo. Dnes se jen zřídka setkáme s dřevěnými konstrukcemi, používanými v dřívějších letech. Upravovalo se také řízení, geometrie kol, brzdy atd. Podoba káry se od dob počátků tohoto sportu velmi změnila. Důležité je, že se nezměnil pouze vzhled minikáry, ale změnil se převážně jízdni vlastnosti a bezpečnost.

Tato bakalářská práce je druhou částí společného návrhu minikáry. Cílem bude popsat historii a současnost minikárového sportu, uvést předpisy a pravidla jeho provozu, navrhnout varianty koncepčního řešení a konstrukci zadaných dílů minikáry, určené pro závodění v České republice.

Tato práce je rozdělena do několika částí. První část bude pojednávat o historii tohoto sportu a o současných závodech. Další část je zaměřena na pravidla minikárových závodů, které je třeba znát, protože do jisté míry omezují konstrukci minikáry. Třetí část se bude zabývat nejčastěji používaným konstrukčním řešením zadaných dílů. V poslední části budou vybrána vhodná konstrukční řešení a zobrazena na modelu.

2. Historie a současnost

2.1 Ve světě

Vznik prvních závodů se datuje na rok 1934, kdy v USA ve státě Ohio skupinka kamarádů z města Dayton sestrojila závodní minikáry z vyhozených a nepotřebných věcí. O rok později se závod přesunul do města Akron, které se nachází v kopcovitém terénu. Toho roku byly závody financovány firmou Chevrolet, což pomohlo dalšímu rozvoji závodů.

Původní konstrukce minikár byly co nejjednodušší. Nejčastěji se jednalo o jakousi bednu s kolečky. Od toho také vznikl anglický název soapbox. To v překladu znamená bedna od mýdel. Na bednu byla přidělána kolečka a vůz byl připraven na jízdu. Takto nenáročné vozítko se stalo velmi rychle populárním a postupem času se závody minikár rozšířily do celého světa.

Po světě se většinou jezdí buď na rovné nebo zatáčkovité dráze vyznačené balíky či páskami po okraji trati. Pochopitelně jde o dosažení co nejrychlejšího času nebo dojetí do cíle jako první. Závody po celém světě by se daly rozdělit podle pravidel a místa konání do čtyř základních typů závodů: Soapbox derby, Billycart derby, Soapbox race a Soapbox rally.

2.1.1 Amerika

Pod názvem Soapbox derby se jezdí pouze na americkém kontinentu. Ve spojených státech se jezdí na rovných tratích dlouhých 954 stop, kdy dva nebo tři jezdci jedou současně vedle sebe. Vyhrává jezdec, který přejede cílovou čáru v nejlepším čase. Dělí se do tří kategorií:

Stock division pro děti od 8 do 14 let a káry o hmotnosti do 110 liber

Super-stock division pro děti od 10 do 17 let a káry o hmotnosti do 150 liber

Master division pro děti od 10 do 17 let a káry o hmotnosti do 170 liber

Dále se závody dělí na All American Race a Local Championship. Obě skupiny jsou vyčleněny v rámci jednoho závodního klání.

All American Race zahrnuje jezdce z celých spojených států. Na konci dne se v každé kategorii vyhlásí vítěz, který dostane pohár a purpurový plášť symbolizující šampiona.

Local Championship se skládá z jezdců státu, který soutěž pořádá. Zde dostane vítěz zlatý plášť.

Na konci závodění se tedy rozdává šest pláštíků.

Tyto závody minikár se od jejich začátku téměř nezměnily, ale i tak je zde minikárový sport velmi oblíbený a má velkou spoustu fanoušků.

V dalších státech Ameriky se jezdí podle jiných pravidel, upravených především na přizpůsobení počtu jezdců (jiné kategorie) a typ tratě.

2.1.2 Austrálie

V Austrálii se jezdí pod názvem Billycart derby. Jezdí se na zatáčkové dráze, rozdělené pro jízdu dvou minikár zároveň (může být i více). Káráři se měří čas a nejlepší dvě ze všech jízd postupují do finále, kde se utkají o vítězství. Káry mohou jet více kategorií, ovšem do finále se mohou postavit pouze jednou. Závody jsou rozděleny do pěti hlavních kategorií podle věku: pod 7 let, 7-9, 10-12, 12-15 a věkově neomezeno. K těmto kategoriím bývají přidány ještě další doprovodné jako například senioři (nad 65 let), ženy atd. V některých závodech se vyhlašuje nejen nejrychlejší kára, ale také nejlepší vzhled káry nebo nejlepší vzhled jezdce.

V Austrálii existuje ještě jeden druh závodů minikár zvaný Illegal gravity racing.

Illegal gravity racing jsou neoficiální závody konající se na předměstí nebo na vesnici, kdy se sejde několik jezdců (obvykle do deseti), kteří jsou současně odstartováni. Vítězem se stane ten, kdo první dojede do cíle, kde stojí časoměřič. Celá akce probíhá s minimem diváků někdy zcela bez nich, u závodistiště se nachází většinou startér, časoměřič a kameraman.

2.1.3 Evropa

V Evropě se jezdí pod názvem Soapbox rally. Pravidla jsou v každém státě lehce odlišná, nicméně jsou podobná těm po celém světě a to platí i pro káry.

Důležitou soutěží, která se v Evropě jezdí je Mistrovství Evropy zvané Speed Down Championship. Těchto závodů se účastní i čeští jezdci a dokonce se podařilo České republice získat celkem třikrát pořadatelsví (1994,2001,2008). Jezdí se na zatáčkovitých tratích dlouhých většinou 1500-3000 metrů. Tímto sportem se v Evropě zabývá cca 800 jezdců.

Soutěž je rozdělena do devíti kategorií:

Kategorie	Popis	Hmotnost	Věk	S/bez pilota
C1	Speed - car	130 kg	6-9 let	s pilotem
C2	Speed - car	150 kg bez závaží	10-13 let	s pilotem
C3	Speed - car	170 kg	14-17 let	s pilotem
C4	Speed - car	200 kg	18-99 let	s pilotem
C5	Side - car	100 kg	16-99 let	prázdný vůz
C6	Bob - car	320 kg	16-99 let	s posádkou
C7	Carrioli	80 kg	16-99 let	prázdný vůz
C8	Carts	175 kg	16-99 let	s pilotem
C9	Cart junior	150 kg bez závaží	10-15 let	s pilotem

Tabulka 1 Kategorie v mistrovství Evropy [4]



Obrázek 1 - Side - car [4]



Obrázek 2 - Bob - car [4]



Obrázek 3 - Carrioli [4]



Obrázek 4 – Cart [4]

Mistrovství Evropy se jezdí v devíti zemích: Česku, Slovensku, Německu, Belgii, Francii, Itálii, Španělsku, Švýcarsku a Lotyšsku.

2.1.4 Redbull

Soapbox race pořádá společnost Redbull od roku 1999. Minikáry jezdí po rovné ohraničené trati, v některých závodech jejich jízda končí skokem do rybníka. První závod se jel v Belgii a od té doby Soapbox race navštívil 25 zemí světa. Závody se liší tím, že si jezdci vyrábí stroje spíše pro legraci a pobavení publika. Hodnotí se nejen čas sjezdu kopce, ale také vzhled minikáry a pak komičnost jakou jezdec během jízdy předvede. Na trať pak vyrážejí vozítka v podobě banánu či jiného extravagantního vzhledu, záleží pouze na konstruktérově představivosti. Jsou to káry jednoduché konstrukce a skládají se většinou z vyřazených a již nepotřebných dílů.

2.2 U nás

2.2.1 Historie

První konstrukce, které vznikaly v padesátých letech minulého století, byly podobně jednoduché jako americké soapboxy. Byla to vlastně dřevěná podlážka a na ní přidělaná ložiska, která sloužila jako kolečka. Potom docházelo k postupnému vylepšování, jako vyměnění ložisek za kolečka od kočárku, zkonstruování brzd, řízení a usazení sedačky. V takovéto minikáře si jezdci připadali jako opravdoví závodníci a tak vznikly i první závody. Při těchto závodech ovšem docházelo k četným úrazům, protože konstrukce nepodléhaly žádným pravidlům a každý si minikáru stavěl bez ohledu na bezpečnost. A tak se redaktoři časopisu ABC rozhodli zkonstruovat první návod na sestavení minikáry tzv. Sviště. Vzniklo také první pojmenování „hurtovnice“ podle slovenského slova „hurtovat“, které znamená: „dělat rámus, hlomozit“. Pod vedením pionýrské organizace došlo 27. října 1968 k setkání hurtovnic na prvním mistrovství Československé socialistické republiky o pohár časopisu ABC.

Minikáry se staly velmi populárními a tak se brzy ujednalo, že se mistrovství bude na přes rok opakovat. Jak bylo ujednáno, tak se také stalo a protože byl o minikáry velký zájem, byla u pořádání druhého mistrovství i televize. Zájem o závody minikár stále rostl, takže mělo smysl pokračovat v pořádání závodů a jak se zvyšovala prestiž závodů a konkurence jezdců, bylo zapotřebí vymyslet pro hurtovnice vhodnější název, který by se dal přeložit do cizích jazyků a pod kterým by mohly být české závody akceptovány po celém světě. Proto vzniklo z francouzského „minicars“ dodnes uznávané pojmenování minikáry.

Minikáristů stále přibývalo, což dopomohlo pořádání okresních přeborů a oblastních soutěží. S neustálým vylepšováním, jak jezdeckých schopností jezdců, tak konstrukce minikár, se uzpůsobovaly i pravidla závodů, aby se dosáhlo co největší bezpečnosti a také zajímavosti závodů nejen pro jezdce, ale i pro diváky.

Na přelomu osmdesátých a devadesátých let dosáhly minikáry vrcholu. V této době se vydávalo okolo osmi stovek jezdeckých licencí a v České republice se pořádalo zhruba 90 závodů. V době po revoluci docházelo k častým změnám pravidel, hlavně těch, které se týkaly bezpečnosti a to kvůli snaze přiblížit se evropským standardům minikárových závodů. To vedlo ke zvýšení nároků na konstrukci z hlediska bezpečnosti a tím i k vzestupu

finančních nákladů na tento sport. Nejspíš díky rozpadům klubů a ukončení dotování ze strany státu začal u nás minikárový sport upadat.

2.2.2 Současnost

Dnes se minikárovému sportu věnuje malá hrstka jezdců oproti osmdesátým létům, kdy dosáhly minikáry největšího rozmachu. Díky velkému zájmu v minulosti se u nás tento sport dostal na velmi dobrou úroveň a většina jezdců se účastní jak českých tak evropských šampionátů. I když je českých závodníků pomálu, jsou schopni konkurovat jezdcům evropského formátu a ve spoustě případů byli schopni dosáhnout na medailové umístění.

Tento sport je v Čechách velmi málo medializovaný a zajímá se o něj jen hrstka nadšenců. Všeobecně se o něm u nás ví velmi málo. Dokonce je možné, že někdo neví ani o jeho existenci. I když jsou čeští jezdci celkem úspěšní, najít nové talenty a zájemce o tento sport není snadné. Možná je to dáno finanční náročností, protože s jednoduchými konstrukcemi se již konkurovat nedá a ani by neprošly přejímkami z hlediska bezpečnosti nebo je možná větší zájem o jiné sporty.



Obrázek 5 – Vzhled současné minikáry [7]

3. Předpisy

3.1 Obecně

Minikára je jednomístné bezmotorové vozítko se čtyřmi koly pohybující se pouze působením gravitace. Je určené především pro děti, avšak nic nebrání v jízdě i dospělým lidem. Minikáry jsou konstruovány pro závodění a trénování na vyznačených tratích, nikoli pro běžný provoz.

Závody by se daly rozdělit na dva typy: sjezd a slalom. Oba typy závodů se jezdí na asfaltových silnicích a základní pravidla jsou v podstatě podobná. Rozdíl je v tom, že slalom se jezdí kolem plechovek nebo kuželů, které by neměly být srazeny, jinak čeká jezdce penalizace. Při slalomu se také dosahuje mnohem menších rychlostí než při sjezdu, kde se může jednat až o rychlost 100km/h. Slalomová disciplína se jezdí speciálně u nás a na Slovensku.

Sjezd se jezdí v Americe, Austrálii a Evropě. Existuje mnoho různých typů závodů. Od oblastních, organizovaných hrstkou nadšenců, po oficiální závody jako mistrovství Evropy. Podle oficiality závodů se pak odvíjí úroveň konstrukce minikáry a pravidla. Oblastní závody se jezdí spíše pro pobavení jak diváků, tak jezdce, naproti tomu v mistrovství už se jedná o body a závod mnohdy rozhodují vteřiny času.

3.2 AČR

O závody se u nás stará Svaz minikár Autoklubu ČR, který každoročně vydává ročenku s národními sportovními řády, ve kterých jsou zapsány organizační pokyny a pravidla pro daný rok. Jezdí se většinou slalom, ale nic nebrání pořadatelům zorganizovat závod jako sjezd nebo zkombinovat obojí dohromady.

Podle pravidel autoklubu se jezdci dělí podle věku do těchto kategorií:

M1 od 4 do 8 let

M2 od 9 do 12 let

M3 od 13 do 16 let

M4 od 17 do 20 let

M5 od 21 let

M3D děvčata od 13 do 18 let

Z oficiálních ryze sjezdových závodů se u nás jezdí mistrovství Evropy a to pouze, když dostane Česká republika pořadatelství. Závody obstarává Speed down Czech při Ústředním Automotoklubu ČR. Platí stejné rozdělení do kategorií jako v Evropě popsané v tabulce 1. Porovnáním tabulek 1 a 2 zjistíme, že vedle věkového rozdílu se liší slalom a sjezd ještě v hmotnosti káry.

3.3 Vývoj pravidel v ČR

V počátcích minikárového závodění nebyla žádná oficiální pravidla. A tak záleželo na pořadateli, jaká pravidla si vymyslel, viz. příloha č.1. Později se ustanovilo, že se budou závody konat na zhruba půl kilometrové trati a na startu se seřadí dvě až čtyři minikáry, které sjedou kopec současně, zcela určitě s nějakým pošťuchováním a vrážením do sebe. Takovýto průběh závodů je dnes z bezpečnostního hlediska zcela nemyslitelný.

