

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Návrh úpravy automobilu pro jízdu smykem
Bakalářská práce

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jakub Vaněk**
Osobní číslo: **D20276**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní prostředky: Silniční vozidla**
Téma práce: **Návrh úpravy automobilu pro jízdu smykem**
Zadávací katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

Zásady pro vypracování

Cílem práce je navrhnout úpravy běžného automobilu pro závody jízdou smykem – driftování. Návrh by měl obsahovat základní požadavky na takové vozidlo, výběr vhodného sériového automobilu pro úpravy, návrh úpravy nebo volby hnacího ústrojí, návrh úprav na podvozku automobilu, případně dalších úprav.

Student by v bakalářské práci měl obsáhnout následující body:

1. Úvod, cíle práce.
2. Představení záměru používání/provozu vozidla.
3. Stanovení požadavků na provozování vozidla.
4. Návrh úprav a výběr komponent.
5. Závěr – zhodnocení proveditelnosti úprav.

Rozsah pracovní zprávy: **35 stran**
Rozsah grafických prací: **podle pokynů vedoucího práce**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

[1] Vlk, F.: *Stavba motorových vozidel: [osobní automobily, autobusy, nákladní automobily, jízdní soupravy, ergonomie, biomechanika, struktura, kolize, materiály]*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2003. ISBN 80-238-8757-2.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Pokorný, Ph.D.**
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: **10. února 2023**
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. května 2023**

L.S.

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

Ing. Jakub Vágner, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 10. února 2023

Prohlašuji:

Tuto práci s názvem Návrh úpravy automobilu pro jízdu smykem jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne:

Jakub Vaněk

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat všem kteří se podíleli na tvorbě této bakalářské práce. Hlavně tedy vedoucímu práce panu Ing. Janu Pokornému, Ph.D. a jako dalšímu panu Ing. Ondřejovi Voltrovi.

Anotace

Tato práce je zaměřena na úpravu silničního vozidla, které je svou konstrukcí přizpůsobeno pro jízdu ve smyku na speciální závody na okruhu. V první části se zabývá stanovením požadavků na úpravu vozidla a výběrem vhodného vozidla. V druhé části se zabývá konstrukčním řešením všech částí potřebných pro jízdu ve smyku a výběrem správných komponent. V poslední části je zaměřena na porovnání trakční charakteristiky upraveného a originálního vozidla a vyhodnocení této úpravy.

Klíčová slova

Jízda smykem, drifting, úprava vozidla, trakční diagram

Title

Proposal of a car for skid driving

Annotation

This work is focused on the modification of a road vehicle, which by its construction is adapted for driving in a skid for special races on a circuit. In the first part, it deals with determining the requirements for vehicle modification and choosing a suitable vehicle. In the second part, he deals with the design solution of all the parts needed for driving in a skid and the selection of the right components. In the last part, it is focused on the comparison of the traction characteristics of the modified and original vehicle and the evaluation of this modification.

Keywords

Skidding, drifting, car modification, traction diagram

Obsah

Úvod, cíle práce	11
1. Stanovení požadavků na upravované vozidlo	12
1.1. POŽADAVKY NA UPRAVOVANÉ VOZIDLO.....	12
2. Představení úprav a výběr vozidla	14
3. Představení vozidla, které bude upravováno	15
3.1. BMW E92 335i.....	15
3.1.1. Parametry vozidla BMW E92 335i.....	16
3.2. POTŘEBNÉ ÚPRAVY VOZIDLA PRO KONTROLOVATELNOU JÍZDU VE SMYKU.....	17
3.2.1. Koncepce vozidla.....	17
3.2.2. Ukázka klasické koncepce	17
3.3. HNACÍ ÚSTROJÍ	18
3.3.1. Řadové šestiválcové motory BMW	18
3.3.2. Tabulka parametrů motoru:.....	19
3.3.3. Vidlicové osmiválcové motory BMW	19
3.3.4. Parametry motoru:	20
3.3.5. Použití ve vozidlech:.....	20
3.3.6. Čtyřválcové přeplňované motory Nissan	21
3.3.7. Parametry motoru:	21
3.3.8. Vidlicové osmiválcové motory LS Corvette	22
3.3.9. Parametry motoru:	22
3.3.10. Šestiválcové přeplňované motory Toyota.....	23
3.3.11. Parametry motoru:	23
3.4. SPOJKA	25
3.4.1. Spojková sada competition clutch (CCI) pro 2JZ-GTE	25
3.5. PŘEVODOVKA	26
3.5.1. Princip funkce sekvenční převodovky	26
3.6. PODVOZEK (TLUMENÍ, PÉROVÁNÍ).....	28
3.6.1. Používané typy tlumičů a vypružení:.....	28
3.7. DIFERENCIÁL	31
3.7.1. Samosvorný diferenciál.....	31
3.7.2. Ukázka samosvorného diferenciálu LSD	32
3.7.3. Ukázka samosvorného diferenciálu Torsen	32
3.7.4. Zavařený diferenciál.....	33
3.7.5. Ukázka zavařeného diferenciálu:	33
3.8. REJDOVÉ ÚSTROJÍ	34
3.8.1. Druhy rejdových kitů:.....	35
3.8.2. Popis částí rejdového kitu	35
3.8.3. Rejdový kit na vozidle	36
3.9. HYDRAULICKÁ RUČNÍ BRZDA	36
3.9.1. Hydraulická ruční brzda IRP	37

3.9.2.	Umístění hydraulické ruční brzdy.....	37
3.9.3.	Zapojení hydraulické ruční brzdy do okruhu vozidla.....	38
3.9.4.	Zapojení pomocí přidavného brzdového třmenu	39
3.9.5.	Přídavný brzdič hydraulické ruční brzdy	40
3.9.6.	Pneumatiky a disky	40
3.9.7.	Používané pneumatiky pro Drifting	41
3.9.8.	Falken Driftingové pneumatiky:.....	41
3.9.9.	Federal Driftingové pneumatiky:	41
3.9.10.	Nexen Driftingové pneumatiky	41
4.	Sestavení trakčního diagramu.....	43
4.1.	SESTAVENÍ TRAKČNÍHO DIAGRAMU PRO ORIGINÁLNÍ VOZIDLO	43
4.1.1.	Vstupní parametry	43
4.1.2.	Vypočtené parametry	43
4.1.3.	Výpočet jízdních odporů a trakční síly	45
4.1.4.	Sestavení grafu jízdních odporů.....	46
4.1.5.	Průběh točivého momentu a výkonu motoru.....	46
4.1.6.	Výpočet trakční síly a rychlosti z momentu motoru	47
4.1.7.	Průběh hnací síly	47
4.1.8.	Trakční diagram pro originální vozidlo BMW E92 335i	48
4.2.	SESTAVENÍ TRAKČNÍHO DIAGRAMU PRO UPRAVENÉ VOZIDLO.....	48
4.2.1.	Vstupní parametry	48
4.2.2.	Vypočtené parametry	49
4.2.3.	Výpočet jízdních odporů a trakční síly	49
4.2.4.	Sestavení grafu jízdních odporů.....	50
4.2.5.	Průběh točivého momentu a výkonu motoru.....	50
4.2.6.	Výpočet hnací síly a rychlosti z momentu motoru.....	51
4.2.7.	Trakční diagram upraveného vozidla	51
4.3.	VYHODNOCENÍ A POROVNÁNÍ OBOU TRAKČNÍCH DIAGRAMŮ.....	52
4.3.1.	Průběh hnací síly	52
4.3.2.	Maximální rychlost a maximální rychlosti na nejpoužívanější r. stupně.....	52
4.3.3.	Schopnost akcelerace na zvolené rychlostní stupně.....	53
4.3.4.	Dynamická charakteristika	54
	Závěr a zhodnocení proveditelnosti úprav	56
	Použitá literatura	57

Seznam obrázků

obr. 1: BMW E92 335i zepředu [2].....	15
obr. 2: BMW E92 335i zezadu [2].....	15
obr. 3: Klasická koncepce [3]	17
obr. 4: Motor BMW M50B25 [5].....	18
obr. 5: Motor BMW M62B44 [7].....	20
obr. 6: Motor NISSAN SR20DET [9].....	21
obr. 7: Motor Chevrolet LS3 Corvette [11]	22
obr. 8: Motor NISSAN 2JZ-GTE [13].....	23
obr. 9: Řídicí jednotka ECUMASTER EMU BLACK [15].....	24
obr. 10: Spojková sada CCI [16]	25
obr. 11: Rozložená spojková sada CCI [17]	25
obr. 12: Sekvenční převodovka-funkce [18]	26
obr. 13: řazení u sekvenční převodovky [18]	27
obr. 14: šesti rychlostní sekvenční převodovka pro Toyota 2JZ-GTE [19].....	28
obr. 15: Stavitelné tlumiče s pružinami HSD Monopro [20]	28
obr. 16: Horní uložení předních tlumičů [20].....	29
obr. 17: Nastavení výšky podvozku [20]	29
obr. 18: Stavitelný podvozek BC Racing [21]	29
obr. 19: Podvozek Protlum Top Race ARV [22].....	30
obr. 20: Vyrovnávací nádobka tlumiče Protlum [22]	31
obr. 21: Dolní uložení tlumiče Protlum [22].....	31
obr. 22: Samosvorný diferenciál LSD [24].....	32
obr. 23: Samosvorný diferenciál Torsen [24]	32
obr. 24: Zavařený diferenciál BMW E36 [25]	33
obr. 25: Lamelový samosvorný diferenciál LSD [26]	34
obr. 26: Rejdový kit Wisefab e9x [27]	35
obr. 27: Části rejdového kitu Wisefab e9x [28].....	35
obr. 28: Rejdový kit na vozidle Toyota Supra [29]	36
obr. 29: Rejdový kit na vozidle BMW E92 [30].....	36
obr. 30: Hydraulická ruční brzda IRP [31]	37
obr. 31: Hydraulická ruční brzda v interiéru [1]	37
obr. 32: Schéma zapojení brzdy do okruhu brzd vozidla [32]	38
obr. 33: Schéma brzdění 1 [32].....	38
obr. 34: Schéma brzdění 2 [32].....	39
obr. 35: Schéma zapojení přídatného brzdového třmenu [32]	39
obr. 36: Přídatný brzdič hydraulické ruční brzdy [1]	40
obr. 37: Přední pneumatika Federal [34].....	41
obr. 38: Zadní pneumatika Federal [35]	41
obr. 39: Disk 7 Twenty style 55 [36].....	42
obr. 40: Disk 7 Twenty style 55 na vozidle BMW E92 [36].....	42
obr. 41: Graf jízdnicích odporů originálního vozidla.....	46
obr. 42: Charakteristika motoru originálního vozidla [39].....	46
obr. 43: Graf průběhu hnací síly originálního vozidla	47

obr. 44: Trakční diagram originálního vozidla.....	48
obr. 45: Graf jízdnic odporů upraveného vozidla	50
obr. 46: Charakteristika motoru upraveného vozidla [38].....	50
obr. 47: Graf průběhu hnací síly	51
obr. 48: Trakční diagram upraveného vozidla	51
obr. 49: Dynamická charakteristika	55