Od doby, kdy se konalo první mistrovství republiky, se na závody hlásilo více a více závodníků a tak bylo zapotřebí zaručit určitou bezpečnost závodů. Vylepšovaly se nejen káry ale i tratě. V roce 1974 bylo rozhodnuto o tom, že se již nebude jezdit hromadně a na trati budou slalomové úseky, díky kterým se zmenší rychlost minikár. O rok později se káry rozdělily na dva typy: formule A osazená kluznými ložisky a formule B s valivými ložisky. Minikáry tak byly rozděleny podle věku a typu ložisek do čtyř kategorií pro kluky a jedné pro dívky, aby nebyl nikdo zvýhodněn. Pravidla se musela stále vylepšovat, protože někteří jezdci dokázali najít způsob jak je obejít a zvýhodnit se oproti ostatním.

V roce 1982 došlo ke zrušení rozdělení minikár podle použitého druhu ložisek a změnilo se rozdělení do věkových kategorií s tím, že jedna kategorie přibyla a věkové hranice se posunuly. V dalších letech se věkové hranice jednotlivých kategorií neustále měnily.

Roku 1992 došlo k výraznému změnění pravidel. Zvýšilo se předchozí omezení průměrné rychlosti z 30km/h an 36 km/h, minikáry mohly mít nyní brzděné obě nápravy (do té doby mohly mít brzdy pouze na zadní nápravě), povolilo se odpružení sedačky a změnilo se povolené rozměry.

Další změny v následujících letech se týkaly opět věku jezdců a došlo také ke zrušení testů z pravidel dopravní výchovy, která byla součástí závodů. V roce 1994 došlo k rozdělení dosavadního systému jízd na systém „A“ a „B“. Postupem času kromě změn ve věkových kategoriích přibyla k těmto systémům ještě „Super A“ „ Super B“ a „C“ a zavedlo se povinné vybavení, zabraňující vniknutí slalomové bójky mezi rám a kolo minikáry.

Zde je uveden přehled systémů jízd.

„A“:

každý jezdec jede neměřený a měřený trénink a následně dvě závodní jízdy, ze kterých se počítá výsledek lepší z nich. K celkovému času se připočítávají případné penalizace za sražení

bójky a to dvě sekundy nebo 100 sekund za nedodržení pravidla, že červená bójka se musí míjet levou stranou káry a zelená pravou stranou.

„Super A“:

jezdec startuje ve třech jízdách, ze kterých se vybere jedna nejlepší a podle ní se určí pořadí.

„B“:

startuje se ve třech jízdách a do výsledného pořadí se počítají dvě nejlepší.

„Super B“:

jezdec jede čtyři závodní jízdy, ze kterých se vyberou dvě nejlepší.

„C“:

předem se stanoví počet závodních jízd, které se na konci všechny sečtou, a konečné pořadí se určí součtem všech jízd.[5]

3.4 Současná pravidla

Výtah technických předpisů pro konstrukci minikáry z ročenky vydané Autoklubem České Republiky v roce 2012 je zařazen do přílohy.

4. Teorie řešení

4.1 Pneumatiky a kola

4.1.1 Pneumatiky

Pneumatiky se jako jediné dotýkají vozovky a mají několik základních funkcí.

1. Musí zajistit přesné udržování směru, bez ohledu na stav vozovky nebo klimatické podmínky a musí vydržet příčné síly, aniž by vozidlo opustilo svoji trajektorii.
2. Nesou zátěž vozidla nejen při jízdě ale i když se vozidlo nepohybuje. Dále musí odolat přetížením, která jsou vyvolána brzděním a akcelerací.
3. Pohlcují rázy od nerovností na vozovce.
4. Zajišťují valivý pohyb.
5. Přenášejí výkon vozidla na vozovku a brzdnou sílu.
6. Musí mít dostatečnou životnost. V případě osobních aut by měly vydržet miliony otáček, u závodních aut alespoň jeden závod nebo určitý počet kol.

Tyto funkce by měly pneumatiky poskytovat celou svoji životnost. Jak dlouhá životnost záleží na tom, jak se o pneumatiky bude uživatel starat a jaký jízdní styl zvolí. Důležité je čas od času kontrolovat opotřebení a tlak v pneumatikách.

Rozlišujeme pneumatiky bezdušové a s duší.

Na obrázku 6 je popsána bezdušová pneumatika. Duše je nahrazena vnitřní gumou, která zabraňuje úniku vzduchu.

Další částí je kostra z kordových vláken, jež zajišťuje držení tvaru a odolnost proti tlaku. Kordová vlákna mohou být vyrobena z umělého hedvábí, polyesteru, oceli nebo polyamidu. U závodních pláštíků ze syntetických vláken např. kevlar. Vliv na vlastnosti pneumatiky má mimo materiálu ještě orientace kordových vložek. Pneumatiky pak rozdělujeme na diagonální a radiální.

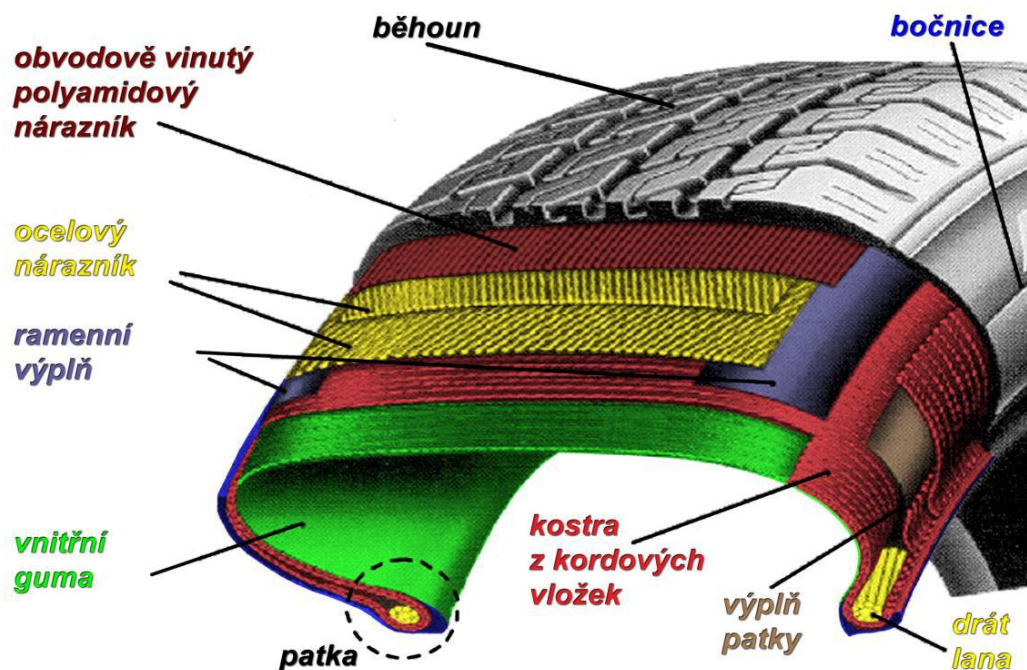
Diagonální pneumatiky mají sudý počet kordových vložek s orientací vláken $<90^\circ$ od směru tečné rychlosti. Přes vlákna se přenáší síla do patky a ty se pak po sobě smýkají, přičemž vzniká teplo.

Radiální pneumatiky nemají vlákna zkřížena, ale mají vnitřní vlákna uložena pod úhlem 90° ke směru pohybu pneumatiky a vnější vlákna jsou ve směru rovnoběžném. Počet vložek nemusí být sudý.

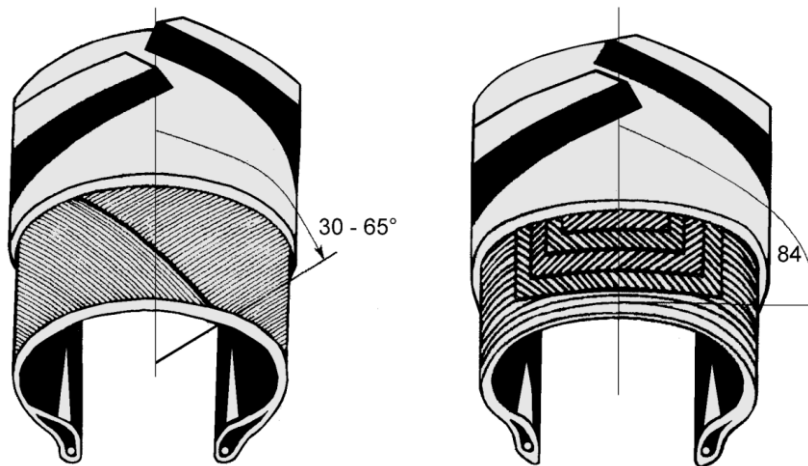
Dále je zde patka pláště, kam se umísťují patní lana pro zajištění pneumatiky v ráfku. Patka má za úkol přenášet výkon a brzdný moment z ráfku do pneumatiky. Na bocích najdeme pryžové bočnice, pomáhající chránit pneumatiku před nárazy o obrubníky, díry apod.

Část dotýkající se vozovky se nazývá běhoun. Je vzorkovaný a musí být vyroben tak, aby byl schopen odolávat velkým tlakům a opotřebení. Měl by být v co nejlepším kontaktu s vozovkou a neměl by se moc zahřívat.

Pod běhounem se nachází nárazník složený z ocelových a polyamidových lanek, které jsou do sebe slepeny. Nárazník zabraňuje natahování pneumatiky, které je způsobeno odstředivou silou. Dále odolává tlakům při změně směru jízdy a také absorbuje nárazy způsobené nerovnostmi povrchu. [1]



Obrázek 6 - Řez radiální pneumatikou [8]



Obrázek 7 - Řez diagonální (vlevo) a radiální pneumatikou [8]

4.1.2 Kola

Kolo automobilu se skládá ze střední nosné části a ráfku. Podle střední nosné části lze kola rozdělit na disková, paprsková, hvězdicová, drátová.



Obrázek 8 - Diskové kolo



Obrázek 9 - Hvězdicové kolo



Obrázek 10 - Paprskové kolo



Obrázek 11 - Drátové kolo

U automobilů se používají disková kola vyrobená z oceli a hvězdicová nebo paprsková kola vyrobená ze slitin hliníku a hořčíku. Drátová kola se používala dříve, dnes se nejčastěji využívají u motocyklů.

Kola jsou přimontována k náboji pomocí šroubů, které mohou být zároveň středící. Vystředění se docílí pomocí matic nebo šroubů s kulovou dosedací plochou. Středění může být taktéž provedeno na hlavách kol (nábojích). U drátových kol se kolo vystředí postupným napínáním drátů.

Ráfek je část, do které dosedá pneumatika. Spojení ráfku a pneumatiky musí být provedeno tak, aby nedocházelo k prokluzu a mohly být přenášeny svislé, boční a obvodové síly. [1]

Ráfek je složen z těchto částí:

- a) opěrných ploch, které zabraňují vyklouznutí pneumatiky do boku
- b) dosedacích ploch, skloněných o určitý úhel. Tyto plochy zajišťují přenos obvodových sil
- c) prohloubení ráfku umožňující montáž pneumatiky

4.2 Zavěšení kol

Zavěšení kol zajišťuje spojení kol a rámu vozidla. Další funkcí je umožnění relativního pohybu vzhledem k rámu. Zavěšení přenáší svislé síly, podélné síly, příčné síly a momenty podélných sil od vozovky do karoserie.

Pro konstrukci osobních automobilů je třeba zajistit určitý jízdní komfort, přesné vedení kola, nízké provozní náklady, minimální rozměry a hmotnost. Při výrobě zavěšení je třeba volit kompromis, protože se jednotlivé vlastnosti mezi sebou vylučují.

4.2.1 Druhy zavěšení

Rozlišujeme dva typy zavěšení

1. závislé
2. nezávislé

Mezi závislé zavěšení řadíme tuhou nápravu a mezi nezávislé nápravy patří lichoběžníková, MacPherson, kliková, kyvadlová a víceprvková.

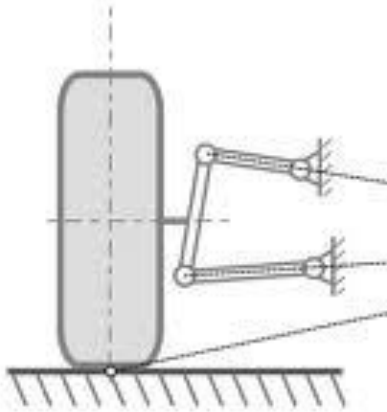
Tuhá náprava

Obě kola jsou pevně uložena na společném nosníku a celé zavěšení tak tvoří jedno těleso. Náprava je pak odpružena například listovými pružinami. To znamená, že velké množství hmotnosti zůstává neodpruženo a kola jsou na sobě závislá.

Tuhá náprava s určitými modifikacemi se používá většinou u nákladních automobilů.

Lichoběžníková náprava

U této nápravy kola pruží samostatně. Nápravu tvoří dvě trojúhelníková ramena, která jsou ve dvou bodech uložena příčně nad sebou. Ramena se vyrábí co nejvíce rozevřená, kvůli rozložení sil v uložení. Při nájezdu na překážku dojde k propružení nápravy a tím i ke změně odklonu kola, sbíhavosti a rozchodu kol. To lze redukovat správnou volbou délek ramen.



Obrázek 12 – Schéma lichoběžníkové nápravy [1]

MacPherson

Tato náprava vychází z lichoběžníkové nápravy. Vrchní rameno je nahrazeno hydraulickým tlumičem, uloženým v kloubu. Protože tlumič slouží jako vedení, vznikají na jeho konstrukci vyšší nároky. Další nevýhodou je že, při propružení dochází ke změně odklonu, což má za následek zhoršení jízdních vlastností. Výhodou oproti lichoběžníkové nápravě má MacPherson v tom, že jde o velmi jednoduchou konstrukci s nízkým počtem dílů a svojí kompaktní konstrukcí šetří místo, což je důležité hlavně u vozidel s motorem vpředu.

Takovýto způsob zavěšení se používá u vozů nižší a nižší střední třídy.