Seznam tabulek

Tabulka 1: Parametry BMW E92 335i [4].....	16
Tabulka 2: Parametry BMW E92 335i [4].....	16
Tabulka 3: Parametry motoru BMW M50B25 [6].....	19
Tabulka 4: Parametry motoru BMW M62B44 [8].....	20
Tabulka 5: použití motoru BMW M62B44 [8].....	20
Tabulka 6: parametry motoru NISSAN SR20DET [10]	21
Tabulka 7: Parametry motoru Chevrolet LS3 Corvette [12].....	22
Tabulka 8: Parametry motoru Toyota 2JZ-GTE [14].....	23
Tabulka 9: Vstupní parametry originálního vozidla [4]	43
Tabulka 10: Součinitele odporu valení [42]	44
Tabulka 11: Převodové poměry originálního vozidla [41]	45
Tabulka 12: Výpočty odporů [42].....	45
Tabulka 13: Výpočty hnací síly [42].....	47
Tabulka 14: Vstupní parametry upraveného vozidla	48
Tabulka 15: Převodové poměry upraveného vozidla.....	49
Tabulka 16: max. rychlosti na převodové stupně pro originální. vozidlo.....	52
Tabulka 17: Max. rychlosti na převodové stupně pro upravené vozidlo	52
Tabulka 18: Schopnost akcelerace originálního vozidla.....	53
Tabulka 19: Schopnost akcelerace vozidla po úpravě	53

Úvod, cíle práce

Ve své Bakalářské práci se věnuji úpravě silničního vozidla, které má přizpůsobenou konstrukci a vlastnosti pro jízdu smykem (driftování) na závody na okruhu.

Toto téma jsem si vybral z důvodu, že se již od mala zajímám o závodní auta a jsem pravidelným návštěvníkem těchto závodů. Je mým snem navrhnout a upravit si vozidlo, které by bylo schopno takovýchto závodů. Jedná se o moderní motorsport, který se velmi rychle rozrůstá. Závod se skládá ze dvou částí. V každém závodě proti sobě soutěží 2 jezdci, jejichž pořadí v závodě a soupeři jedoucí proti sobě se určí z počtu bodů kvalifikace. V první části závodu jezdec č.1. musí projet závodní trať v co nejpřesnější dané linii tratě a musí projet správně všemi zónami, které jsou na trati vyznačeny (clipping zones). Jezdec č.2. jede přímo za jezdce č.1. a musí přesně stínovat pohyb vedoucího vozidla. Nejtěžší na závodě je ovšem to, že obě vozidla musí jet po celou dobu v tzv. driftu, tudíž zadní kola vozidla se musí smýkat nebo prokluzovat, a tedy obě vozidla musí jet po celou dobu smykem. Ve druhé části závodu se oba jezdci vymění a závod se opakuje. Na konci závodu se dle kvality projetí tratě a dle kvality stínování soupeře ohodnotí oba jezdci, a který z nich získá více bodů, tak pokračuje do dalšího závodu.

V první části této bakalářské práce se věnuji vhodnému výběru vozidla pro tuto úpravu. V další části se zaměřuji na všechny potřebné úpravy vozidla, které jsou nutné k tomu, aby vozidlo bylo schopné kontrolovatelné a plynulé jízdy smykem na závodním okruhu. V každé části úpravy se dále věnuji nabídce komponent pro úpravu a také správnému výběru těchto komponent. V poslední části práce se zaměřuji na tvorbu trakčního diagramu pro originální neupravené vozidlo a poté již i pro upravené vozidlo, z důvodu porovnání trakčních vlastností vozidla před a po úpravě. V poslední části práce se zabývám vyhodnocením sestavených trakčních diagramů, zhotovením závěru této úpravy a vyhodnocením proveditelnosti úpravy.

Cílem této práce je navrhnout takovou úpravu silničního vozidla, která bude splňovat všechny dané požadavky, které jsou potřebné pro kontrolovatelnou a plynulou jízdu smykem. Úprava nezahrnuje žádné bezpečnostní ani dodatečné technické úpravy vozidla, které mohou být požadovány pořadatelem driftingových závodů.

1. Stanovení požadavků na upravované vozidlo

1.1. Požadavky na upravované vozidlo

- Zvýšení výkonu, točivého momentu a celkových trakčních vlastností vozidla

- Volba vhodné karoserie [1]

Volba karoserie je pro tuto úpravu velmi důležitá. Karoserie by měla mít dobrou pevnost a celkovou tuhost. Vozidlo při jízdě smykem velmi často mění svůj směr jízdy ve vyšších rychlostech a je potřeba aby karoserie zvládala větší namáhání na krut zejména v podélném směru. Dále jsou důležité rozměry karoserie. Vozidlo by mělo mít přiměřenou celkovou délku, přiměřenou šířku i výšku, aby se vozidlo dobře ovládalo a bylo stabilní. Přesné maximální rozměry nejsou dané, ale například karoserie typu kombi, SUV nebo offroad není pro tento typ úpravy vhodná.

- Koncepce a zadní náhon [1]

Vozidlo, které je upravováno pro jízdu smykem by mělo mít buď klasickou koncepci nebo koncepci transaxle a pohon zadních kol. tento požadavek je důležitý z ohledu ovladatelnosti vozidla ve smyku a také kvůli dobrému rozložení hmotnosti, a i jednodušší přestavbě vozidla.

- Volba vhodného pohonného a převodového ústrojí [1]

Aby upravované vozidlo bylo schopné kontrolovatelné a plynulé jízdy smykem, je potřeba vybrat pohonné ústrojí které bude dostatečně výkonné, a k němu vhodně vybrat převodové a ovládací ústrojí, aby vše spolu správně a spolehlivě fungovalo.

- Volba správného vypružení, tlumičů a stabilizace [1]

Pro plynulou a dobře kontrolovatelnou jízdu smykem je také potřeba vhodně zvolit vypružení a tlumiče. Vozidlo by mělo mít co nejnižší těžiště a také by mělo mít tuhé vypružení a stabilizátory, aby nedocházelo k velkému naklánění vozidla, které by vedlo k horšímu ovládní vozidla při jízdě. Také by toto ústrojí mělo být zvoleno tak, aby se dobře vypořádávalo s daným povrchem, po kterém se vozidlo bude pohybovat.

- Úprava rejdového ústrojí [1]

Pro jízdu smykem je velmi důležité rejdové ústrojí, které vozidlu umožní snadné a plynulé přehozy vozidla při jízdě smykem a také aby rejdové ústrojí umožňovalo potřebný rejdový úhel, které vozidlo potřebuje pro projetí směrových oblouků s různým poloměrem na trati smykem.

- Úprava klasické parkovací brzdy na hydraulickou ruční brzdu [1]

Pro kvalitní jízdu smykem je nutná úprava klasické ruční parkovací brzdy na hydraulickou ruční brzdu. Jedná se o úpravu, která zajišťuje plynulejší jízdu ve smyku a umožňuje provádění potřebných korekcí směru vozidla při jízdě.

- Úprava diferenciálu pro stejné rozdělení točivého momentu na obě kola [1]
Většina sériových vozidel má z originální výroby otevřený diferenciál. Toto je pro vozidla, která jsou určena pro jízdu smykem nevyhovující. Při driftování je nutné, aby se na obě kola stále přenášel stejný točivý moment a toho se docílí buď úpravou otevřeného diferenciálu na zavařený, nebo výměnou za samosvorný diferenciál.

- Volba vhodných disků a pneumatik [1]

Správná volba disků a pneumatik je jedním z nejdůležitějších faktorů při jízdě smykem. Aby vozidlo bylo ve smyku dobře ovladatelné a zároveň rychlé, je potřeba aby mělo co největší grip. Toho docílíme vhodnou volbou pneumatik, které mají speciální vzorek a směs určenou pro tyto potřeby. Dále je také vhodné zvolit disky s nízkou hmotností a dobrou konstrukcí z důvodu zmenšení odporu.

2. Představení úprav a výběr vozidla

Pro drifting v České republice není přesně stanoveno, jaký typ osobního vozidla může být pro závodění používán. Závodníci si mohou zvolit téměř jakékoliv osobní vozidlo. Existují ale určitá bezpečnostní a technická pravidla, které musí vozidlo splňovat. V České republice existuje více pořadatelů driftingových závodů a tyto pravidla se v každém z nich liší.

V této bakalářské práci se budu věnovat technickým úpravám osobního silničního vozidla určeného pro jízdu smykem. Tedy budu se zabývat takovými technickými úpravami vozidla, které jsou potřeba pro to, aby bylo vozidlo schopné kontrolovatelné jízdy smykem. Nebudou zde zahrnuty bezpečnostní úpravy vozidla nebo navazující technické úpravy které požaduje pořadatel daných závodů.

Mezi nejčastěji upravovaná vozidla pro jízdu smykem v ČR patří hlavně modely od značky BMW. Od nejstarších modelů například BMW E30, E39, E36, E46 a z novějších řad nejčastěji BMW E92, E81 a M2. Modely BMW jsou zde častější z toho důvodu, protože se jedná o vozidla německé výroby a jsou u nás velmi dobře dostupná. S dostupností těchto vozidel souvisí také dostupnost potřebných náhradních dílů pro tyto vozidla, která je v ČR také na dobré úrovni.

Mezi další nejčastěji používané značky patří Japonské automobilky Toyota a Nissan. Od značky Nissan se nejvíce používají modely Silvia S13, S14, S15 dále 350Z nebo Skyline. Od značky Toyota se nejvíce používají modely Supra, Soarer nebo GT 86. Tyto Japonská vozidla jsou u nás v ČR hůře dostupná a náhradní díly na ně ještě hůře, proto jsou u nás více rozšířená vozidla od značky BMW.

Všechna tato představená vozidla mají originálně z výroby zadní náhon a nejčastěji klasickou koncepci. Je to hlavní důvod, proč jsou používána zrovna tato vozidla. Jejich úprava je díky tomu méně finančně náročná a lépe proveditelná.

Z důvodu mnohem lepší dostupnosti vozidla, ceně a dostupnosti náhradních dílů, jsem se rozhodl si pro úpravu vybrat vozidlo BMW E92 335i.

3. Představení vozidla, které bude upravováno

3.1. BMW E92 335i



obr. 1: BMW E92 335i zepředu [2]



obr. 2: BMW E92 335i zezadu [2]

Pro tuto úpravu jsem si vybral vozidlo BMW E92 335i, z důvodu že se jedná o vůz, který má velmi dobrý základ pro danou přestavbu. Vozidlo má velmi dobře sestavenou karoserii již z výroby. Karoserie má dostatečnou tuhost a pevnost, což je při jízdě ve smyku velkou výhodou. Dále je vozidlo originálně vyrobeno s klasickou koncepcí, a tedy pohonem zadních kol. Přestavba hnacího a převodového ústrojí, díky tomu nebude tolik náročná. Dalším důvodem výběru byla pořizovací cena vozidla, která se pohybuje okolo 300 000 Kč.

Označení vozidla E92 znamená, že se jedná o karoserii coupé. Tato karoserie má díky tomu celkem nízkou hmotnost a ideální rozměry. Další výhodou je i nízký součinitel odporu vzduchu C_x , který u tohoto vozu činí 0,3.[37] Toto vozidlo bývá v dnešní době nejpoužívanější pro přestavbu na závody v driftu, jelikož má již zmíněné výhody pro tento motorsport. Jedná se o modelovou řadu vyráběnou v letech 2006–2011 a tudíž je i cenově přijatelné. Tento vybraný model pro úpravu má manuální 6. stupňovou převodovku. [37]

3.1.1. Parametry vozidla BMW E92 335i

Tabulka 1: Parametry BMW E92 335i [4]

Motor	
Typ motoru	přepíňovaný zážehový
Válce/ventily	6/4
Zdvihový objem (ccm)	2979
Nejvyšší výkon (kw/ot/min)	225/5800
Nejvyšší toč. moment (Nm/ot/min)	400/1300-5000
Provozní vlastnosti	
Maximální rychlost (km/h)	250
Zrychlení z 0 na 100 (s)	5,7
Spotřeba město/mimo/kombi (l/100 km)	13,8/7/9,5
Rozměry a hmotnosti	
Zavaz. prostor (l)	430
Objem nádrže (l)	63
Pohotovostní hmot./nosnost (kg)	1615/480
Rozměr pneu	225/35 R19, 255/30 R19

Tabulka 2: Parametry BMW E92 335i [4]



Rozměry dle nákresu - vnější rozměry	
a) délka (mm)	4580
b) šířka (mm)	1782
c) výška (mm)	1395
d) rozvor (mm)	2760
e) rozchod v předu (mm)	1500
f) rozchod vzadu (mm)	1513
Rozměry nákresu - vnitřní rozměry	
g) podélný prostor vpředu min/max (mm)	900/1110
h) podélný prostor vzadu min/max (mm)	650/900
i) výška nad sedadlem - vpředu (mm)	960
j) výška nad sedadlem - vzadu (mm)	900
k) šířka vpředu (mm)	1480
l) šířka vzadu (mm)	1420

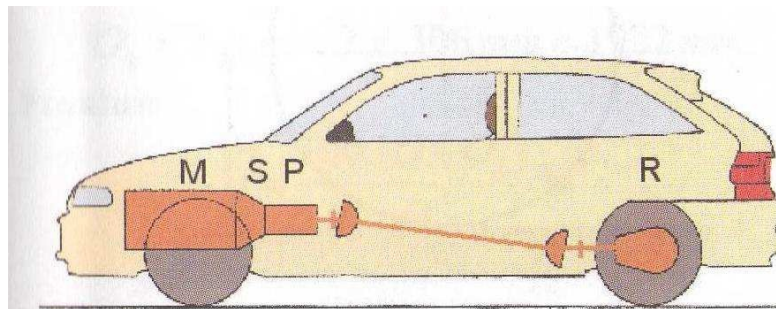
3.2. Potřebné úpravy vozidla pro kontrolovatelnou jízdu ve smyku

3.2.1. Koncepce vozidla

Pro vozidla určená pro jízdu ve smyku se používá z 99 % klasická koncepce. Jedná se o koncepci, která má motor, spojku a převodovku uloženy vpředu a pohon od převodovky na rozvodovku je zajištěn pomocí kloubového hřídele. Rozvodovka je uložena v kleci zadní nápravy. Tato koncepce je nejvhodnější z důvodu rozložení hmotnosti, která při dobrém uspořádání všech komponentů dosahuje rozložení hmotnosti mezi PN a ZN 50 na 50 %. Dále je nutné, aby vozidlo, které je určeno pro jízdu smykem bylo dobře kontrolovatelné a dobře ve smyku ovladatelné. Tohoto docílíme právě pohonem zadní nápravy, kterou tato koncepce splňuje.

Z výběru koncepce vyplývá i výběr karoserie závodního vozidla. Používají se karoserie vozidel, které jsou již z výroby upraveny právě pro klasickou koncepci. Je to z toho důvodu, protože úprava takového vozidla, které má již karoserii připravenou pro klasickou koncepci je podstatně jednodušší. Karosérie vyrobená pro klasickou koncepci má již z výroby tunel pro převodné ústrojí, a pro spojovací kloubový hřídel. Dále také má přizpůsobenou zadní část pro připevnění hnací nápravy a rozvodovky s diferenciálem ke karoserii.

3.2.2. Ukázka klasické koncepce



obr. 3: Klasická koncepce [3]

M – motor

S – spojka

P – převodovka

R – rozvodovka s diferenciálem

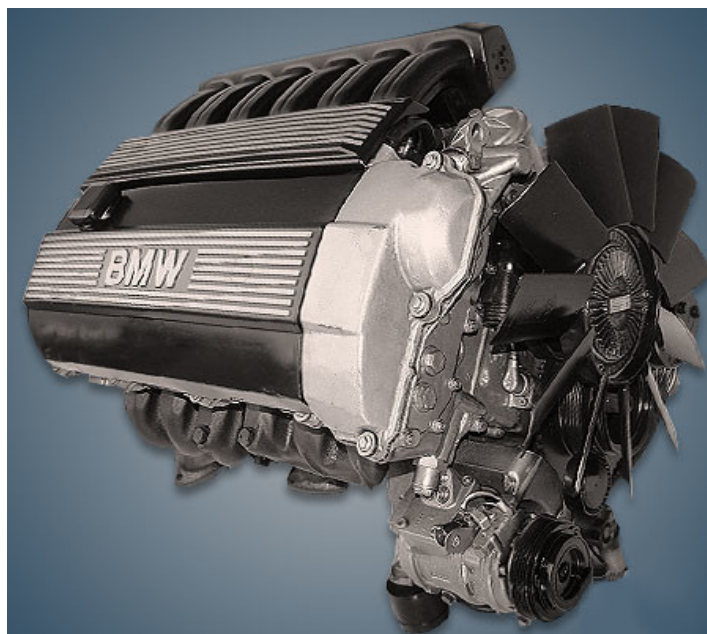
Jediná nevýhoda této koncepce je nutnost použití kloubového hřídele pro přenos sil a momentů na zadní nápravu. Kloubový hřídel musí být správně vyvážený a správně nadimenzovaný na otáčky ve kterých se pohybuje. Dále musí mít přesně navržené rozměry jako je délka a průměr. Kloubové hřídele jsou totiž náchylné na torní kmitání. Pokud by se kloubový hřídel dostal do kritických otáček (otáčky při kterých dochází k torznímu kmitání) docházelo by k nepříjemným vibracím a k velkému opotřebování ložisek ve kterém je kloubový hřídel uložen a také k velkému namáhání celého převodového ústrojí.

3.3. Hnací ústrojí

Pro úspěšný návrh nebo úpravu vozidla pro jízdu smykem je potřeba aby vozidlo mělo dostatečně silné hnací ústrojí s dostatečnými parametry. Jelikož se vozidlo na závodní trati musí po celou dobu pohybovat ve smyku je potřeba určitého krouticího momentu a také dostatečného výkonu. Pro nejnižší kategorie se udává minimální výkon pohonného ústrojí v rozmezí cca 130-150 kW. Toto je ale výkon, který dostačuje opravdu jenom v těch nejnižších kategoriích. Pro vyšší kategorie se uvádí dostatečný výkon okolo cca 330-450 kW. V nejvyšších kategoriích se objevují i vozidla která mají výkon i přes 750 kW. Tyto vozidla mohou mít i nastavitelné palivové mapy motoru, a tudíž si výkon mohou upravovat podle dané trati, počasí nebo terénu. V následující části si představíme nejpoužívanější typy hnacích ústrojí, které se používají pro přestavbu vozidel na drifting. [1]

3.3.1. Řadové šestiválcové motory BMW

Motor BMW M50B25 je jeden z nejpoužívanějších agregátů pro driftové závody v ČR v nižších kategoriích. Jedná se o řadový benzínový atmosférický šestiválcový motor, který je velmi spolehlivý a má dostatečně dobré parametry. Potenciál tohoto motoru je velmi veliký z důvodu jeho robustnosti, celkové odolnosti a nenáročnosti na servis a údržbu. Byl sériově používán v modelech BMW řady 3 s označení E36 a řady 5 označení E34. Výhoda tohoto motoru je, že pokud jeho výkonová charakteristika není dostačující, lze motor upravit a přidat k němu přeplňování např. pomocí turbodmychadla. Úprava není nějak náročná a motor s přidaným přeplňováním nemívá většinou žádné problémy i když z výroby se jedná o atmosférický motor. Po této úpravě je motor schopen pracovat s výkonem až cca 330 kW dle použitých komponentů. [6]



obr. 4: Motor BMW M50B25 [5]

3.3.2. Tabulka parametrů motoru:

Tabulka 3: Parametry motoru BMW M50B25 [6]

Označení motoru	M50
Roky vydání	1990 - 1996
Materiál bloku válců	litina
Zásobovací systém pliva	injektor
Typ	v souladu
Počet válců	6
Ventily na válec	4
Zdvih pístu (mm)	75
Vrtání válce (mm)	84
Kompresní poměr	10, 10,5 (TU)
Zdvihový objem motoru (cm ³)	2494
Výkon motoru (hp/ot)	192/5900
Točivý moment (Nm/ot)	245/4700
Pohonné hmoty	95
Envoromentální normy	Euro 1
Hmotnost motoru (kg)	198

3.3.3. Vidlicové osmiválcové motory BMW

Tam, kde nedostačuje předchozí šestiválcový motor od BMW, bývá použit osmiválcový motor opět opět ze stáje BMW. Jedná se o motor BMW M62B44, vidlicový osmiválcový atmosférický benzínový motor. Vyznačuje se mnohem lepší charakteristikou v nižších otáčkách a mnohem lepšími parametry než předchozí šestiválcový motor.

Opět je zde možnost úpravy pomocí přeplňování turbodmychadlem. Ve spoustě případů ale po této úpravě bývají s motorem problémy a jeví se časté poruchy.