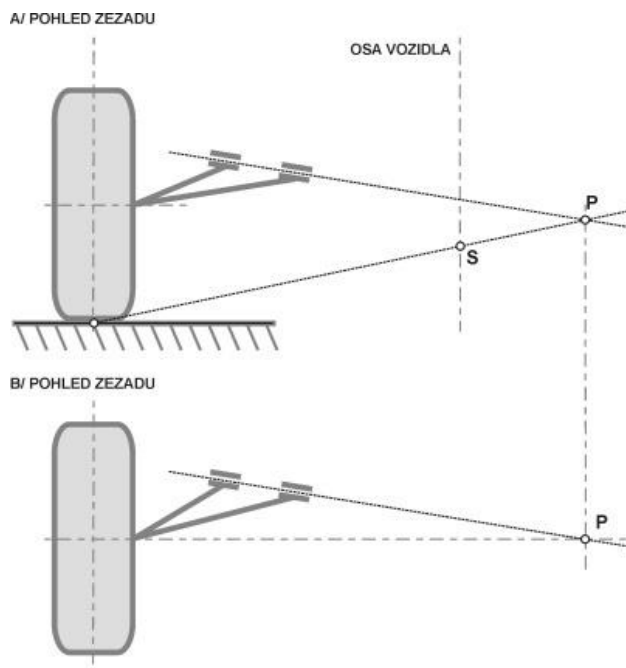
Kliková náprava

Kliková náprava je sestavena z podélných ramen uložených v pryžových ložiskách. Jedná se o jeden z nejjednodušších způsobů zavěšení kol. Ramena se kývou kolem příčné osy a díky tomu nedochází při propružení ke změně odklonu kola. To se však nedá říci při průjezdu zatáčkou, kdy při naklánění vozidla dochází ke změně odklonu kola .

Největší výhody jsou v jednoduchosti a malé prostorové náročnosti.

Kyvadlová úhlová náprava

Kyvadlová náprava konstrukčně vychází z klikové nápravy. Osa kývání již není příčná, ale šikmá. K uchycení kola se používá trojúhelníkové rameno, které je uchyceno stejně jako u klikové nápravy pryžovými ložisky. Díky šikmé ose kývání nedochází k tak razantní změně odklonu jako u klikové nápravy. Používala se dříve většinou jako zadní hnací náprava.

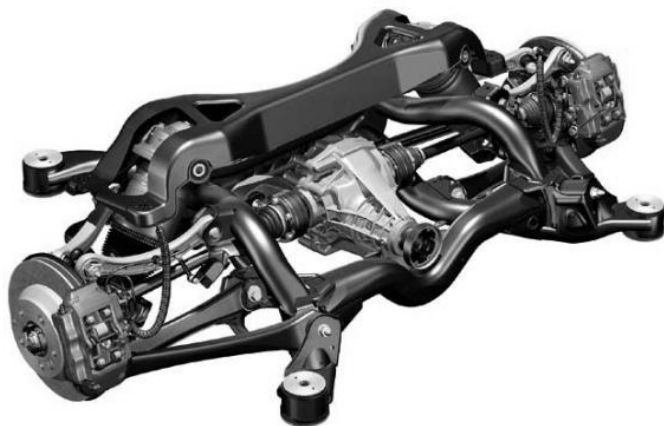


Obrázek 13 - Schéma kyvadlové nápravy [1]

Víceprvková náprava

Úpravou lichoběžníkové nápravy s použitím tří, čtyř nebo pěti ramen vznikne náprava víceprvková. Jedná se o nejsložitější systém zavěšení, který se používá. Vhodným navržením ramen se omezí možnost naklápění kola a tím se dosáhne výborných jízdních vlastností. Z hlediska přenosu sil jsou ramena namáhána hlavně tahovým a tlakovým zatížením. Toho se docílí uložením ramen do kulových čepů.

Nevýhoda tohoto řešení je ve větší prostorové a cenové náročnosti. Naproti tomu má výhody v jízdních vlastnostech a komfortu.



Obrázek 14 - Víceprvkové zavěšení přední nápravy [6]

4.3 Odpružení

Odpružení má za úkol vytvořit pružný spoj mezi nápravou a rámem vozidla. Pružné spojení zabraňuje prudkým otřesům a zlepšuje tím komfort, jízdní vlastnosti a životnost vozidla. Důležité je zabránit vzniku vlastních frekvencí odpružení, proto se k pružinám přidávají tlumiče, které zabraňují velkému rozkmitání karoserie.

4.3.1 Pružiny

Pružiny jsou akumulátory mechanické energie. Přeměňují mechanickou energii na pružnou deformaci materiálu.

Způsob zpracování pružin se dá rozdělit podle druhu materiálu

- 1) kovové
- 2) nekovové

Kovové se dále dělí podle způsobu namáhání:

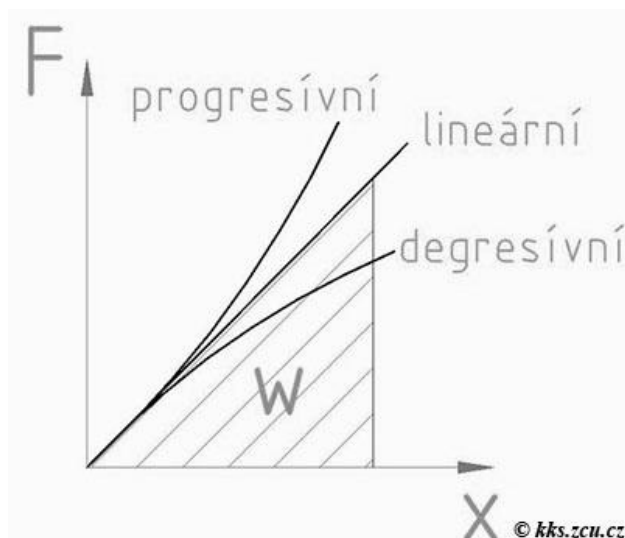
- a) ohybem (listové, spirálové, šroubovitě zkrutné pružiny)
- b) krutem (šroubovitě tažné a tlačné pružiny, torzní tyče)
- c) kombinovaně (talířové, kroužkové pružiny)

Nekovové se dělí na:

- a) pryžové
- b) vzduchové
- c) vzduchokapalinové
- d) pryžokapalinové

Dalším dělením je podle statické charakteristiky:

- a) pružiny s lineární charakteristikou
- b) pružiny s progresivní charakteristikou
- c) pružiny s degresivní charakteristikou



Obrázek 15 - Statická charakteristika pružin [12]

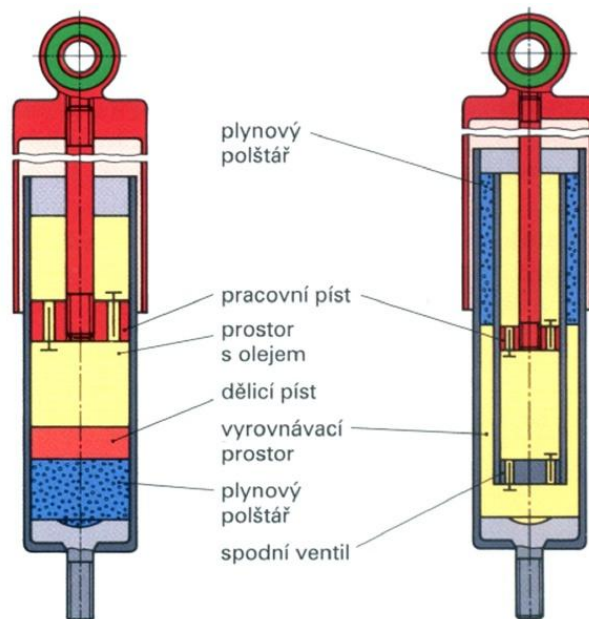
Statická charakteristika je závislost mezi silou působící na pružinu a jejím stlačením. Plocha pod křivkou označuje práci. Progresivní a degresivní pružiny během svého zdvihu mění tuhost. Výhodná je progresivní charakteristika, protože dochází k postupnému „tuhnutí“ pružin. Na začátku zdvihu jsou měkčí a zajistí tak lepší přilnavost při přejezdu menších nerovností. Při najetí na větší nerovnost se pružiny více stlačí a stanou se tvrdšími. Progresivní pružiny jsou například vzduchové nebo šroubovitě tlačné s různým stoupáním. [1]

4.3.2 Tlumiče

Aby nedošlo k rozkmitání vozidla na dlouhou dobu, je třeba k pružinám přidat tlumič. Tlumič přeměňuje mechanickou energii v jinou formu energie např. hydrodynamickým třením v teplo. Nejčastější provedení je kapalinový tlumič. V tomto tlumiči se nachází píst, který v podstatě přetlačuje kapalinu z jedné části do druhé. Přetlačování probíhá úzkým otvorem, ve kterém dochází k intenzivnímu víření a k disipaci (rozpad vířů a molárních částic na jednotlivé molekuly tzn. přeměna kinetické energie vlivem tření na teplo). Tím se utlumí kmitavý pohyb pružiny.

Tlumiče rozdělujeme na pasivní a aktivní. Hlavní rozdíl je řízení a nastavitelnosti tlumiče. Pasivní tlumiče se dají nastavit pouze mechanicky (např. dotažením nastavujícího šroubku, který zmenší škrtící otvor) a proto je třeba zastavit vozidlo. Aktivní tlumiče jsou plynule nastavitelné za jízdy pomocí elektromagnetických součástek a řídicí jednotky vozu.

Mezi pasivní tlumiče patří kapalinové a hydroplynové tlumiče. Kapalinové mohou být jednoplášťové a dvouplášťové.



Obrázek 16 - Jednoplášťový a dvouplášťový hydraulický tlumič[9]

a) Jednoplášťový (obr. 16)

Tento typ tlumiče má jeden plášť, ve kterém je umístěna pístnice s pístem, kapalina a vyrovnávací píst. V pístu jsou malé otvory, jimiž prochází při protlumení kapalina z jedné části pracovního prostoru do druhého. Nad vyrovnávacím pístem je plyn (vzduch), sloužící k vymezení dilatací.

b) Dvouplášťový (obr. 16)

Tlumič tvoří dva pláště, pístnice s pístem a vyrovnávací ventil. Píst s otvory je ve vnitřním plášti, kde přetlačuje kapalinu. Mezi vnitřním a vnějším pláštěm je vyrovnávací prostor, oddělený od prostoru s pístem vyrovnávacími ventily. Vyrovnávací prostor je naplněn zhruba do poloviny a slouží ke kompenzaci tepelné roztažnosti kapaliny.

c) Hydroplynový (obr. 17)

Tento tlumič obsahuje dvě komory. V jedné je kapalina a ve druhé stlačený dusík. Mezi komorami je přepážka se škrtkovými ventily. Píst přetlačuje kapalinu přes škrtkoví

ventil a dále tlačí na membránu, za níž je stlačený dusík. K tlumení dojde, jak průchodem přes škrťací ventil, tak stlačováním dusíku.



Obrázek 17 - Hydroplýnový tlumič z teréni čtyřkolky [10]

Aktivní tlumiče můžou vycházet z pasivních přidáním řídicích prvků nebo mají svojí vlastní konstrukci. Prvním případem může být například tlumič CDC (Continuous Damping Control), jenž vychází z konstrukce dvouplášťového kapalinového tlumiče, akorát je zde řídicí ventil, který je ovládán pomocí elektromagnetického pístku. Ventil pak mění průtok kapaliny a tím se zajistí plynulé řízení tvrdosti tlumiče. Příkladem vlastní konstrukce je například firma Bose, která používá k tlumení lineární elektromotory. Aktivních tlumičů je celá řada a používají se hlavně u luxusních a závodních aut pro docílení komfortu a výborných jízdních vlastností. [1]

4.4 Řízení

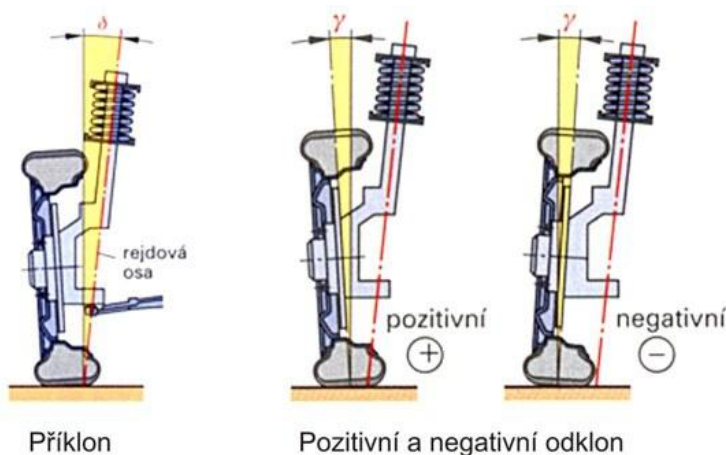
Řízení je určené k udržování nebo změně směru vozidla. Dělí se na řízení jednotlivými koly a řízení celou nápravou. Řízení celou nápravou se používá jen velmi zřídka a to především u nákladních vozidel. U řízení jednotlivých kol bývá běžně řízená jen jedna náprava a to nejčastěji přední.

Základní požadavky řízení:

Řízení by mělo být snadné, rychlé a mělo by se bezpečně ovládat. Celý mechanismus řízení by měl být konstruován tak, aby nevznikaly rázy a kmity. Dále by se mělo řízení po průjezdu zatáčkou samovolně vrátit do přímého směru. Počet otáček volantu z krajních poloh by neměl přesahovat 5. Řídící mechanismus by neměl mít velké vůle.

4.3.1 Geometrie

Řízení má být přesné, lehké a kola by se měla odvalovat při zatáčení i přímé jízdě, proto je nezbytné, aby měla řízená kola určité geometrické odchylky od svislé roviny. Těmito odchylkami se označuje geometrie kol.



Obrázek 18 - Znázornění příklonu rejdivé osy (vlevo) a odklonu [9]

Odklon

Odklon je odchylka střední roviny kola od svislé osy vozidla. Jestliže se vrch kola naklání ven z karoserie, jedná se o kladný odklon.

Při propružení dochází u nezávislého zavěšení ke změně odklonu kola a také vzniká gyroskopickým efektem moment. Tento moment je zachycován v řízení. Mimo to také vzniká vlivem změny odklonu boční síla ve stopě pneumatiky. To znamená, že zavěšení kol s velkou

změnou odklonu je více namáháno, více opotřebovává pneumatiky a zneklidňuje řízení. Proto je záhodné volit zavěšení, u kterého se co nejméně mění odklon.

Při zatáčení se vnitřní kola odtahují od karoserie a vnitřní se ke karoserii přibližují. Je tedy vhodné, aby vnější kola byla na vozovce v zhruba kolmé poloze a byl tedy odklon záporný. Proto se u závodních aut nastavuje záporný odklon.

Sbíhavost

Sbíhavost je úhel mezi podélnou osu vozidla a střední rovinou kola. Kolo je sbíhavé, pokud se jeho přední část přiklání ke karoserii. V opačném případě se jedná o rozbíhavost. Valivý odpor a poddajnost řízení nutí kola k rozbíhavosti. Protože vlivem sbíhavosti vznikají na kolech malé boční síly, které se snaží kola natáčet do přímého směru, je výhodnější nastavovat sbíhavost. U vozidel s předním náhonem mají kola tendenci se sbíhat, proto by bylo výhodnější nastavit rozbíhavost. Ovšem kvůli jízdní stabilitě při jízdě bez plynu se u těchto vozidel nastavuje malá sbíhavost.

Příklon rejdové osy

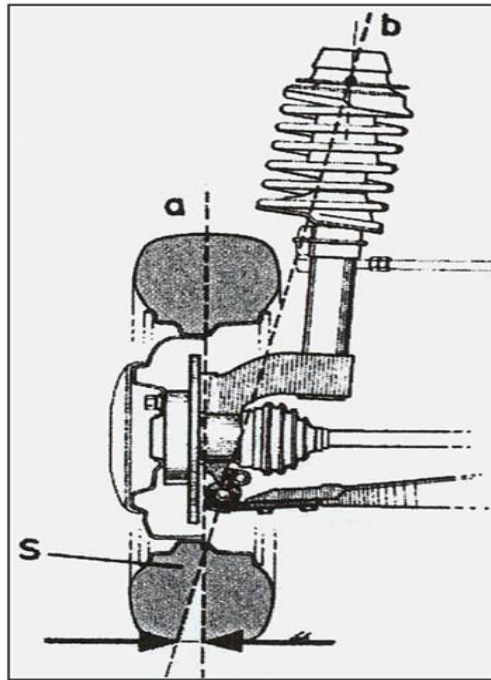
Rejdová osa je u lichoběžníkového zavěšení spojnice horního a spodního kulového čepu. U zavěšení MacPherson je rejdová osa spojnicí horního závěsného ložiska a kulového čepu v rameni a nemusí být totožná s osou tlumiče.

Při zatáčení vzniká vratný moment, který tlačí kola přední nápravy do přímé polohy.

Poloměr rejdu

Poloměr rejdu je vzdálenost středového bodu dotyku od průsečíku rejdové osy s rovinou vozovky. Poloměr rejdu je kladný, pokud průsečík leží uvnitř střední roviny kola, tj. blíže ke karoserii.

Na poloměru rejdu závisí vratný moment. Pokud bude poloměr rejdu záporný, bude vratný moment při brzdění způsobovat sbíhání kol. Pokud bude záporný, kola budou mít snahu se rozbíhat a při přejezdu přes nerovnost budou zhoršovat jízdní stabilitu. Proto se používá buď malý kladný poloměr rejdu či nulový nebo nejčastěji záporný.



Obrázek 19 - Poloměr rejdu [9]

Závlek

Závlek je promítnutá vzdálenost mezi průsečíkem rejdové osy s rovinou vozovky a svislé osy kola do podélné roviny vozidla. Závlek je kladný, když se průsečík nachází před středem styku pneumatiky s vozovkou.

Při pohybu rovně má závlek tendenci narovnávat kolo a udržovat tak směr. Způsobuje také, že při zatáčení má vnější kolo negativní a vnitřní pozitivní odklon.

Záklon

Záklon je průmět úhlu mezi rejdovou a svislou osou kola do podélné roviny vozidla. Kladný směr úhlu se bere při odklonění vzad, pak hovoříme o záklonu a v opačném případě o předklonu. Je to v podstatě stejné jako závlek, akorát se jedná o úhel.



Obrázek 20 - Závlek a záklon rejdové osy [9]

4.4 Brzdové zařízení

Brzdy slouží ke snížení rychlosti vozidla, jeho zastavení nebo zajištění již stojícího vozidla proti pohybu. U osobních automobilů se používají nejčastěji třecí brzdy. Brzdění vozidla třecími brzdami se dosáhne záměrným třením mezi rotujícími a nepohybujícími částmi. V místě, kde dochází k tření, se přeměňuje pohybová energie na tepelnou a proto je nutno brzdy chladit. Nejčastěji jsou brzdy spojeny přímo s nábojem kola.

Druhy brzdění:

- 1) Provozní brzdění - Umožňuje řidiči zpomalit nebo úplně zastavit vozidlo.
- 2) Nouzové brzdění - V případě poruchy provozního brzdění dovoluje zpomalit nebo zastavit vozidlo.
- 3) Parkovací - Udržuje vozidlo zastavené i v nepřítomnosti řidiče.
- 4) Odlehčovací - Umožňuje ustálit nebo snížit rychlost vozidla.

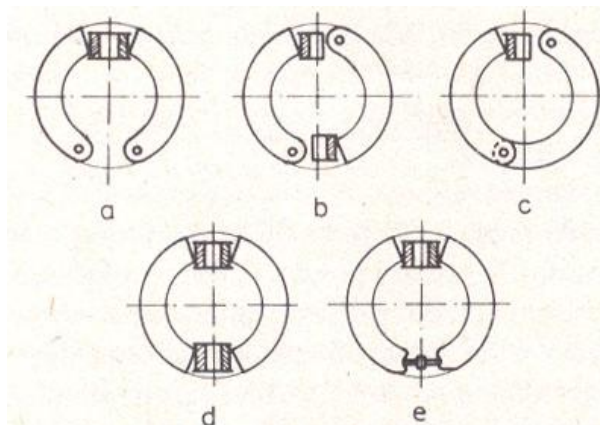
Základními typy třecích brzd jsou bubnové a kotoučové.

4.4.1 Bubnové brzdy

Bubnová brzda je sestavena z brzdového bubnu, brzdových čelistí s obložením a ovládacího mechanismu. Buben rotuje, při sešlápnutí pedálu se ovládacím mechanismem brzdové čelisti přitlačí k bubnu, vznikne tření a potřebný brzdový moment. Ovládacím mechanismem může být hydraulický brzdový váleček, rozpěrná páka nebo brzdový klíč. Brzdové čelisti rozdělujeme na náběžné a úběžné. Náběžná čelist nabíhá na buben ve směru otáčení a úběžná proti směru. Náběžná čelist má větší účinek, proto se vyvinuly tři základní druhy bubnových brzd.

- a) Jednoduchá (simplex) – má jednu čelist náběžnou a jednu úběžnou a nezáleží na směru otáčení bubnu. Obě čelisti řídí jeden ovládací mechanismus.
- b) Dvounáběžná (duplex) – při jízdě dopředu má obě čelisti náběžné a má tedy větší brzdový účinek než jednoduchá bubnová brzda. Při jízdě dozadu má čelisti naopak úběžné a tím i nižší brzdový účinek. Každá čelist je pak ovládaná svým mechanismem.

c) Se spřaženými čelistmi (servo) – má jeden ovládací mechanismus působící na jednu čelist. Čelisti jsou spojeny rozpěrným čepem. Při jízdě vpřed jsou pak obě brzdy náběžné a při jízdě vzad úběžné.



Obrázek 21 - Druhy bubnových brzd [1]

Existují ještě brzdy Duo-Duplex a Duo-Servo, které při jízdě vpřed i vzad působí jako náběžné. Na obrázku případ d) a e)

Vlastnosti bubnových brzd:

Díky tření vzniká moment, který náběžnou čelist přitlačuje k bubnu a posiluje její brzdný účinek. Vznikne tak větší účinná brzdná síla náběžné čelisti než je síla působící z brzdového válce. U úběžné čelisti je síla menší. Protože je brzda zakryta bubnem, je chráněna před vniknutím nečistot. Díky tomu se však hůře chladí a při delším brzdění dochází k poklesu brzdného účinku k tzv. vadnutí. Výhodou je, že konstrukce bubnové brzdy umožňuje jednoduché přidání parkovací brzdy. Další výhodou je také velká životnost.

4.4.2 Kotoučové brzdy

Kotoučová brzda se skládá z brzdového kotouče, třmenu a obložení. Brzdění se dosáhne tak, že se brzdové obložení přitlačí ke kotouči, který je pevně spojen s kolem, a vlivem tření dojde k přeměně kinetické energie na teplo.

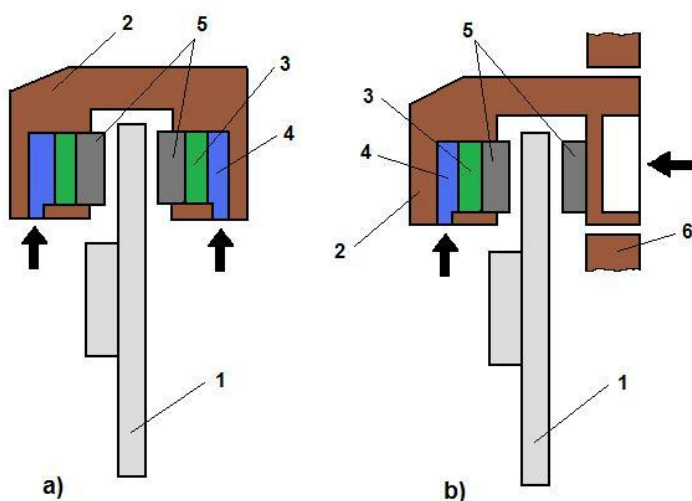
Podle způsobu zpracování rozdělujeme kotoučové brzdy na dva základní druhy:

a) Kotoučová brzda s pevným třmenem

Hydraulické válce jsou usazeny proti sobě na obou stranách kotouče. Při sešlápnutí brzdového pedálu se obě brzdová obložení současně přitisknou ke kotouči a přenesou brzdovou sílu do třmenu. Ten musí být pevně uchycen k rámu, aby nedošlo k jeho protočení.

b) Kotoučová brzda s plovoucím třmenem

Hydraulický válec je jen na jedné straně kotouče. Třmen je pohyblivý ve směru osy kotouče. Tím, že se brzdové obložení na jedné straně přimáčkne ke kotouči, dojde k posunutí třmenu a následnému přimáčknutí druhého obložení.



Obrázek 22 - Kotoučová brzda s pevným třmenem (vlevo) a kotoučová brzda s plovoucím třmenem [11]

Vlastnosti kotoučových brzd:

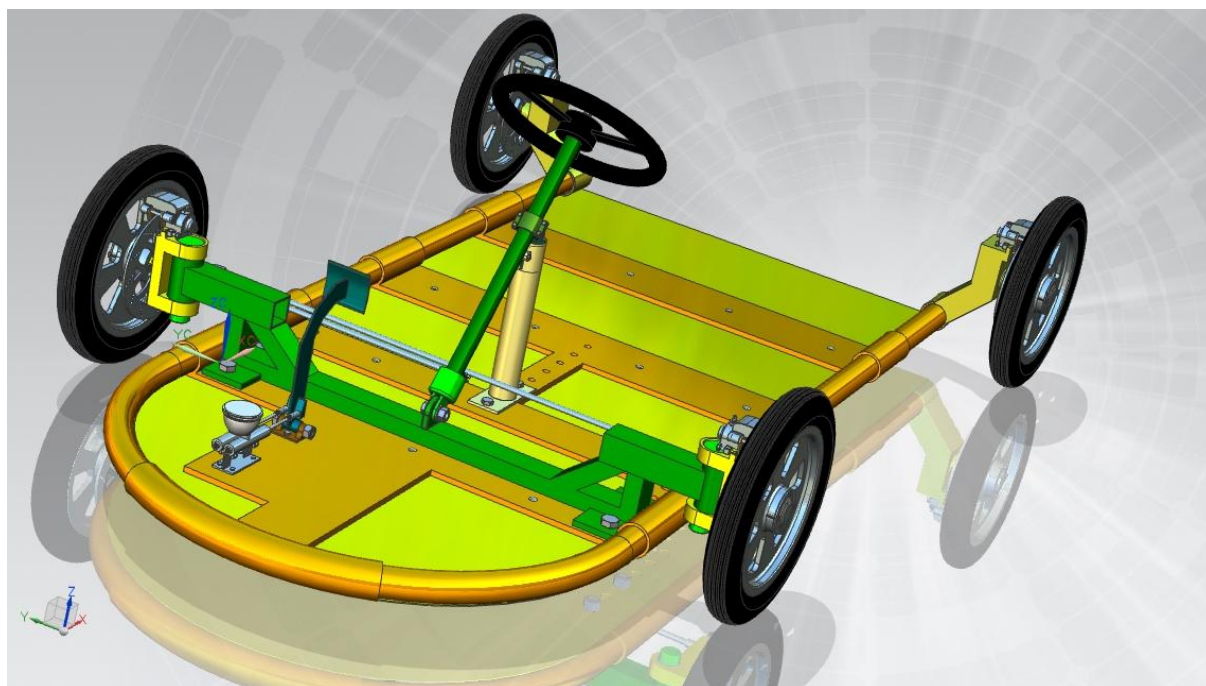
Protože je kotoučová brzda odkryta, je náchylnější k zašpinění i poškození oproti bubnové brzdě. Ovšem má to i svou výhodu a to v lepším chlazení. Díky dobrému chlazení si brzda zachová dlouhodobě dobrý brzdící účinek. Dále je možné zvětšením průměru kotouče dosáhnout výrazně většího brzdného účinku. Kotoučová brzda je uzpůsobená na hydraulické ovládání, proto je konstrukčně složitější ji použít jako parkovací brzdou.

Dnes se kotoučová brzda používá téměř u všech osobních automobilů.

5. Konstrukční řešení jednotlivých částí minikáry

Než začneme minikáru navrhovat, je nutné vědět, pro jaký typ závodů chceme minikáru stavět. Dále je potřeba znát tělesné parametry jezdce. V tomto případě chceme postavit minikáru, která by měla být schopna účastnit se slalomových závodů. Tudíž musí vyhovovat pravidlům pro slalom. Je to z toho důvodu, že v České republice se závodí především ve slalomu. Dalším aspektem je řidič, pro kterého bude minikára sestrojena. Zde je třeba počítat s určitou univerzálností. Tato minikára bude postavena pro dospělého jezdce. Limitujícím faktorem zde bude hmotnost jezdce a výška, tudíž bude pro většinovou skupinu lidí, pohybující se v určitém rozmezí hodnot hmotnosti a výšky. Zde je třeba nastavit toto rozpětí tak, aby svou konstrukcí minikára neporušovala pravidla pro konstrukci minikár a také aby se nesnížily jízdní vlastnosti stroje. Konkrétně je v pravidlech napsáno, že hmotnost stroje s jezdce nesmí přesáhnout 170 kilogramů. Budeme se snažit dosáhnout hmotnosti těsně pod tuto danou hranici, aby minikára při jízdě dosahovala co možná nejvyšší možné hybnosti. Nejlepším způsobem jak dostatečně přesně regulovat hmotnost minikáry je zhotovit její prvky co nejlehčí a hmotnost doplňovat závažími, které umožní nastavit rozložení hmotnosti podle potřeby. Další možností je zhotovit těžký rám a ostatní části odlehčit, protože chceme těžiště dostat co nejnižší a rám je nejspodněji uloženou částí minikáry. Toto řešení má nevýhodu v tom, že jezdci, kteří budou chtít s minikárou závodit, budou omezeni hmotností, protože rám sám o sobě je nejtěžší částí minikáry, ať už je zhotoven z lehkých slitin nebo z oceli. Nicméně pokud bude vyroben z oceli, musíme počítat s nárůstem hmotnosti. Rám je však řešen v práci A a v této práci se jím podrobněji zabývat nebudeme.