Výkon motoru je bez úpravy 210 kW a 420 Nm točivého momentu, což jsou dostačující parametry pro účel na driftové závody. Nevýhoda je ovšem vysoká hmotnost tohoto agregátu a také velké rozměry. [8]



obr. 5: Motor BMW M62B44 [7]

3.3.4. Parametry motoru:

Tabulka 4: Parametry motoru BMW M62B44 [8]

Kód výrobce	M62B44 (4.4 V8)
Rodina motorů	M62
Palivo	benzín
Zdvihový objem	4398 ccm
Výkon motoru	210 kW (286 PS)
Točivý moment	420 Nm
Rozvod	DOHC
Válce	8
Počet ventilů	32
Vrtání x zdvih	92 x 82,7 mm

3.3.5. Použití ve vozidlech:

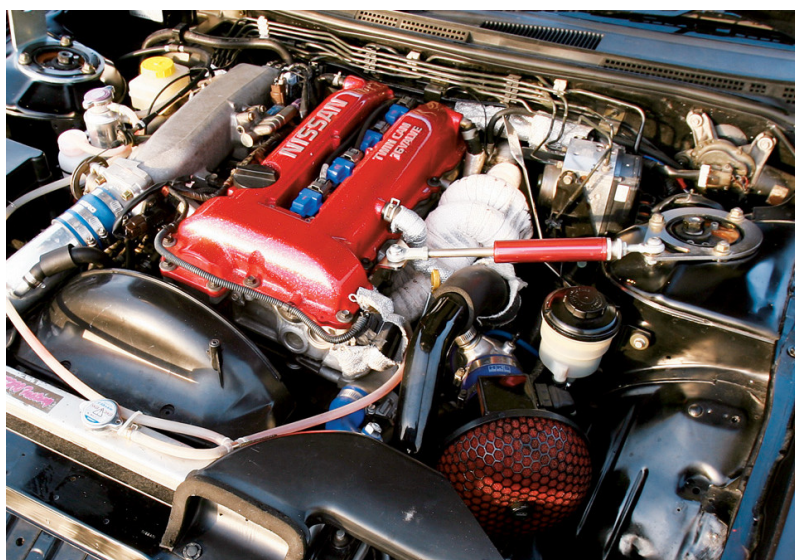
Tabulka 5: použití motoru BMW M62B44 [8]

rok	model
1996 - 1998	5 E39 540i
1996 - 1998	7 E38 740i
1996 - 1998	7 E38 740iL
1996 - 1997	8 E31 840Ci

3.3.6. Čtyřválcové přeplňované motory Nissan

U závodů v kategorii střední třídy se také velmi často objevuje motor SR20DET od značky NISSAN. Jedná se o čtyřválcový, řadový, benzínový motor, který je přeplňován turbodmychadlem. Tato pohonná jednotka disponuje výkonem 147 kW a točivým momentem 265 N.m. Jedná se o malý ale velmi spolehlivý motor s velkým potenciálem. Byl používán u tehdy velmi populárního vozu Nissan Silvia neboli 200 SX. [10]

Tento motor je schopný po osazení klikového ústrojí kovanými komponenty a použitím lepšího turbodmychadla dosahovat výkonu cca 370 kW To je pro závody kategorie střední třídy zcela dostačující.



obr. 6: Motor NISSAN SR20DET [9]

3.3.7. Parametry motoru:

Tabulka 6: parametry motoru NISSAN SR20DET [10]

Kód výrobce	SR20DET
Rodina motorů	SR
Palivo	benzín
Zdvihový objem	1998 ccm
Výkon motoru	147 kw (200 PS)
Točivý moment	265 Nm
Příprava Paliva	vícebodové vstřikování (MPFI)
Přeplňování	turbodmychadlem
Rozvod	DOHC
Válce	4 / v řadě
Počet ventilů	16
Vrtání x zdvih	86 x 86 mm

3.3.8. Vidlicové osmiválcové motory LS Corvette

V USA pro vyšší kategorie, dnes ale i u nás, jsou populární vidlicové atmosférické osmiválcové benzínové motory od značky Chevrolet Corvette. Nejvíce používaný je motor třetí generace s označením LS3. Tato pohonná jednotka je spolehlivá, má velmi dobré parametry a výborné jízdní vlastnosti. Díky použití 8 válců a velkého zdvihového objemu má motor velmi dobrou charakteristiku již od nízkých otáček. Zdvihový objem je 6.2 litru, při výkonu 310 kW a točivým momentu 563 N.m. Takovýchto parametrů žádné evropské motory nedosahují, a proto se motor stává velmi populární i u nás v Evropě.

Tato pohonná jednotka je nejznámější z modelu Chevrolet Corvette C6, do kterého byla sériově dodávána. Velkou výhodou tohoto motoru je hliníková konstrukce bloku motoru, díky které je motor velmi lehký. Jeho hmotnost je pouze cca 170 kg. Je to jeden z mnoha důvodů proč se motor také velmi často nahrazuje do jiných vozidel namísto originálních motorů. [12]



obr. 7: Motor Chevrolet LS3 Corvette [11]

3.3.9. Parametry motoru:

Tabulka 7: Parametry motoru Chevrolet LS3 Corvette [12]

Kód výrobce	LS3 (6,2 V8)
Rodina motorů	LS GM small block
Palivo	benzín
Zdvihový objem	6132 ccm
Výkon motoru	310 kW (422 PS)
Točivý moment	563 Nm
Příprava Paliva	vícebodové vstřikování (MPFI)
Přepřínování	-
Rozvod	OHV
Válce	8 / vidlicový
Počet ventilů	16
Vrtání x zdvih	103,25 x 92 mm
Kompresní poměr	10,7:1

3.3.10. Šestiválcové přeplňované motory Toyota

Jeden z nejslavnějších motorů používaný v nejvyšších kategoriích i na světových třídách je od značky Toyota. Jedná se o řadový šestiválcový, benzínový, přeplňovaný motor s označením 2JZ-GTE. Je známý z mnoha důvodů. Největší zásluhu na tom ale má model vozidla Toyota Supra MK 4, do které byl tento agregát sériově dodáván. Jedná se o jedno z nejpůvodnějších vozidel vůbec díky prvnímu dílu filmu Rychle a ztěsile. Popularita tohoto motoru je ale zvýšena díky jeho potenciálu. V sériovém stavu má motor výkon 239 kW a točivý moment 441 N.m. Jednotka je schopna ale v sériovém stavu pracovat s výkonem až 550 koní (410 kW). [14]

Profesionální závodníci, kteří v tomto motoru používají kované komponenty a kvalitní speciální turbodmychadla, jsou schopni z motoru dostat výkon, který se přibližuje k hranici 740 kW.



obr. 8: Motor NISSAN 2JZ-GTE [13]

3.3.11. Parametry motoru:

Tabulka 8: Parametry motoru Toyota 2JZ-GTE [14]

Kód výrobce	2JZ-GTE
Typ motoru	čtyřdobý, řadový šestiválec
Vyráběno v letech	1999-2005
Palivo	Benzín
Zdvihový objem	3.0 L (2997 ccm)
Vstřikování	Vícebodové
Plnění válce	přeplňovaný turbodmychadlem
Výkon	239 kW při 5600 ot./min.
Maximální točivý moment	441 Nm při 3600 ot./min.
Pořadí zapalování válců	1-5-3-6-2-4
Hmotnost	230 kg

V dnešní době je možné upravit takřka jakýkoliv spalovací motor podle svých představ. Díky moderním technologiím a spoustě náhradních a upgradovacích dílů jsou téměř neomezené možnosti úprav vozidel, které jsou určeny pro jízdu smykem na závodním okruhu. Je tu ovšem otázka spolehlivosti a výdrže daných komponentů, a na to navazuje celková spolehlivost a výdrž celých pohonných agregátů.

Představené spalovací motory jsou jedny z nejvíce používaných pohonných agregátů pro vozidla určená pro jízdu smykem, z toho důvodu, že jsou již z originální výroby konstrukčně velmi dobře řešené. Mají dobré parametry, velkou spolehlivost a také dobrou výdrž při velké zátěži.

Z uvedených pohonných agregátů jsem se rozhodl pro svou úpravu použít poslední zmíněný spalovací motor 2JZ-GTE od značky Toyota. Tento motor má pro přestavbu vozidla BMW E92 nejlepší a nejvýhodnější parametry a také jeho softwarová úprava není složitá a dá se bez nutných větších zásahů do konstrukce motoru získat dostatečný výkon pro driftové závody.

Originální výkonové parametry tohoto motoru nejsou ale pro účely jízdy smykem na závodním okruhu ve vyšších kategoriích dostačující. Je potřeba použít programovatelnou řídicí jednotku a upravit výkonové parametry motoru tak, aby vyhovovaly zamýšlenému používání. Z tohoto důvodu pro tento motor volím řídicí programovatelnou jednotku ECUMASTER EMU BLACK. Jedná se o programovatelnou závodní řídicí jednotku, díky které lze upravovat spoustu různých veličin, které slouží k řízení motoru. Lze upravovat např. plnicí tlak turbodmychadla, různé nastavení práce a polohy škrtkové klapky, změnu předstihu, změnu doby a délky vstřiku paliva, nastavení lambda sond atd. Další výhodou této programovatelné řídicí jednotky je možnost nastavení více palivových map, které se dají libovolně za určitých podmínek přepínat. Jezdec má možnost si díky této jednotce nastavit palivovou mapu podle typu trati nebo počasí. Např. pokud bude deštivé počasí a trať bude mokrá, jezdec si přepne mapu, která je nastavena na nižší výkon a nižší točivý moment, aby bylo vozidlo lépe ovladatelné na mokré trati. Pokud budou na trati ideální podmínky zvolí si naopak palivovou mapu, která je nastavena na nejvyšší výkon vozidla.

Díky této programovatelné řídicí jednotce bude možné upravit výkon vozidla až na cca 530 koní (397 kW) a 660 Nm točivého momentu. Toto jsou parametry, které jsou ještě bezpečné pro sériový motor bez nutnosti větších mechanických úprav. [15]



obr. 9: Řídicí jednotka ECUMASTER EMU BLACK [15]

3.4. Spojka

Pokud pro vozidlo byl zvolen určitý hnací agregát s danými parametry, které jsou krouticí moment, otáčky a výkon, je potřeba také zvolit vhodnou spojkovou sadu, která bude schopna všechny tyto parametry bez problémů přenést na převodové ústrojí a dále na hnací hřídele a kola.

Spojková sada je pro závody velmi důležitým členem hnacího ústrojí. Spojka zde slouží k přenosu výkonu, k řazení rychlostních stupňů, pro rozjezd vozidla stejně tak jako u ostatních vozidel. Dále je ale velmi často spojka používána k tzv. rozhození vozidla do smyku a také při různých korekcích při jízdě ve smyku, kdy řidič velmi často při jízdě smykem tzv. „kope“ do spojky aby udržel vozidlo v požadovaném směru, nebo z důvodu korekce při dojíždění vedoucího vozidla. V těchto případech je spojka velmi namáhána a je tedy požadováno, aby spojková sada byla schopna přenášet vysoký výkon, ale také aby byla přizpůsobená pro náročný provoz.