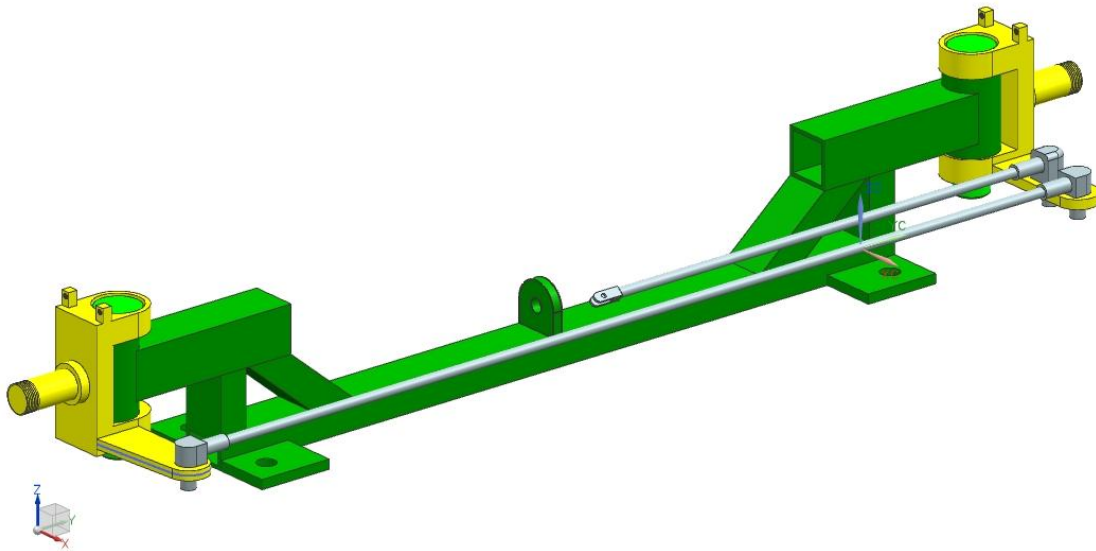
Pro vytvoření představy o budoucí minikáře byl vytvořen modelový koncept jednotlivých dílů, které pak byly sestaveny dohromady. I když se v této části práce některými prvky nezabýváme (rám, ovládací prvky atd.), jsou do sestavy pro lepší představu zařazeny. Koncept minikáry je zobrazen na obr. 23.



Obrázek 23 - Model minikáry

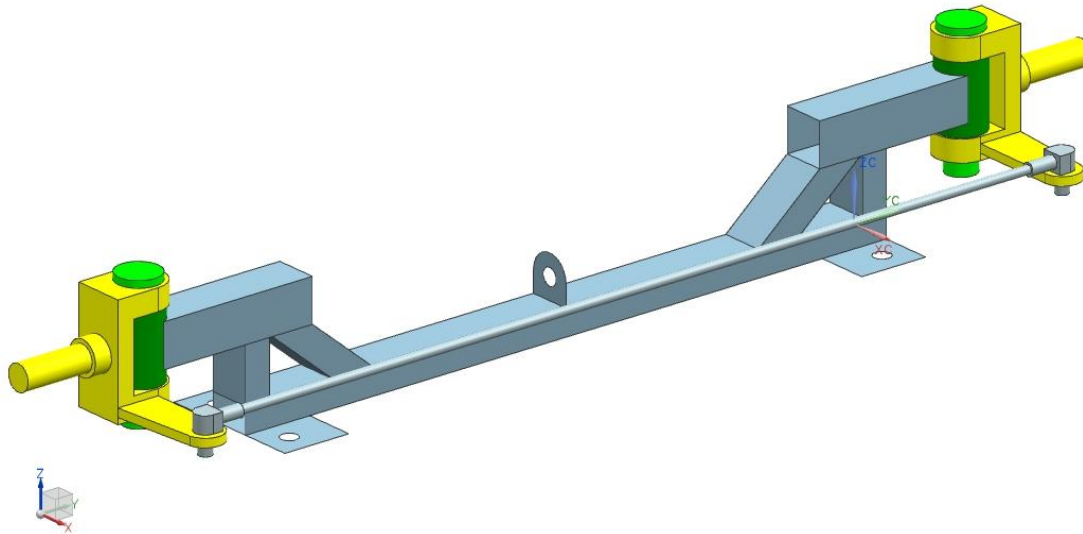
5.1 Zavěšení kol

Protože je podle pravidel zakázáno používat jakékoli odpružení kol, můžeme použít pouze tuhou nápravu. Pro dobré jízdní vlastnosti v zatáčkách je výhodné mít těžiště co nejbližší k vozovce, protože odstředivá síla vyvolá moment, díky kterému mají vnitřní kola tendenci se nadzvedávat. Chceme, aby se minikára nepřevracela a aby měla při průjezdu zatáčkou vnitřní kola co největší možný kontakt s vozovkou. Proto nebudou kola přidělána rovnou k rámu, ale bude zde tuhá náprava, která sníží těžiště. Konstrukční návrh zavěšení je na obr. 24. Model je sestaven z jáklů s tloušťkou stěny 4mm.



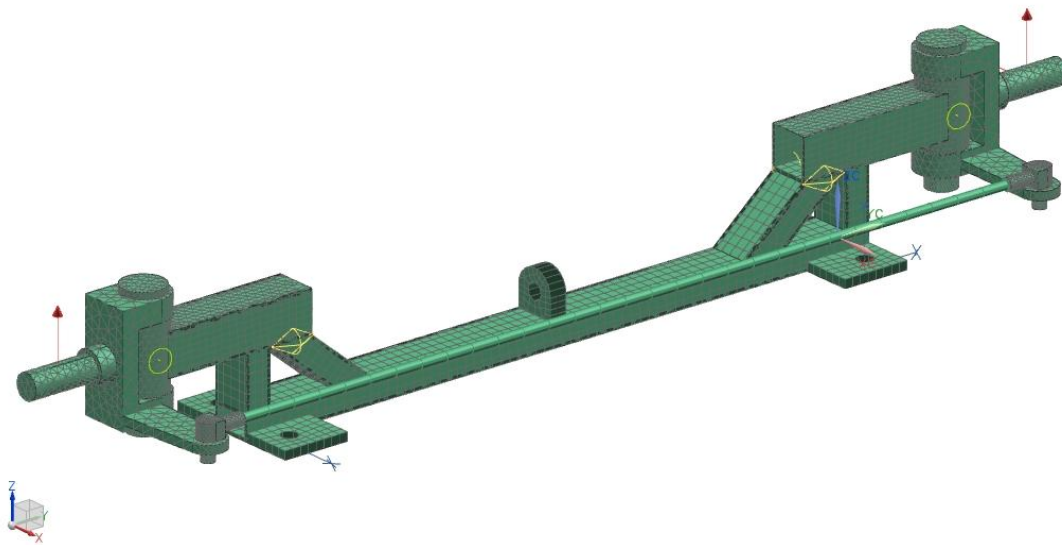
Obrázek 24 - Konstrukční návrh tuhé nápravy

Tato navržená náprava byla podrobena analýze MKP. Před vysítováním a simulováním zatížení bylo třeba model zjednodušit. Zjednodušení se týkalo hlavně závitů, zaoblení a sražení hran, nahrazení některých 3D prvků 2D prvky a odstranění prvků, které na pevnost nápravy nemají vliv. Zjednodušení je zobrazeno na obr. 25.



Obrázek 25 - Idealizovaná náprava minikáry

Poté byl model vysíťován, zatížen a uchycen obr. 26. Zvoleným materiálem byla konstrukční ocel, která je standardně přednastavena v programu Siemens NX. Sestava byla uchycena za šrouby a staticky zatížena v oblastech, kde se nacházejí ložiska kol. Jsou zde dvě zatížení, první je zatížení na náboje kol reprezentující hmotnost jezdce společně s minikárou. Toto zatížení je vlastně reakční silou působící v oblasti kol proti hmotnosti jezdce a minikáry. Další je zatížení simulující zatáčení. K prvnímu zatížení je přidáno zatížení nápravy z jedné strany ve směru y a z a na druhé straně je zakázán pohyb v ose x. Toto zatížení by mělo vyjadřovat prudké zatáčení minikáry. Síla obou zatížení je 1000N.

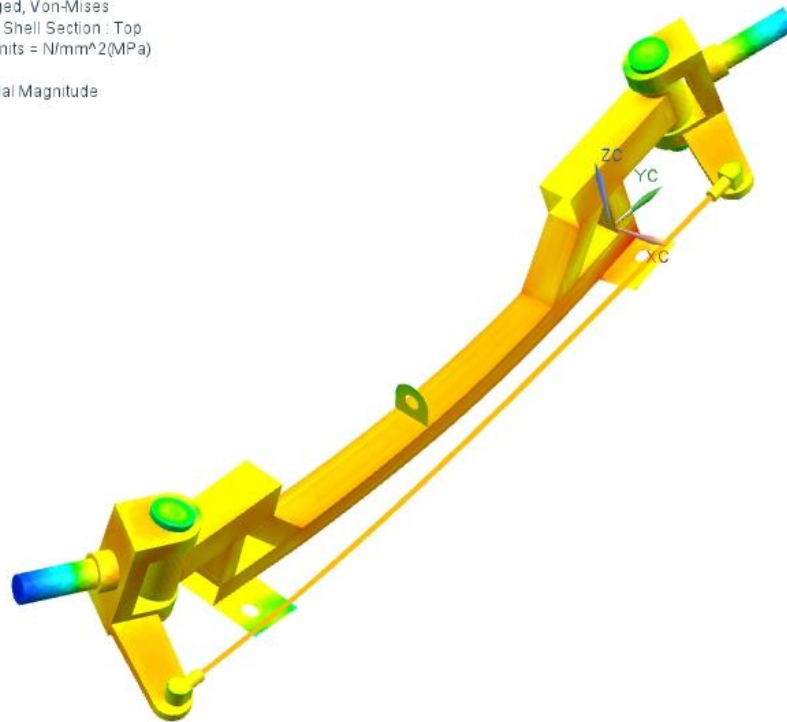
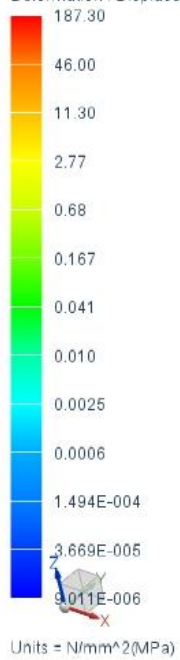


Obrázek 26 - Vysíťovaný, uchycený a zatížený model nápravy

Výsledek simulace je na obr. 27. Nejvyšší napětí je 187,3 MPa a nachází se v oblasti uchycení nápravy k rámu. Toto napětí je vysoké a podle výsledků MKP analýzy by chtělo toto uchycení ještě zesílit. Nicméně uvedená zatížení jsou jen orientační a MKP analýza nám spíše ukazuje, na která místa bychom si měli dát pozor.

Zadní zavěšení kol bude přímo navařeno k rámu. Protože je součástí rámu, jeho MKP analýza by byla nad rámec této práce.

naprava_sim : Solution 1 Result
Subcase - Loads, Constraints 1, Static Step 1
Stress - Element-Nodal, Unaveraged, Von-Mises
Beam Section : Recovery Point C, Shell Section : Top
Min : 9.011E-006, Max : 187.30, Units = N/mm²(MPa)
Beam Coord sys : Local
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



Obrázek 27 - Výsledek MKP simulace

5.2 Pneumatiky a kola

5.2.1 Pneumatiky

Pneumatiky mají být podle pravidel sériové výroby. Zde jsme při výběru limitováni, protože se na minikáry pneumatiky sériově nevyrábí a je třeba je sehnat z nějakého jiného vozidla.

Pravidla určují, že musíme dodržet maximální průměr 450mm. Budeme se snažit najít pneumatiky, které jsou co nejbližší povolenému průměru, protože menší kola se při stejné rychlosti musejí otáčet větší úhlovou rychlostí a tím snižují nejen životnost ložisek v kolech, ale i zvyšují ztráty vzniklé třením v ložiskách. Pro dosažení minimálního valivého odporu je třeba volit co nejužší profil pneumatik. Avšak při zatáčení a brzdění je třeba větší styčná plocha pneumatik s vozovkou a tudíž jsou vhodnější široká kola. Je nutné najít kompromis v šířce pneumatik.

Vzorek běhounu je nutné volit podle počasí a typu tratě. Nicméně se nám nejspíše nepodaří sehnat více než jeden druh pneumatik. Volíme proto pneumatiky zobrazené na obr. 28, které mají ve vzorku podélné odvodňovací kanály a jsou dostupné např. z invalidních vozíků. Použijeme pneumatiky s duší.



Obrázek 28 - Model pneumatiky

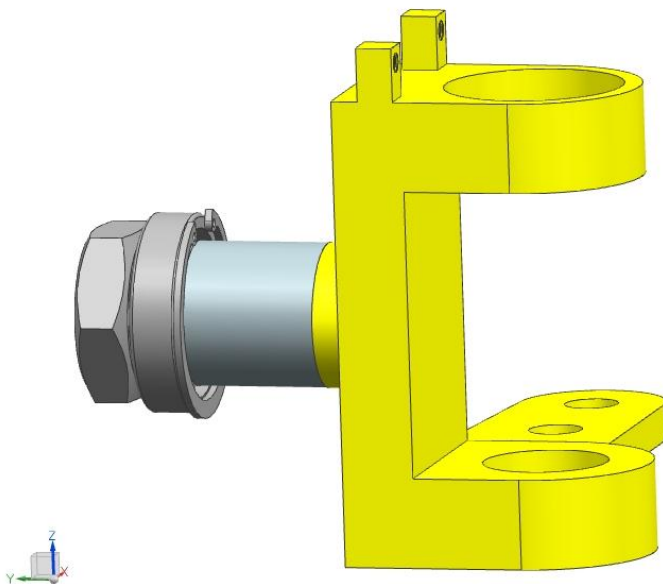
5.2.2 Kola

Kola musí být kompatibilní s pneumatikou a tak je budeme shánět nejspíše společně s pneumatikami. Na obr. 29 je vymodelováno kolo, které bychom chtěli použít. Jedná se o paprskové kolo vyrobené z lehkých slitin, aby bylo lehké. Kola budou v hřídeli uložena

pomocí kuličkových ložisek SKF 61902. Ložiska budou v kole zajištěna pomocí osazení kola z venkovní strany a ze strany vnitřní bude pojistný kroužek. Na hřídeli bude ložisko rozepřeno pomocí vymešovací trubky a staženo maticí, jak je zobrazeno na obr. 30.



Obrázek 29 - Model kola s ložiskem



Obrázek 30 - Způsob uchycení ložiska

5.2.3 Výpočet životnosti valivých ložisek

Bezpečnost uložení při statickém zatížení [2][13]

Statická únosnost se používá, když se ložisko otáčí rychlostí menší než 10 otáček za minutu nebo provádí velmi pomalý oscilační pohyb. Rovněž je třeba kontrolovat bezpečnost při krátkodobém zatížení např. při rázu.

C_0 [N] – statická únosnost. Je to takové zatížení ložiska, při kterém je v nejméně zatíženém místě trvalá deformace rovna jedné desítitisícině průměru valivého tělesa.

$$s_0 = \frac{C_0}{F_0} [-] \quad (1)$$

Kde C_0 ... statická únosnost [N]

s_0 ... bezpečnost

F_0 ... ekvivalentní statické zatížení [N]

Výpočet životnosti ložiska při dynamickém zatížení

Pro výpočet trvanlivosti ložiska, které je pod trvalým zatížením, se používá základní dynamická únosnost ložiska C . Ta vyjadřuje zatížení, při němž ložisko vydrží 1 000 000 otočení.

Trvanlivost udává, kolik otáček nebo hodin provozu vydrží dané ložisko.

Základní trvanlivost ložiska (v milionech otáček):

$$L_{10} = \left(\frac{C}{F_e} \right)^p \cdot 10^6 [ot] \quad (2)$$

kde C · základní dynamická únosnost ložiska [N] (z katalogu ložisek)

F_e · ekvivalentní dynamické zatížení ložiska [N]

P ... exponent rovnice trvanlivosti (kuličkové = 3, ostatní = 3,333).

Základní trvanlivost ložiska v hodinách:

$$L_{10h} = \left(\frac{C}{F_e} \right)^p \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} [\text{hod}] \quad (3)$$

kde n ... otáčky ložiska [ot/min]

Protože ložisko může být zatěžováno jak čistě radiální silou, tak kombinací radiální a axiální síly, zavádíme tzv. ekvivalentní dynamické zatížení, které vypočítáme podle vztahu:

$$F_e = X \cdot F_r + Y \cdot F_{ax}$$

Kde F_r ... Zatížení ložiska v radiálním směru

F_{ax} ... Zatížení ložiska v axiálním směru

X;Y ... Součinitele radiálního a axiálního zatížení ložiska

Hodnoty X a Y zjistíme podle vztahu:

$$\frac{F_{ax}}{F_r} \leq e$$
$$\frac{F_{ax}}{F_r} > e$$

Podle výsledku nerovnosti určíme z tabulek X a Y.

Pro čistě radiální zatížení vyjde $Y=0$.

5.2.4 Výpočet trvanlivosti ložiska předního kola

Budeme uvažovat maximální hmotnost minikáry 150 kilogramů. Hmotnost bude způsobovat radiální zatížení. Použijeme jednořadé kuličkové ložisko SKF 61902. Protože konstruujeme minikáru převážně pro slalomovou disciplínu, budeme uvažovat, že na ložisko působí nejen hmotnostní síla ale i odstředivá síla, která je vyvolána zatáčením. Stanovíme, že střední boční

přetížení při zatáčení je 0,3G. Dále odhadem stanovíme, že se minikára pohybuje průměrnou rychlostí 50 km/h.

Parametry ložiska SKF 6006

Průměr vnitřního kroužku: 30mm

Průměr vnějšího kroužku: 55mm

Šířka: 13mm

Dynamická únosnost: 13,8kN

Statická únosnost: 8,3kN

Přepočítáme hmotnost minikáry na tíhu:

$$G = m \cdot g = 150 \cdot 9,81 = 1471,5[N] \quad (4)$$

kde G ... tíha

m ... hmotnost minikáry

g ... gravitační zrychlení (9.81 m/s^2)

Odstředivou sílu jsme zvolili 0,3 G, která je rovna polovině námi vypočítané tíhy. Tato tíha působí na všechny čtyři kola, pokud budeme uvažovat stejnoměrné rozložení hmotnosti, pak síla na jedno kolo je rovna jedné čtvrtině tíhy. Síla vyvolaná bočním přetížením působí převážně na kola opisující delší poloměr zatáčení, takže tuto sílu nesou právě ty dvě kola na delším poloměru. Ovšem zbylá kola se odlehčí, a protože minikára zatáčí na obě strany, je pak jeden pár kol pod zatížením polovinu času. To znamená, že na jedno kolo působí také čtvrtina celkového bočního přetížení. A protože na kolo působí jen tyto dvě zmiňované síly pak:

$$\begin{aligned} F_r &= G = 367,875[N] \\ F_{ax} &= G = 110,3625[N] \end{aligned} \quad (5)$$

Pro vypočtení X a Y použijeme vztah:

$$\frac{F_{ax}}{F_r} = \frac{110,3625}{367,875} = 0,3 \quad (6)$$

Pro zjištění e musíme znát tzv. relativní axiální zatížení, které je dáno vztahem:

$$\frac{F_a}{C_0} = \frac{110,3625}{8300} = 0,0133 \quad (7)$$

Nyní podle tabulek zjistíme hodnotu e :

$$e = 0,19 \quad (8)$$

Porovnáme s poměrem axiální a radiální síly:

$$0,3 > 0,19$$
$$\frac{F_{ax}}{F_r} > e \quad (9)$$

Z tabulek zjistíme hodnoty X a Y pro dané e :

$$X = 0,56$$
$$Y = 2,3 \quad (10)$$

Tyto hodnoty dosadíme do vzorce pro ekvivalentní zatížení:

$$F_e = X \cdot F_r + Y \cdot F_{ax} = 0,56 \cdot 367,875 + 2,3 \cdot 110,3625 = 460[N] \quad (11)$$

Dále vypočteme počet otáček kola. Protože okamžitá rychlost minikáry je zároveň obvodovou rychlostí kola, jehož poloměr je 195 mm, zjistíme úhlovou rychlost ω , ze které pak vypočteme n .

$$v = \omega \cdot r \quad (12)$$

kde v ... obvodová rychlost [m/s]

ω ... úhlová rychlost [rad/s]

r ... poloměr kola [m]

Vyjádříme ω pro rychlost 50km/h a poloměr kola 195mm:

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{13,88}{0,195} = 71,18[\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (13)$$

n - zjistíme podle vztahu:

$$\omega = 2\pi n$$
$$n = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{71,18}{2\pi} = 11,33[\text{ot} \cdot \text{s}^{-1}] = 680[\text{ot} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (14)$$

Nyní z katalogu ložiska zjistíme dynamickou únosnost C a dosadíme s předchozími vypočtenými do vztahu (3) pro trvanlivost ložiska v hodinách. Protože se jedná o ložisko s bodovým stykem je exponent trvanlivosti p=3.

$$L_{10h} = \left(\frac{C}{F_e} \right)^p \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} = \left(\frac{13800}{460} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 680} = 661764,7[\text{hod}] \quad (15)$$

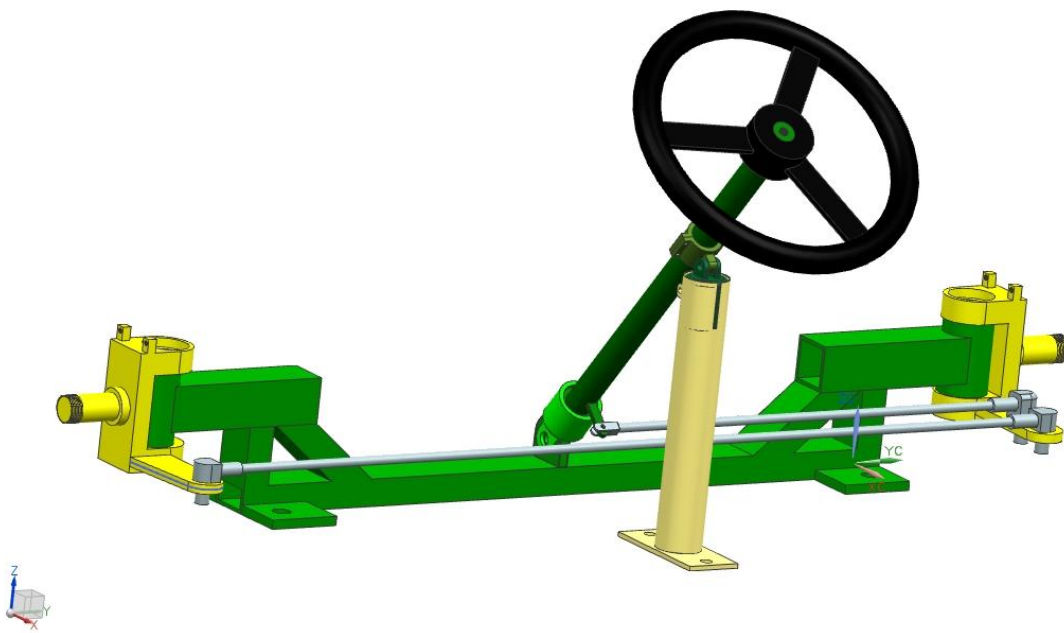
Výsledná životnost je velmi vysoká. Bylo by záhodno dané ložisko vyměnit za jiné s menší životností. Velikost ložiska se ovšem odvíjí od toho, jaká kola budou k sehnání. Proto je možné, že bude skutečné ložisko mít jiné rozměry než to, pro které jsme počítali životnost. Minikára je určena pro kusovou výrobu, proto nebude vadit, že budou ložiska předimenzovaná. Vzhledem k tomu, že je toto ložisko běžně k sehnání je zbytečné kola předělávat nebo hledat jiná. [2][13]

5.3 Řízení

Řízení bude přímé, bez převodky a posilovače. Je tomu tak proto, abychom měli jednoduchou konstrukci, řízení bylo přesné a rychlé.

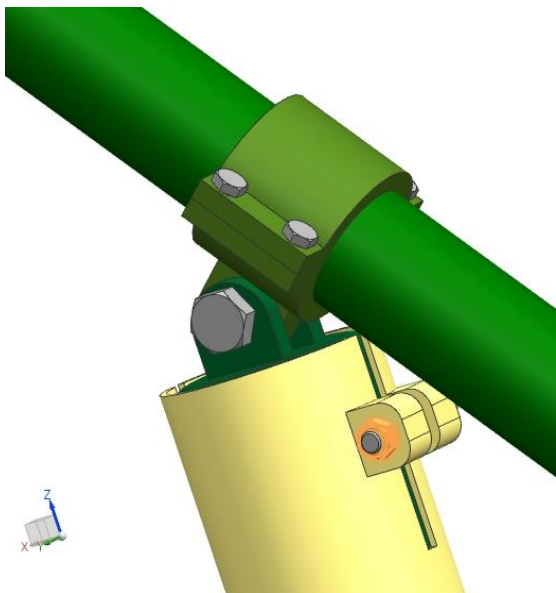
Pravidla říkají, že volantová tyč musí být uchycena minimálně ve dvou bodech, vůle řízení měřená na volantu nesmí přesahovat 20° a rozměr volantu musí být větší než 200mm.

Pro docílení přesného a citlivého řízení použijeme řídicí tyč, uloženou do pravého náboje kola pomocí kulového čepu. Model řízení je zobrazen na obr. 31, čepy a tyče řízení jsou zjednodušené. Tyče spojující oba náboje kol budou uloženy pomocí čepů s malou vůlí, aby byla zajištěna jejich pohyblivost. Pojistkou proti vypadnutí čepu z náboje bude pojistný kroužek. Na obou koncích spojovací tyče budou závity (na jednom pravý, na druhém levý), které budou sloužit pro nastavování sbíhavosti.



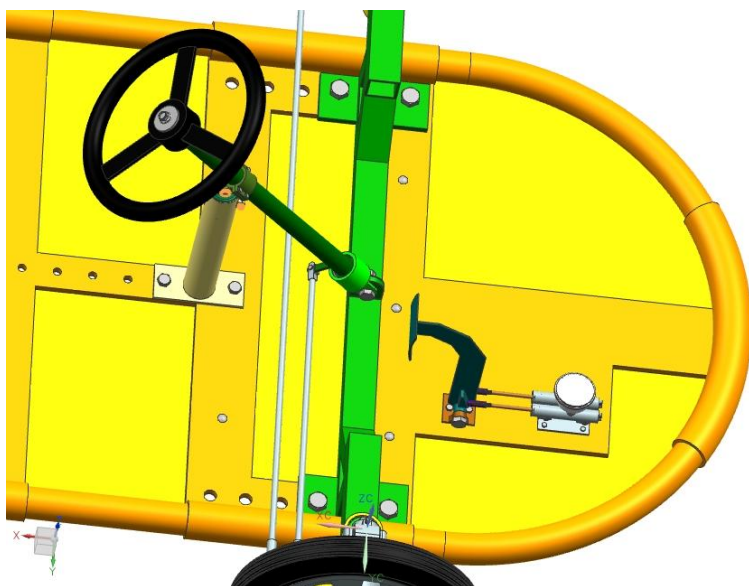
Obrázek 31 - Model řízení minikáry

Volantová tyč je uložena v kluzných ložiskách a zabezpečena proti vypadnutí pomocí pojistného kroužku. Volant má nastavitelnou výšku díky duté vzpěře, do které je vsazen kloub s úchytem pro volant obr. 32. Vzpěra je naříznuta a opatřena návarky s dírou pro šroub. Pokud je šroub povoleno má vzpěra větší průměr než vsazený kloub. Ovšem při dotažení šroubu se vzpěra stáhne, přimáčkne k sobě kloub a vznikne pevný spoj. Podobným způsobem je řešeno nastavení sedla u bicyklu.