3.4.1. Spojková sada competition clutch (CCI) pro 2JZ-GTE



obr. 10: Spojková sada CCI [16]



obr. 11: Rozložená spojková sada CCI [17]

Jedná se o sadu multi-kotoučové spojky (MPC) Competition Clutch (MPC), která poskytuje rychlé zvýšení výkonu při vynikající ovladatelnosti. Jedná se o provedení se dvěma třecími kotouči. Spojka je vyladěna pro nejlepší jízdní vlastnosti. Dva plné kotouče o průměru 240 mm se používají ve spojení s výkonným přitlačným talířem, a poskytují tak další třecí plochu pro záběr. Celoplošné disky jsou z keramického materiálu. Ocelový setrvačnick je obráběný na CNC stroji a je vyvážený. [16]

Spojka je určena přímo pro motor 2JZ GTE se zvýšeným výkonem. Tento typ je pro stage 2, což znamená, že spojka je dimenzována pro výkon v rozmezí 500-800 koní a maximální krouticí moment 1016 NM. Tento model přesně splňuje parametry pro přestavbu zvoleného vozidla, volím tedy pro úpravu tuto spojkovou sadu. [16]

3.5. Převodovka

Pokud již byl zvolen určitý hnací agregát se spojkovou sadou, je nutné zvolit k těmto komponentům vhodnou převodovku, která bude s celým hnacím ústrojím sladěna tak, aby vše plynule a bez problémů fungovalo.

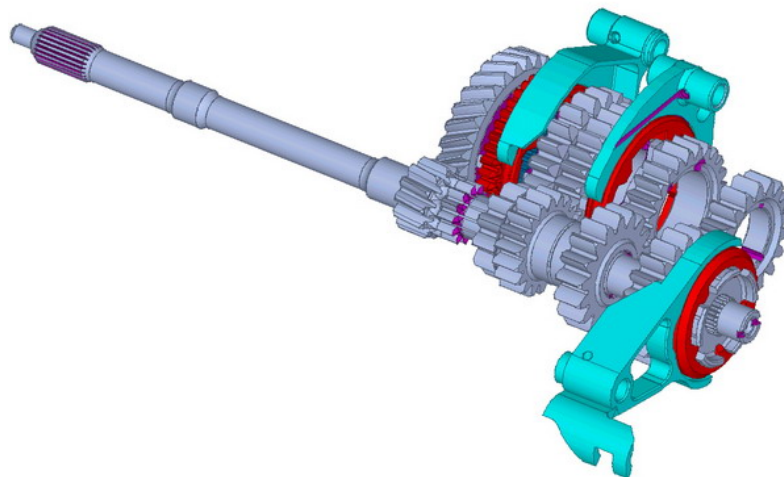
V tomto případě úpravy jsou vhodné pouze 2 varianty. První variantou je použití diesellové převodovky pro BMW pro motory s označením N57. Jedná se o šesti stupňovou manuální převodovku, která je určena pro modely BMW E90, E91, E92 a E93 s označením 330d. Jelikož se jedná o převodovku určenou pro diesellové motory, tak je konstrukčně dimenzovaná na velký krouticí moment a velký nájezd kilometrů. Díky tomu má tato převodovka velmi dobrou výdrž a měla by vydržet větší zátěž.

Druhým, výhodnějším, ale dražším řešením je použití sekvenční závodní převodovky. Toto řešení je mnohem lepší z hlediska rychlosti řazení jednotlivých rychlostních stupňů, a i z hlediska přesnosti, pohodlnosti řazení, a hlavně velké úspore hmotnosti převodovky.

Připevnění převodovky k motoru Toyota 2JZ-GTE je řešeno pomocí speciálního adaptéru.

3.5.1. Princip funkce sekvenční převodovky

Sekvenční převodovka se od klasické převodovky liší hlavně způsobem řazení. Na rozdíl od klasického kulisy řazení ve tvaru H se u sekvenční převodovky řadí rychlostní stupně postupně po jednom pohybem řadící páky vpřed a vzad podobně jako u motorky. Řazení sekvenční převodovkou je rychlejší a většinou umožňuje řazení bez použití spojky. K sekvenčním převodovkám se také používají hydraulické systémy pro řazení pomocí joysticku nebo páček pod volantem. [18]



obr. 12: Sekvenční převodovka-funkce [18]

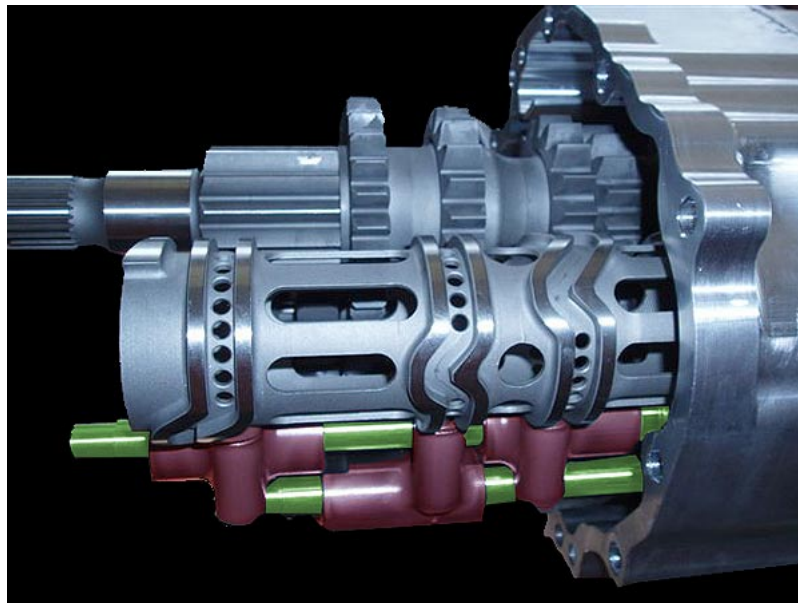
zelená (modrá) barva – řadící vidlice

červená barva – zubové spojky

V každé převodovce musí být alespoň dvě hřídele, z nichž jedna je hnací a druhá hnaná. Ty jsou navzájem spojeny ozubenými koly a každá dvojice ozubených kol tvoří jeden rychlostní stupeň. Převod každého stupně je dán počtem zubů na těchto kolech. Kola na hnací hřídeli

jsou k ní připojená napevno, kdežto kola na hnané hřídeli jsou volně otočná. V převodovce se proto neustále otáčejí všechna ozubená kola. Až zařazením rychlostního stupně dojde k pevnému spojení ozubeného kola na hnané hřídeli se samotnou hřídelí. Ke spojení dojde pomocí zubové spojky. Jádru zubové spojky je spojeno s hnanou hřídelí a přesuvná objímka je přesouvána řadící vidlicí. Až sem, se klasická převodovka od sekvenční příliš neliší. Hlavní rozdíl je ve způsobu ovládání řadících vidlic. [18]

U sekvenční převodovky obstarává pohyb řadících vidlic řadící válec. Ten má v sobě vyfrézované zakřivené drážky, ve kterých jsou uchycené řadící vidlice. Pootočením válce do úhlu odpovídajícího vybranému rychlostnímu stupni dojde zároveň k natočení vodící drážky a vlivem jejího zakřivení i k posunu řadící vidlice po své ose. Zakřivení je navrženo tak, aby v mezních vychýleních došlo k posunutí ozubené spojky do polohy nutné k zařazení nebo naopak vyřazení rychlosti. Při každém natočení řadícího válce dojde k pohybu pouze jedné řadící vidlice. Jedna vidlice spíná dva rychlostní stupně, v každé mezní poloze jeden. [18]



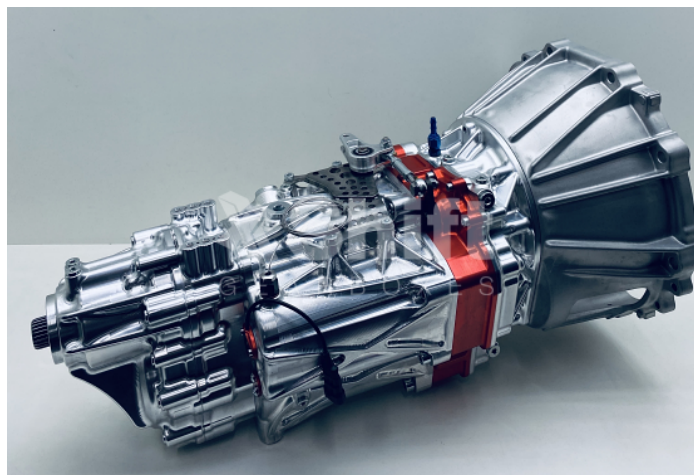
obr. 13: řazení u sekvenční převodovky [18]

červená barva – řadící vidlice

zelená barva – vodící tyče řadících vidlic

Jednotlivé převody jsou chráněné proti samovolnému vyřazení pomocí speciálních zámků. Ty udržují zařazenou rychlost uzamčenou, dokud je motor v záběru. Aby sekvenční převodovka mohla vyřadit, je potřeba aby došlo ke snížení kroutícího momentu a tím i k uvolnění těchto zámků. To je řešeno tak, že řadící mechanismus (přímo v převodovce nebo u řadící páky) je vybaven snímačem, který během přeřazení zajistí krátké odstavení výkonu motoru. To je realizováno přerušením vstřikování paliva a popřípadě i odpojením zapalování. [18]

Jelikož sekvenční převodovka má mnohem více výhod a mnohem nižší hmotnost volím tedy pro úpravu tohoto vozidla univerzální sekvenční šesti rychlostní převodovku upravenou pro připevnění k motoru 2JZ-GTE. Převodovka je určena pro zadní náhon a navržena pro maximální krouticí moment 850 NM.



obr. 14: Šesti rychlostní sekvenční převodovka pro Toyota 2JZ-GTE [19]

3.6. Podvozek (tlumení, pérování)

Volba vhodného tlumení a pérování je jednou z nejdůležitějších částí při konstrukci závodního vozidla určené pro jízdu smykem. Vhodnou volbou je ovlivněna jak říditelnost vozidla, tak jeho schopnost pracovat s daným povrchem po kterém se vozidlo pohybuje. Podvozek se zpravidla pro taková vozidla vybírá co nejtvrdší, nebo se stavitelnou tuhostí, což ovlivňuje chování vozidla při zatáčení a při přejezdech přes nerovnosti na vozovce. Dále je potřeba aby vybrané tlumení a pérování mělo schopnost nastavení světlé výšky. Tato vlastnost je důležitá, protože při jízdě ve smyku je potřeba aby vozidlo mělo co nejnižší světlou výšku, z důvodu co nejnižšího těžiště a také z důvodu lepší směrové stability vozidla. Jako další výhodou výškového nastavení podvozku je přizpůsobení světlé výšky vozidla na různé typy závodních okruhů a různé povrchy okruhů.