Obrázek 32 - Uchycení volantu

Počítá se také s nastavitelností celé nápravy. To je provedeno pomocí šroubů, kterými je náprava připevňena k rámu. V rámu se nachází díry, díky nimž lze nastavit čtyři polohy zavěšení. Posunutí nápravy dopředu nebo dozadu a tím i změna rozvoru kol se bude provádět se současným posunutím volantové vzpěry. Tím se nebudou měnit jiné již nastavené parametry. Díry určené pro nastavení rozvoru jsou patrné z obr. 33.



Obrázek 33 - Nastavitelnost rozvoru minikáry

U nastavení geometrie přední nápravy se budeme řídit podle osvědčených nastavení sepsaných podle zkušeností jezdců v knize „Stavíme si minikáru“. [3]

Začneme odklonem kol, který se nastavuje na 0° . To znamená, že má minikára při jízdě přímým směrem, střední roviny kol kolmé s rovinou vozovky. Příklon rejdového čepu se nastavuje na 8° , aby se kola vracela do napřimené polohy. Záklon rejdové osy bude podle zkušeností 3° a při průměru kola 390 mm vyjde závlek 12 mm. K tomuto výsledku jsme se dostali pomocí definic záklonu a závleku, ze kterých plyne vztah pro výpočet závleku tj. závlek je roven tangente úhlu záklonu.

Všechny tyto hodnoty budou pevně nastaveny, protože konstrukce zavěšení předních kol bude svařená.

Nastavitelný bude pouze úhel sbíhavosti a to pomocí spojovací tyče řízení, jak již bylo vysvětleno dříve.

5.4 Brzdové zařízení

Protože je minikára určená výhradně pro závodění potřebujeme především provozní brzdy s dostatečným brzdícím účinkem. Parkovací ani odlehčovací brzdění řešit nebudeme, protože jsou pro závodní minikáru zbytečné. Nouzové brzdy budeme řešit tak, že provozní brzdy rozdělíme do dvou okruhů podle náprav.

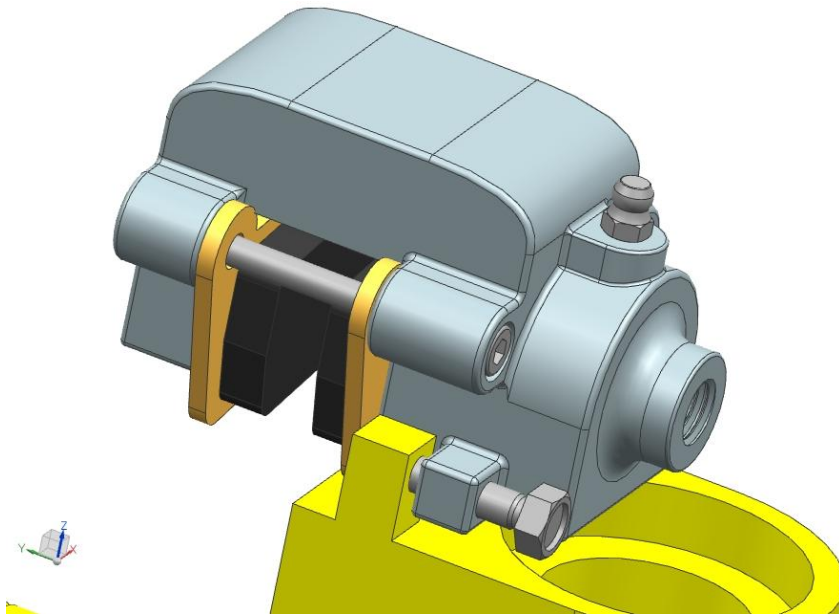
Je důležité, aby si udržely plnou brzdnou sílu co možná nejdéle a daly se dobře odstupňovat. Budeme rozhodovat mezi třemi druhy brzd. A to mezi kotoučovými, bubnovými a jednoduchou mechanickou brzdou, kdy je na ráfek kola přitlačováno brzdové obložení (stejný princip je proveden u brzd bicyklu). Poslední typ brzd nazveme špalíkovými.

Rozhodovací analýza:

Kriterium	Kotoučové	Bubnové	Špalíkové	Ideál	Váha
Vadnutí	5	3	2	5	10
Brzdný účinek	5	3	1	5	11
Odstupňovatelnost	5	5	3	5	9
Odolnost proti vodě a nečistotám	3	5	1	5	4
Spolehlivost	3	5	2	5	7
Opotřebení	3	5	1	5	5
Údržba	4	5	5	5	6
Nároky na konstrukci	4	1	5	5	8
Hmotnost	5	5	5	5	3
Cena	3	4	5	5	2
Vzhled	5	3	1	5	1
Součet	280	252	177	330	-
Norma hodnocení	0,85	0,76	0,54	1	
Pořadí	1.	2.	3.		

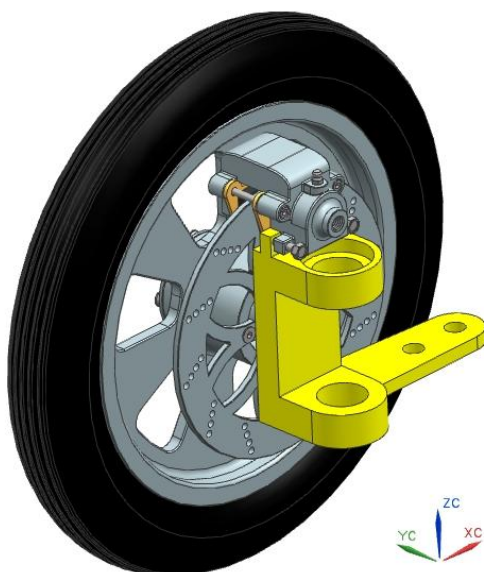
Tabulka 2 - Rozhodovací analýza brzd

Rozhodovací analýza ukázala, že optimálním řešením jsou kotoučové brzdy. Protože jsme omezeni prostorem mezi kolem zavěšením, kam bude brzdič uchycen, volíme posuvný třmen. Uchycení k zavěšení bude provedeno s malou vůlí pomocí lícovaných šroubů, aby byla zajištěna pohyblivost třmenu. Model uchycení je zobrazen na obr. 34.



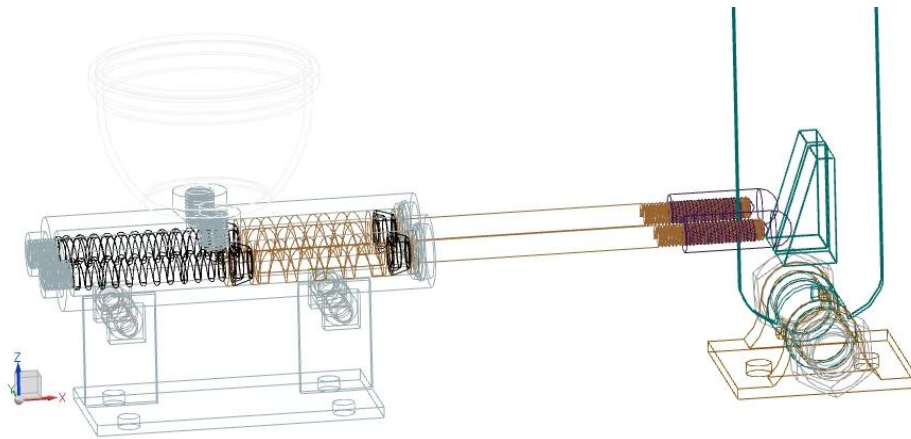
Obrázek 34- Uchycení třmenu

Třecí obložení bude uloženo taktéž pomocí lícovaného šroubu, aby se mohlo přimačkávat ke kotouči. Na obr. 35 je zobrazena brzda pravého předního kola. Otvor se závitem, který je umístěn z boku třmenu, je určen pro hydraulickou hadici dopravující brzdovou kapalinu. Systém brzd byl koncipován tak, že bude převzat z enduro motocyklu a upraven tak, aby jím mohla být osazena minikára.



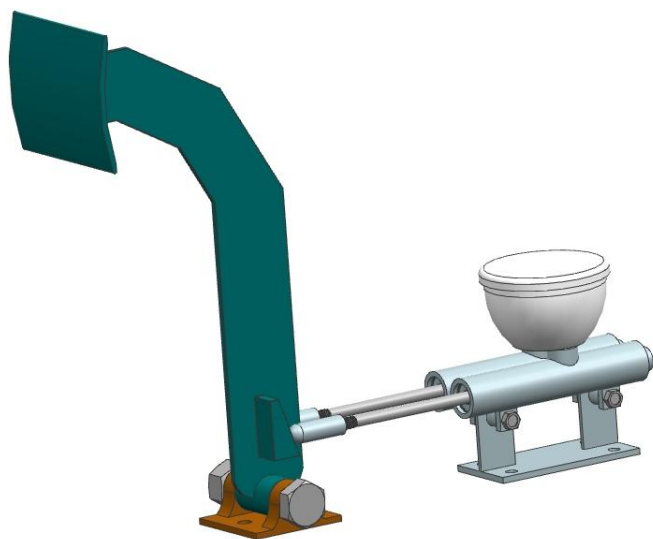
Obrázek 35 - Usazení kotoučové brzdy na kolo a náboj kola

Pedál s hydraulickými válci je navrhnout tak, aby se dala regulovat brzdná síla jednotlivých náprav. Regulace je zajištěna pomocí speciálně vyrobených matic, dotýkajících se pedálu. Tyto matice v sobě mají závit, díky kterému lze posouvat brzdové písty vůči pedálu. Uvnitř brzdových válců jsou předepnuty pružiny, které tlačí táhla s maticemi proti pedálu. Tím, že bude jedna matice více vytočená, bude jedna pružina méně předepnutá a naopak. Když dojde k sešlápnutí pedálu, začne nejdříve brzdit okruh s více vytočenou maticí. Tak dojde ke zpoždění druhého okruhu. Celý systém je zobrazen na obr. 36.



Obrázek 36 - Rozdělení brzdné síly

Na obr. 37 je znázorněn pedál s brzdovými válci a nádobkou na brzdovou kapalinu. Do vzpřímené polohy tlačí pedál pružiny v brzdových válcích. Aby nedošlo k překlopení pedálu na podlahu je zde doraz, díky kterému se pedál zastaví ve vzpřímené poloze. Pro polohu maximálního sešlápnutí slouží druhý doraz. Otvor na konci brzdového válce slouží k připojení hadice pro brzdovou kapalinu.



Obrázek 37 - Ovládání brzd

6. Závěr

Cílem práce bylo sepsat historii a současnost minikárového sportu, uvést předpisy pro jejich stavbu a navrhnout možné varianty a konstrukční řešení uložení a zavěšení kol, odpružení, řízení a brzd.

Sepsal jsem rešerši historie a současnosti. Ta je rozdělena na část zabývající se minikárami u nás a na část pojednávající o závodech minikár ve světě. Dále jsem se zaměřil na předpisy minikár, u kterých jsem napsal, jak se vyvíjely, a do přílohy přidal technické předpisy vydané AČR. U možných variant řešení jsem sepsal přehled a vlastnosti používaných kol, zavěšení, odpružení, řízení a brzd. Z tohoto přehledu jsem vybral nejvhodnější varianty podle předpisů pro stavbu minikáry a zkušeností uvedených v knize „Stavíme si minikáru“[3]. Poté jsem vymodeloval konstrukční návrh zadaných dílů minikáry kromě odpružení, které je podle pravidel zakázáno. Dále jsem vymodeloval v programu Siemens NX rám pro lepší představu o finálním vzhledu minikáry. Všechny vymodelované díly jsem pak spojil do jedné sestavy, která dává představu o finálním vzhledu minikáry. U modelu předního zavěšení kol jsem vytvořil statickou zatěžovací analýzu pomocí metody konečných prvků. Maximální vzniklé napětí bylo 187,3 MPa a nacházelo se v oblasti uchycení nápravy k rámu minikáry. Protože nemám zkušenosti s tím, jaké síly se u minikár vyskytují, je tato analýza pouze orientační a měla by ukázat, která místa jsou nejvíce namáhána. Do konstrukčního řešení jsem přidal výpočet trvanlivosti valivého ložiska v předním kole. V tomto výpočtu vyšla trvanlivost ložiska 661764,7 hodin. Vypočítaná trvanlivost je zbytečně veliká. Počítá se s vyrobením pouze jednoho kusu minikáry a cena celkově čtyř ložisek není veliká, proto toto ložisko můžu ponechat.

Konstrukční zpracování minikáry je v této práci založeno převážně na virtuálních modelech. Minikáry se sériově nevyrábí, z tohoto důvodu je nutné většinu dílů převzít z jiných vozidel nebo vyrobit. Vyrábět všechny díly je nemyslitelné, proto je nutné díly jako jsou např. brzdiče a kola převzít z jiných vozidel nebo nakoupit. Jelikož přesné rozměry převzatých dílů neznáme, nebudou jim ani modely v této bakalářské práci rozměrově odpovídat. To znamená, že nemůžeme začít s kreslením výrobních výkresů vyráběných dílů, dokud nebudeme znát přesné rozměry převzatých dílů. Z tohoto důvodu tato práce skončila pouze u modelů a výpočtů.

Seznam použité literatury a internetových zdrojů

- [1] VLK, F. Podvozky motorových vozidel. 2. vyd. Brno: Nakladatelství VLK 2003, ISBN 80-239-0026-9
- [2] VÁVRA, P., LEINVEBER, J.: *Strojnické tabulky*. Úvaly: Albra – pedagogické nakladatelství, 2003. 865s. ISBN 80-8640-74-2.
- [3] PILNÝ, M., KOLÁŘ, M. Stavíme si minikáru. Praha: Mladá fronta, 1978
- [4] <http://www.seifenkistensport.ch/Typen/Seifenkistentypen.html>
- [5] www.honzasimunek.cz
- [6] cs.autolexicon.com
- [7] www.ewrc.cz
- [8] www.bezpecnenasilnicich.cz
- [9] www.autoprofiteam.cz
- [10] www.quadmania.cz
- [11] auto-pc.webnode.cz
- [12] kks.zcu.cz
- [13] katalog SKF, jednořadá kuličková ložiska.

Seznam použitých veličin

Značení	Rozměr	Název
C_0	[N]	Statická únosnost
S_0	[-]	Bezpečnost
F_0	[N]	Ekvivalentní statické zatížení
C	[N]	Dynamická únosnost
F_e	[N]	Ekvivalentní dynamické zatížení ložiska
P	[-]	Exponent rovnice trvanlivosti
L_{10}	[ot]	Základní trvanlivost ložiska
L_{10h}	[hod]	Základní trvanlivost ložiska
n	[ot/min]	Otáčky ložiska
X	[-]	Součinitel radiálního zatížení
Y	[-]	Součinitel axiálního zatížení
F_r	[N]	Radiální zatížení
F_{ax}	[N]	Axiální zatížení
G	[N]	Tíha
m	[kg]	Hmotnost
g	[m/s ²]	Gravitační zrychlení
e	[-]	Koeficient valivých ložisek
v	[m/s]	Obvodová rychlost
ω	[rad/s]	Úhlová rychlost
r	[m]	Poloměr kola
σ	[MPa]	Napětí

Seznam použitých zkratk

Zkratka	Význam
USA	Spojené státy americké
AČR	Autoklub České republiky
NSR	Národní sportovní řády
CDC	Continous damping control
MKP	Metoda konečných prvků
obr.	obrázek
tzn.	to znamená
apod.	a podobně
tzv.	tak zvaně
např.	například
tj.	to je

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Side - car [4]	6
Obrázek 2 - Bob - car [4].....	7
Obrázek 3 - Carrioli [4]	7
Obrázek 4 – Cart [4].....	7
Obrázek 5 – Vzhled současné minikáry [7].....	10
Obrázek 6 - Řez radiální pneumatikou [8].....	16
Obrázek 7 - Řez diagonální (vlevo) a radiální pneumatikou [8]	17
Obrázek 8 - Diskové kolo	17
Obrázek 9 - Hvězdicové kolo	17
Obrázek 10 - Paprskové kolo	18
Obrázek 11 - Drátové kolo.....	18
Obrázek 12 – Schéma lichoběžníkové nápravy [1].....	20
Obrázek 13 - Schéma kyvadlové nápravy [1]	21
Obrázek 14 - Víceprvkové zavěšení přední nápravy [6]	21
Obrázek 15 - Statická charakteristika pružin [12]	23
Obrázek 16 - Jednoplášťový a dvouplášťový hydraulický tlumič[9]	24
Obrázek 17 - Hydroplynový tlumič z teréni čtyřkolky [10].....	25
Obrázek 18 - Znázornění příklonu rejdové osy (vlevo) a odklonu [9]	26
Obrázek 19 - Poloměr rejdu [9].....	28
Obrázek 20 - Závlek a záklon rejdové osy [9]	29
Obrázek 21 - Druhy bubnových brzd [1]	31
Obrázek 22 - Kotoučová brzda s pevným třmenem (vlevo) a kotoučová brzda s plovoucím třmenem [11]	32
Obrázek 23 - Model minikáry	34
Obrázek 24 - Konstrukční návrh tuhé nápravy.....	35
Obrázek 25 - Idealizovaná náprava minikáry	36
Obrázek 26 - Vysíťovaný, uchycený a zatížený model nápravy.....	37
Obrázek 27 - Výsledek MKP simulace.....	38
Obrázek 28 - Model pneumatiky.....	39
Obrázek 29 - Model kola s ložiskem	40
Obrázek 30 - Způsob uchycení ložiska.....	40
Obrázek 31 - Model řízení minikáry	46
Obrázek 32 - Uchycení volantu.....	47
Obrázek 33 - Nastavitelnost rozvoru minikáry	47
Obrázek 34- Uchycení třmenu.....	50
Obrázek 35 - Usazení kotoučové brzdy na kolo a náboj kola.....	50
Obrázek 36 - Rozdělení brzděné síly	51
Obrázek 37 - Ovládání brzd	52

Seznam vevázaných příloh

PŘÍLOHA č.1 - Vystřižený článek z novin o volném závodě minikár.....59

PŘÍLOHA č.2 - Technické předpisy pro stavbu minikáry vydané AČR.....61

Seznam nevázaných příloh na CD

Sestava a příslušné modely minikáry

MKP analýza přední nápravy minikáry

Katalog SKF – kuličková ložiska

Ročenka a NSR minikárového sporu 2011

PŘÍLOHA č. 1

Vystřižený článek z novin o volném závodě minikár



Voláme vás na start závodů nejmladších konstruktérů na vlastnoručně vyrobených vozítkech. Na jaře a v létě se budou konat tyto závody ve všech místech, kde má odbočky Autoklub RCS. Je třeba, abyste se již nyní připravovali a řeknete nám proto několik základních informací. Podrobnosti vám sdělí odbočky Autoklubu.

Základní ustanovení

Trať závodu je dlouhá asi 100 m. Závodů se mohou zúčastnit děti ve věku od 8 do 14 let, které budou rozděleny do dvou tříd. Síře dráhy pro jedno vozítko je dva metry. Každý závodník má dráhu přesně vyznačenu, takže jí jeden druhému nesmí křížit. Při závodech se část trati jede s kopce a zbytek až do cíle po rovině. Celá trať je bez zatáček a vozidla dojíždějí do cíle setrvačností.

Třída a konstrukce vozíků

Závodníci budou rozděleni do dvou tříd:

1. 8–10 let (ročník 1942–1940).
2. 11–14 let (ročník 1939–1936).

Vozíky musí mládež sama zkonstruovat. Mohou se k nim zakoupit pouze kola, která nesmějí mít větší průměr než 40 cm, čepy, ložiska, případně řídící a brzdící zařízení. Zakoupení těchto potřeb nesmí přesahovat částku 1000 Kčs. Vozíky nesmějí být řízeny nohama. Musí být pořízeno alespoň ocelové lanko, aby se vozík dal řídit rukama. Vozík nesmí být těžší 85 kg. Přídavková váha není dovolena. Rodiče a známí mohou dětem pomáhat radou, výkresem, koupí součástek a pod. Každému závodníkovi bude oznámeno předem startovní číslo.



pod kterým bude příslušnou trať projíždět.

Provedení závodu a klasifikace

V každé třídě postupují z jednotlivých jízd vítězové do dalšího kola a postupně až do finale. Závodí se vylučovacím systémem. Pořadatelé si vyhrazují právo změnit vylučovací systém, podle počtu přihlášek. Na příklad při velkém počtu závodníků bude se všem nejrychlejším v každé jízdě zjišťovat čas a do finale postoupí jen omezený počet těch nejlepších.

Klasifikace bude provedena pro každou třídu zvlášť, a to tak, že v každé třídě budou klasifikováni tři nejlepší závodníci. Celkem bude tedy oklasifikováno 6 nejlepších závodníků.

První tři závodníci z každé třídy postupují do dalšího kola, v němž budou závodit s vítězi z jiných odboček Autoklubu RCS. První tři postupují dále do finale, které bude je to jako championát CSR v Praze.

Informace pro startující

Předepsané míry:

- největší délka . . . 2 m.
- největší šířka . . . 1 m.

Kolem volantu nebo jiného zařízení



pro řízení rukama musí být prostor nejméně 5 cm.

Závodník musí nasednout nebo vystoupit z vozidla bez vyjímání volantu nebo jiného zařízení.

Vozidlo musí mít čtyři kola. Kola nesmí mít větší průměr než 40 cm.

Doporučuje se:

Rozvor náprav: minimálně 1 m. (To je vzdálenost předního kola od zadního, na téže straně vozu.)

Rozchod kol: 75–90 cm. (To je vzdálenost kol na stejné nápravě, tedy na příklad vzdálenost levého předního kola od pravého.)

Výška vozidla: nejvýše 85 cm.

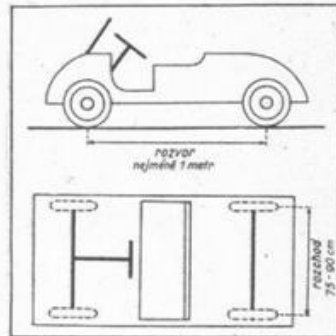
Vozítka nejsou zařazena na šlapání nebo jiná podobná zařízení; musí se pohybovat sama jízdou s kopce resp. setrvačností.

Jest možno zakoupit: kola, pneumatiky, kuličková ložiska, nápravy, volant. Kovové součástky, na příklad: kliky, šrouby, hřebíčky, kladky, závěsy a pod., je možno použít libovolně.

Dbejte, aby vůz byl bezpečný, byl opatřen brzdou a dal se snadno řídit! Nebude-li vůz odpovídat zásadám bezpečnosti, nebude připuštěn k jízdě. Závodník musí ve voze sedět.

Není dovoleno jakékoliv odstrkování nohou nebo postrkování jinou osobou. V takovém případě bude závodník ihned vyloučen.

Každý závodník může být požádán, aby dokázal, že vůz sestrojil sám a na požádání musí předložit podrobný seznam koupených součástek a účtů.



Zhotovte si nejdříve plánek. Uveřejňujeme schéma jednoduchého vozítka.



Na těchto obrázcích vidíte tři různé typy autíček. Má-li někdo ze čtenářů zkušenosti s vlastnoručně vyrobenými vozítky, napište nám, co a jak se vám osvědčilo.

PŘÍLOHA č. 2

Technické předpisy pro stavbu minikáry vydané AČR

Minikáry jsou jednomístná, dvoustopá, čtyřkolová vozidla bez vlastního pohonu, pohybující se pouze silou gravitace, určená pro jízdu s kopce, na vyhrazené silnici či jiné vhodné dráze. Nesmí být používána v běžném silničním provozu.

Rám minikáry

Rám minikáry je zhotoven z libovolného materiálu dostatečné pevnosti, s podlázkou, chránící jezdce po celé délce. Rám může být nahrazen samonosným skeletem. K rámu, či skeletu je vpředu připevněn tažný hák (s pojistkou proti samovolnému odpojení) umožňující vlečení minikáry.

Minimální světlost minikáry v zatíženém stavu je 15 mm.

Řízení

Konstrukce řízení je libovolná, řízena smí být jen přední náprava. Jednotlivé části řízení musí být dostatečně dimenzovány a spojovací prvky musí být zajištěny (např. samojistnou matkou, závlačkou, kontramatkou apod.). Vůle v řízení max. 20° (měřeno na volantu). Volant uzavřeného tvaru o jednom rozměru minimálně 200 mm. Volantová tyč musí být uložena minimálně ve dvou bodech.

Karoserie, podlaha, sedačka

Karoserie není předepsána. Pokud je použita, může být z libovolného materiálu a musí být konstruována tak, aby nemohla způsobit jezdci zranění. Všechny ostré hrany a přechody musí být obloženy pryží, či jiným měkkým a pružným materiálem, pokud nelze tyto dostatečně zaoblit. Půdorysným obrysem je míněn obdélník o stranách rovnajících se největší délce a šířce minikáry a tuto minikáru opisující. Podlaha bezpečně chrání jezdce v celém jeho profilu a je pevně spojena s rámem. Sedačka je pevně spojena s rámem. Pokud sedačka není kryta zespodu podlahou, musí být vyrobena z materiálu dostatečné pevnosti.

Kola, uložení kol, brzdy, pneumatiky

Kola libovolné konstrukce, pro pneu o maximálním průměru 450 mm v nahuštěném stavu. Hřídelka ocelová s minimálním průměrem 12 mm u kol letmo uložených (jednostranně) resp. 7 mm u oboustranně uložených. Závěs kol musí být pevně spojen s rámem nebo skeletem minikáry, u předních kol smí být otočný pouze kolem otočného svislého čepu. Brzdy libovolné konstrukce působící alespoň na kola jedné nápravy. Ovládání brzdy pedálem. Pedál brzdy nesmí v žádné poloze přesahovat přes obrys minikáry. Pneumatiky pouze sériové výroby bez dodatečných úprav. Používání tekutých řetězů a podobných směsí k mazání pneumatik a mytí pneumatik není dodatečná úprava pneumatiky. Pneumatika je považována za ojetou v případě, že se na gumě běhounu začíná objevovat nástin rýhování kordu. Na takovéto pneumatice nepřipustí TK jezdce do daného závodu případně do dané jízdy.

Hmotnosti, rozměry, ložiska

Maximální celková hmotnost minikáry spolu s jezdce a kompletní výstrojí:

M 1 max. 90 kg M 2 max. 120 kg

M 3 max. 150 kg M 3D max. 150 kg

M 4 max. 160 kg M 5 max. 170 kg

Pro kategorii M 1 a M2 je současně stanovena maximální hmotnost minikáry bez jezdce na 50 kg.

Minimální rozchod minikár všech kategorií činí 600 mm. Minimální rozvor minikár všech kategorií činí 900 mm. Rozchod i rozvor se měří v ose pneumatiky v místě styku s vozovkou. Všechny údaje jsou měřeny v nezátíženém stavu minikáry. Maximální celková délka minikáry (včetně karoserie) činí 2 500 mm, max. celková šířka 1000 mm (opět včetně karoserie).

Zákazy

Na minikáře jsou zakázány následující technické prvky:

- všechny druhy pérování a odpružení mezi koly a rámem
- centrální rozvod mazání, včetně všech provedení, která zajišťují stálý přísun oleje, či jiného maziva, za jízdy
- jakýkoliv druh pohonu vč. gumového, setrvačnickového, či jiného způsobu, který uděluje vozidlu jinou energii, než gravitační.

Všeobecně

1. Před jednotlivými koly musí být připevněno zařízení, bezpečně zabraňující zaklínění bójky mezi kolo a rám, či kapotáž minikáry. Zábrana proti zaklínění plechovky musí být dostatečně dimenzována proti deformaci při nárazu plechovky a současně nesmí tvořit nebezpečí úrazu.

2. Dovažovací zátěže musí být pevně spojeny s rámem nebo skeletem minikáry. V průběhu závodu může jezdec libovolně upravovat celkovou hmotnost do maximální hranice.

3. Startovní číslo je umístěno vpředu a vzadu na oválném podkladu bílé barvy o rozměrech min. 150 x 200 mm. Startovní čísla musí být umístěna v ose minikáry. Nedovoluje-li konstrukce minikáry umístění předních startovních čísel v podélné ose karoserie, pak musí být umístěna před osou předních kol po obou stranách karoserie tak, aby byla bezpečně čitelná z pohledu startéra, brankových rozhodčích a časoměřiče. Zadní startovní číslo musí být na rovné tabulce umístěné ve svislé poloze, přední startovní číslo bez zlomů může mít plynulé zakřivení a libovolný sklon. Startovní číslo musí být napsané technickým, svislým písmem - číslice černé barvy musí být 100 mm vysoké, šířka číslice 40 mm (kromě číslice 1), tloušťka čáry písma 10 mm. Čitelnost čísla nesmí být narušena konstrukcí minikáry, na tabulce nesmějí být žádné nálepky apod.