3.6.1. Používané typy tlumičů a vypružení:

Výškově a tuhostně stavitelné tlumiče s pružinami HSD Monopro



obr. 15: Stavitelné tlumiče s pružinami HSD Monopro [20]

Jedná se o výškově i tuhostně stavitelné tlumiče s vypružením pro BMW E90, E91, E92, E93. Díky novému typu Monotube od této značky mají tlumiče vylepšené a zesílené tělo. Závit na těle umožňuje nastavení výšky vozidla bez změny vlastností. Monotube design umožňuje použití hrubší pístnice, což zajišťuje lepší rozptyl tepla při dlouhodobém použití na trati. Každý tlumič umožňuje nastavení odklonu a záklonu (v předu) na svém víceprvkovém horním uložení vybaveném unibalem. [20]



obr. 16: Horní uložení předních tlumičů [20]



obr. 17: Nastavení výšky podvozku [20]

Na levém obrázku je znázorněno horní uložení předních tlumičů podvozku HSD, které umožňuje nastavení odklonu a záklonu tlumiče.

Na pravém obrázku je zobrazen pohled na závit, díky kterému je možné nastavovat výšku podvozku.

Sportovní nastavitelné tlumiče s pružinami BC Racing BR-RA



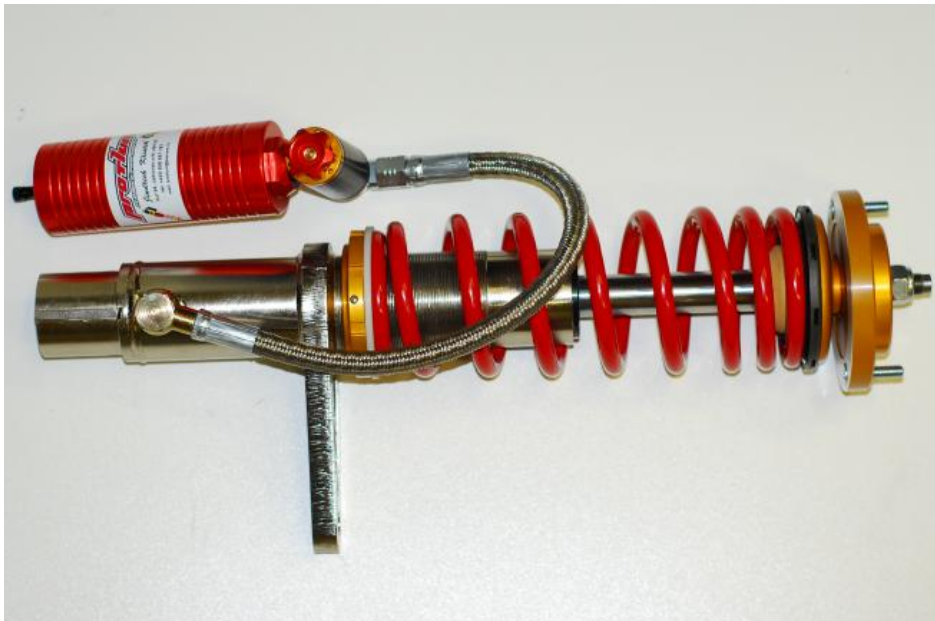
obr. 18: Stavitelný podvozek BC Racing [21]

Jedná se opět o tuhostně i výškově stavitelné sportovní tlumiče s pružinami pro BMW E92. Každý tlumič má možnost 30 nastavení tuhosti, takže je podvozek možné naladit dle individuálních požadavků jezdce. BR série využívá 46 mm pístnici a 53 mm tělo tlumiče s cílem maximalizovat objem oleje v tlumiči. Dále má pevné gumové nebo hliníkové horní uložení (v závislosti na modelové řadě BR série). Na modelech se zavěšením MC pearson má možnost nastavení odklonu. Nastavení světlé výšky je zde spodní maticí na těle tlumiče (změnou výšky nedochází ke stlačení pružiny a změně trajektorie pohybu tlumiče). Nastavení předpětí pružin je zde pomocí horní matice. [21]

Základní tuhost předních pružin: 8 kg / mm [21]

Základní tuhost zadních pružin: 12 kg / mm [21]

Tlumiče s pružinami Protlum Top Race ARV (Active Reebound Valve)



obr. 19: Podvozek Protlum Top Race ARV [22]

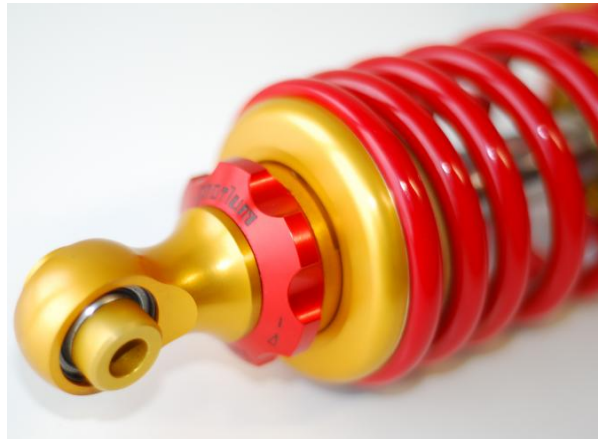
Jedná se o dvouplášťové plynokapalinové tlumiče určené pro závodní použití v nejtěžších podmínkách s možností individuálního nastavení útlumových sil pomocí regulačních prvků. Tlumiče jsou vybaveny vyrovnávací nádobkou pro oddělení olejové a plynové náplně. [22]

Výhodou tohoto řešení je, že během provozu nemůže dojít ke zpěnění olejové náplně a tím ke změně útlumových sil a zhoršení činnosti tlumiče. Nezanedbatelnou výhodou je i vyšší objem oleje, který zabezpečuje lepší odvod tepelné energie po celém povrchu obalu tlumiče. [22]

Podvozek Top Race ARV má navíc aktivní ventil roztahování, který upravuje roztahovací útlum (rebound) v závislosti na tom, jestli je kolo v kontaktu se zemí, nebo ve vzduchu a zajišťuje maximální trakci. Dál je zde navíc termoventil, upravující polohu regulace reboundu v závislosti na teplotě tlumiče a také hydraulický doraz roztahování. [22]



obr. 20: Vyrovnávací nádobka tlumiče Protlum [22]



obr. 21: Dolní uložení tlumiče Protlum [22]

Z představených nejpoužívanějších typů tlumičů s pružinami si pro svou úpravu volím tyto tlumiče a pružiny Protlum Top Race ARV. Jedná se o tlumiče s pružinami od českého výrobce, které mají z představených komponentů nejlepší vlastnosti a přizpůsobení právě pro jízdu smykem. Tyto tlumiče s pružinami jsou odzkoušeny již na několika vozidlech, které absolvují driftové závody a jsou dobře přizpůsobitelné pro rejdový kit, kterému se budu v této práci dále také věnovat.

3.7. Diferenciál

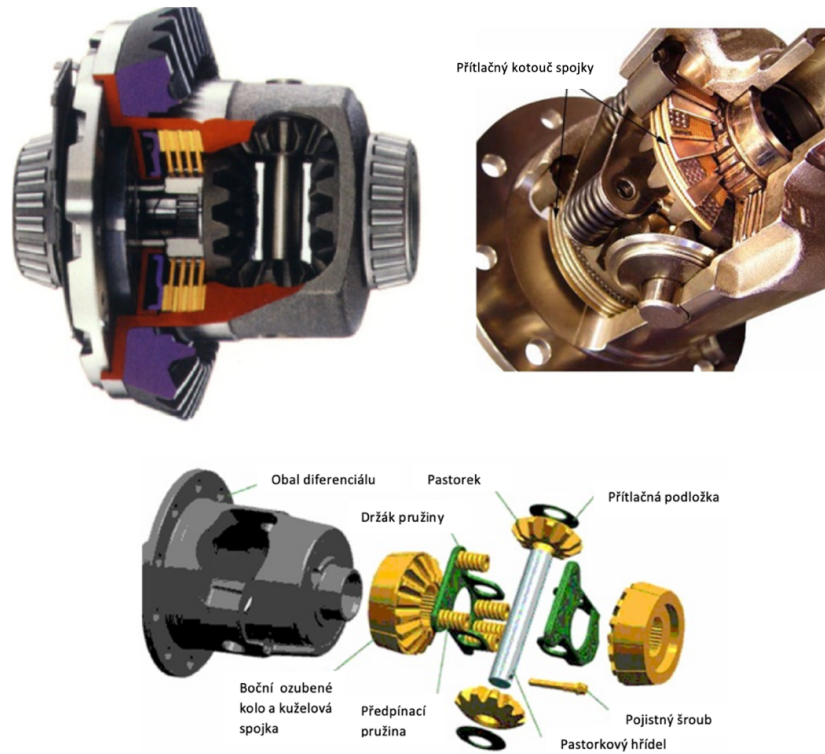
U vozidla upravovaného pro jízdu smykem, je potřeba aby se nejlépe obě jeho hnací kola otáčela stejně. O rozdělení hnacího momentu na kola se stará právě rozvodovka s diferenciálem. V sériové výrobě ale u osobních vozidel bývá diferenciál konstrukčně řešen tak, že hnací moment je na kola rozdělen nestejně a umožňuje otáčení každého hnacího kola samostatně, nezávisle na kole druhém z důvodu průjezdu směrovým obloukem, kdy každé kolo opisuje jinou dráhu a je potřeba aby se otáčelo různými otáčkami. Toto umožňuje otevřený diferenciál. U terénních vozidel se používá tzv. uzávěrka diferenciálu, kdy si řidič vozidla, pokud je to potřeba může diferenciál tzv. uzamknout pomocí aretačních nebo třecích prvků, v tomto případě je hnací moment na obou kolech stejný a kola se tak otáčejí stejnými otáčkami. Pro případ závodního vozidla je toto řešení ale nevhodné. Používají se nejčastěji jiná dvě řešení. Nejlepší varianta je použití samosvorného diferenciálu. Jako druhá varianta se používá diferenciál zavařený.

3.7.1. Samosvorný diferenciál

Samosvorný diferenciál neboli LSD (limited slip differential). Je opakem otevřeného diferenciálu. Existují různé typy a různé konstrukce. Nejdůležitějším parametrem je ale svornost diferenciálu. Udává se v procentech. Např 50% svornost. Pokud se bude jedno kolo odvalovat na povrchu s nízkým součinitelem smykového tření (malou adhezí) a druhé kolo naopak na povrchu s vysokým součinitelem smykového tření (dobrou přilnavostí), bude se na druhé jmenované kolo přenášet trojnásobný točivý moment, než jaký je schopno přenést kolo odvalující se na klzkém povrchu. Dělení hnacího momentu mezi obě kola téže nápravy bude v danou chvíli 75:25 %.

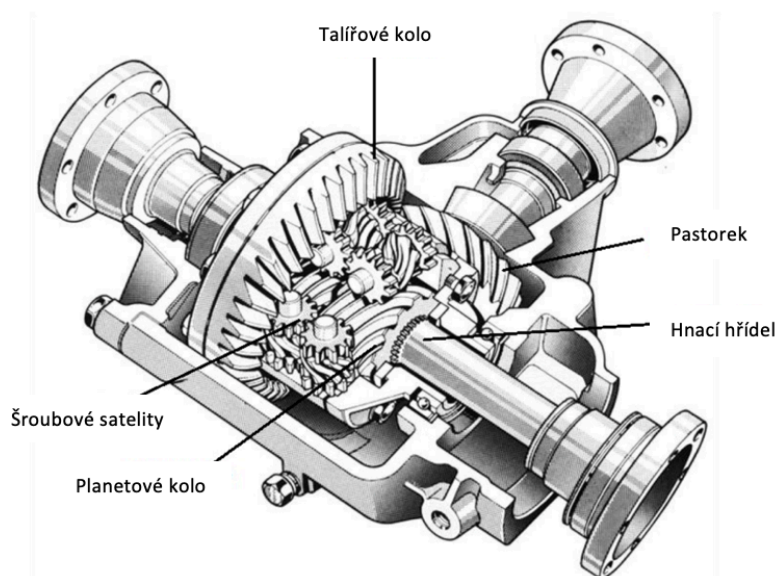
V současnosti je nejvíce rozšířený samosvorný šroubový diferenciál torses. Slovo „torses“ je akronymem slov „torque sensing“ neboli citlivý na točivý moment. Správně je to tak, že velikost třecího momentu diferenciálu je závislá na velikosti vstupního momentu do diferenciálu. Tedy čím větší hnací moment na diferenciál přivádíme, tím je jeho svorný účinek (daný vnitřním třením) větší. [23]

3.7.2. Ukázka samosvorného diferenciálu LSD



obr. 22: Samosvorný diferenciál LSD [24]

3.7.3. Ukázka samosvorného diferenciálu Torsen



obr. 23: Samosvorný diferenciál Torsen [24]

3.7.4. Zavařený diferenciál

Toto provedení se používá velmi často u nižších kategorií závodů. Jedná se totiž o mnohem levnější řešení, jak upravit otevřený diferenciál. Samosvorné diferenciály jsou obecně velmi drahé.

Pokud se jedná o zavařený diferenciál, tak jde pouze o úpravu originálního otevřeného diferenciálu. Úprava se provádí tak, že do prostoru, kde se ozubená kola v diferenciálu stýkají se vloží ocelová destička a celým tomto prostoru mezi ozubenými koly a destičkou se provede svar. Hnací kola se tak napevno spojí a zabrání se tak rozdílnému otáčení obou hnacích kol. Tato úprava má spoustu nevýhod. Převodové i hnací ústrojí je mnohem více namáháno a z toho důvodu dochází často k poruchám. Pokud svar není proveden důkladně, může se stát, že při vyšší zátěži praskne ozubené kolo diferenciálu nebo samotný svar.

3.7.5. Ukázka zavařeného diferenciálu:



obr. 24: Zavařený diferenciál BMW E36 [25]

Z uvedených možností používaných diferenciálů pro vozidla určená po jízdě smykem jsem se rozhodl zvolit SAMOSVORNÝ DIFERENCIÁL KAAZ (LSD) 2WAY TOYOTA SUPRA, JZA80 2JZ-GE, 93.05-96.05

Jedná se o lamelový dvousměrný samosvorný diferenciál určený pro motor 2JZ-GTE. Tento dvousměrný diferenciál je konstruován tak, aby měl maximální uzávěrku při akceleraci a také při zpomalování. Tento druh samosvorného diferenciálu zajišťuje dobrou kontrolu a stabilitu při tvrdém brzdění v případech dobržďování až při apexe zatáčky než na rovném úseku před zatáčkou. Dvousměrný diferenciál je nejvhodnější pro driftování, díky své rychlé uzávěrce a schopnosti svornosti i při rychlých změnách směru při driftování nebo dokonce při přerazení během jízdy ve smyku. Tento diferenciál je znázorněn na obr. 25. [26]



obr. 25: Lamelový samosvorný diferenciál LSD [26]

Dále je třeba zmínit že k přenosu výkonu a točivého momentu z převodovky na diferenciál je na vozidle určen kloubový hřídel. Jelikož se jedná o klasickou koncepci vozidla, je mezi převodovkou a diferenciálem velká vzdálenost. Aby bylo možné daný točivý moment a výkon přenést na zadní nápravu je potřeba kloubový hřídel. Tento hřídel musí být správně z výroby konstrukčně sestaven tak, aby při jízdě nedocházelo k torznímu kmitání neboli vibracím, a aby se tyto vibrace nepřenášeli dále na karoserii. Kloubový hřídel musí proto být správně vyvážen. Při této úpravě vozidla není potřeba kloubový hřídel nějak upravovat, originální vozidlo s motorizací 335i má kloubový hřídel dostatečně nadimenzován pro přenos výkonu i točivého momentu i po výměně hnacího a převodového ústrojí upraveného na vyšší parametry.

Posledním členem pro přenos výkonu na kola jsou hnací hřídele. Slouží k přenosu výkonu a točivého momentu z diferenciálu přímo na vozidlová kola. Hnací hřídele originálního vozidla s motorizací 335i jsou opět nadimenzovány i pro přenos upraveného výkonu a točivého momentu a není tedy potřeba jejich výměna nebo úprava.

3.8. Rejdivé ústrojí

Aby bylo možné vozidlo ve smyku plně kontrolovat a dobře ovládat, je potřeba provést určité změny v rejdivém ústrojí. Pokud se vozidlo pohybuje ve smyku, tak jsou rejdivá kola přední nápravy pořád natáčena z jedné strany na druhou. Je ale nutné, aby se kola natáčela pod správným úhlem z důvodu ovladatelnosti, a aby styk pneumatiky s vozovkou při vytočení kol byl co největší, z důvodu dobré přilnavosti a dobrého držení směru vozidla. Vozidlo také dále potřebuje, aby úhel vytočení kol byl co největší. Originální úhel natočení kol je pro vozidlo určené k jízdě smykem nedostačující. Aby se vozidlo dalo dobře ve smyku ovládat je nutné tento úhel vytočení kol neboli úhel rejdu zvětšit. Dále je tento rejdivý úhel potřebný pro vytvoření co největšího úhlu při smyku vozidla. Při jízdě na vybraných závodních okruzích jsou některé směrové oblouky s velmi malým poloměrem a jezdec v tomto případě musí vytvořit velmi velký úhel natočení vozidla ve smyku, aby bylo možné tento směrový oblouk projet smykem a aby nebyly jezdcí sebrány body za srovnání vozidla.

K vyřešení této problematiky se používají různé úpravy zavěšení kol přední nápravy, nebo různé přídatné adaptéry pro zvětšení úhlu rejdu. Nejlepší řešení je však použití speciálního rejdivého kitu, díky kterému lze rejdivé ústrojí nastavit tak, aby vyhovovalo požadovaným podmínkám ve všech ohledech. Tento rejdivý kit přímo nahrazuje celé zavěšení kol přední nápravy včetně jeho částí, které slouží pro řízení směru vozidla.

3.8.1. Druhy rejdových kitů:

Wisefab BMW e9x Front Lock Kit



obr. 26: Rejdový kit Wisefab e9x [27]

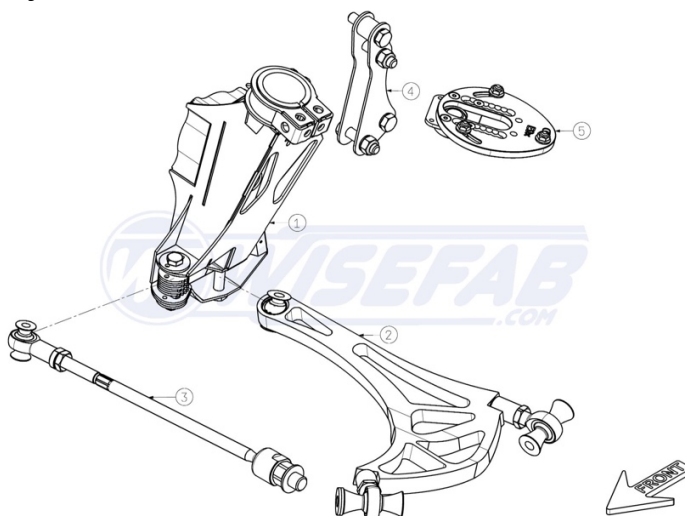
Tento rejdový kit obsahuje těhlice, stavitelná dolní závěsná ramena, horní stavitelné uložení předních tlumičů a stavitelné řídicí tyče. Všechny tyto komponenty rejdového kitu jsou nastavitelné v různých polohách podle potřeby jezdce a daných podmínek.

Rejdový kit umožňuje nastavení sbíhavosti nebo rozbíhavosti předních kol, a dále umožňuje nastavení odklonu, záklonu a příklonu rejdové osy. [28]

Jedná se o jeden z nejpoužívanějších rejdových kitů, pro vozidla značky BMW, a proto pro svou úpravu volím právě tento rejdový kit. [28]

Tento rejdový kit jak již bylo zmíněno umožňuje různé nastavení zavěšení kola. Umožňuje nastavení odklonu kola od svislé osy v rozmezí od $-4,5$ do $+0,5$ °. Nastavení záklonu od 6 do $-0,5$ °. Pokud je Ackermannův úhel nulový nebo záporný, tak sbíhavost je nastavena na 2 mm. Pokud je kladný, tak sbíhavost je 0° . [28]

3.8.2. Popis částí rejdového kitu



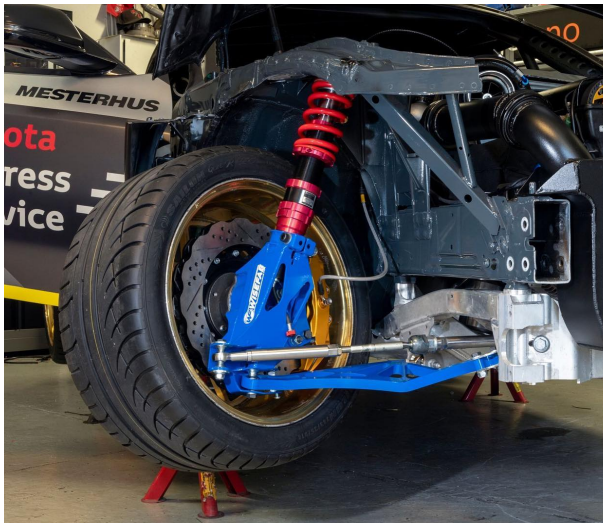
obr. 27: Části rejdového kitu Wisefab e9x [28]

- 1 – těhlice (koleno)
- 2 – dolní závěsné rameno
- 3 – spojovací tyč řízení
- 4 – brzdový adaptér
- 5 – horní nastavitelné uložení tlumiče

Jak již bylo zmíněno, pro jízdu smykem a udržení vozidla ve smyku je velmi důležitý úhel rejdu. Vozidlo z výroby má pro tyto účely úhel rejdu nedostačující. Je proto potřeba ho tímto rejdivým kitem zvětšit.

Originální vozidlo má rejdivý úhel cca 32–35 °. Tento rejdivý kit umožňuje zvětšení rejdivého úhlu až na hodnotu 65°. Lze tedy říci, že se rejdivý úhel pomocí tohoto rejdivého kitu zdvojnásobí. Díky tomuto zvětšení se ovladatelnost vozidla velmi zlepšuje. Jak takový velký rejdivý úhel vypadá je vidět na následujících obr. 28 a 29. [28]

3.8.3. Rejdivý kit na vozidle



obr. 28: Rejdivý kit na vozidle Toyota Supra [29]



obr. 29: Rejdivý kit na vozidle BMW E92 [30]

3.9. Hydraulická ruční brzda

Hydraulická ruční brzda je další velmi důležitou úpravou vozidla, které je určené pro jízdu smykem. Pokud jezdec potřebuje vozidlo přenést z jednoho směru ve smyku do opačného směru, tak právě při této změně směru jezdec ruční brzdu používá. Další časté využití je, když řidič při jízdě ve smyku zvládá udržovat pouze velmi malý úhel natočení vozidla, tak pomocí zatažení ruční brzdy se úhel natočení vozidla ve smyku zvětší.

Hydraulická ruční brzda se používá místo klasické parkovací brzdy s ruční pákou. Originální parkovací brzda je pro závodní účely nevhodná. Má malý brzdový účinek a při jejím zabrzdění zůstane zadní náprava zabrzděna a pro odbrzdění je nutné odjistit pojistné tlačítko. Hydraulická ruční brzda se konstrukčně připojuje k hydraulickému brzdovému okruhu kol zadní nápravy. Pomocí této brzdy je tedy brzděna pouze zadní náprava, díky tomu lze provádět korekce směru vozidla při smykání.

Hydraulická ruční brzda může být buď připojena do okruhu ke kolovým brzdovým válečkům zadních kol. Nebo může mít svůj vlastní brzdový okruh s přidanými vlastními brzdíči na zadní nápravě. Na obr 30. je uveden příklad hydraulické ruční brzdy.

3.9.1. Hydraulická ruční brzda IRP



obr. 30: Hydraulická ruční brzda IRP [31]

Na obrázku je znázorněna konstrukce hydraulické ruční brzdy od značky IRP. Tato značka je jednou z nejpoužívanějších hydraulických ručních brzd při driftových závodech. Jedná se o jednu z dražších variant, ale tato brzda má velmi kvalitní konstrukci a velmi dobře zpracované tělo. Brzda se skládá z 3 hlavních částí. Páky, konstrukce pro upevnění ke karoserii a hydraulického válečku s tyčkou.

3.9.2. Umístění hydraulické ruční brzdy

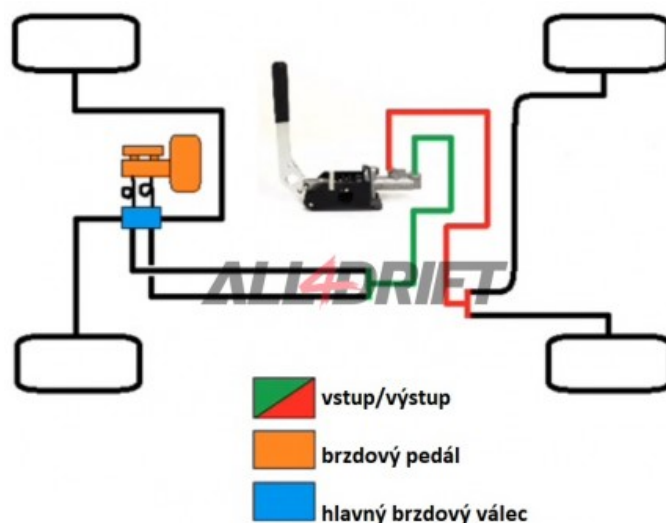
Brzda se pomocí kovové konstrukce připevňuje napevno do interiéru přímo ke karoserii poblíž páky pro řazení rychlostních stupňů viz obr. 31.



obr. 31: Hydraulická ruční brzda v interiéru [1]

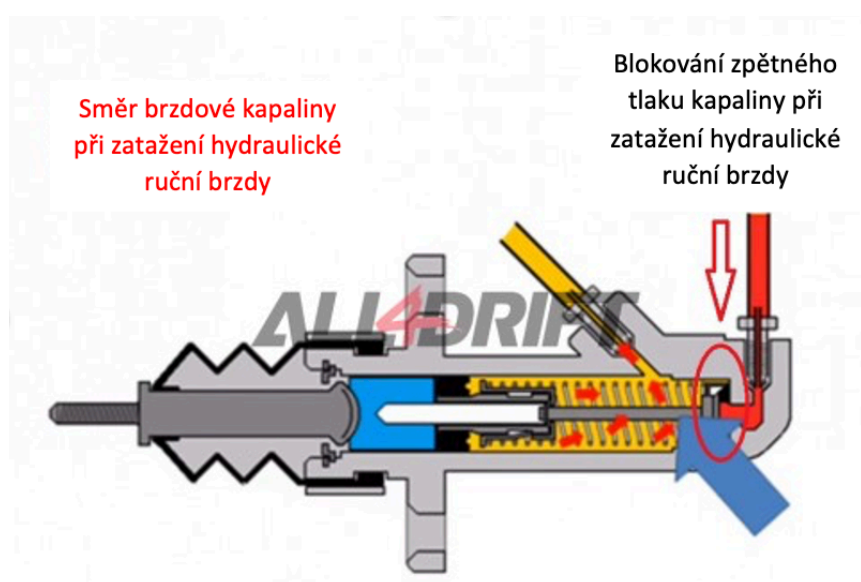
3.9.3. Zapojení hydraulické ruční brzdy do okruhu vozidla

Přeruší se okruh vedoucí k zadním brzdě a napojí se k němu vstup do hydraulické ruční brzdy. Z hydraulické ruční brzdy se okruh zpětně uzavře směrem k zadním brzdě. [32]



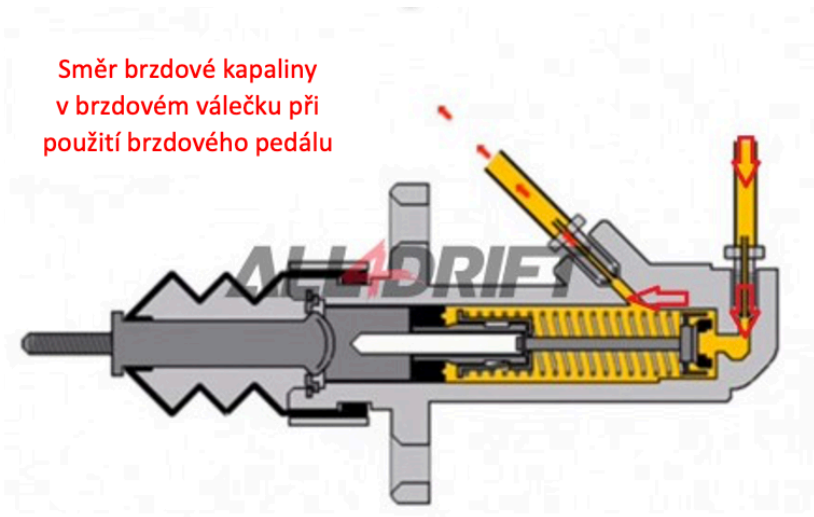
obr. 32: Schéma zapojení brzdy do okruhu brzd vozidla [32]

Při brzdění brzdovým pedálem brzdová kapalina přechází přes brzdový váleček hydraulické ruční brzdy a dochází i k brzdění zadních kol. V případě zatažení ruční brzdy se valeček zpětně uzavře a tlak se tvoří pouze směrem k zadním brzdovým třmenům. Často se po tom natlakuje i zbytek brzdového systému a brzdový pedál zůstává tvrdý a necitlivý pro případné dobrzdování. [32]



obr. 33: Schéma brzdění 1 [32]

V dalším případě, pokud se brzdí brzdovým pedálem a při tom požadujeme zablokování kol zadní nápravy ruční brzdou, opět bude následovat, že ruční brzda je poměrně tuhá a její funkce je mírně nevyzpytatelná. [32]

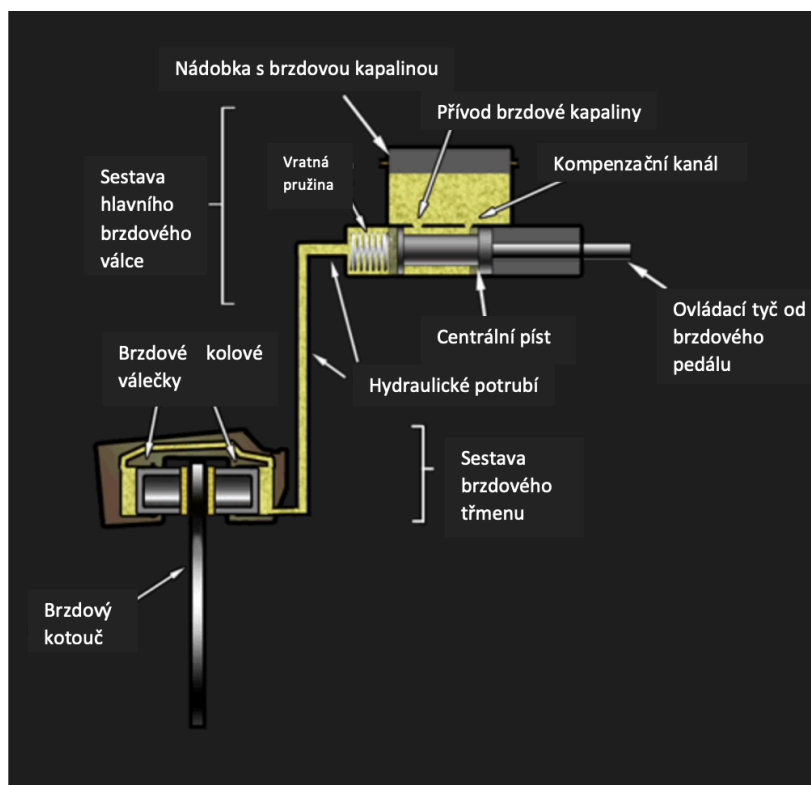


obr. 34: Schéma brzdění 2 [32]

3.9.4. Zapojení pomocí přidavného brzdového třmenu

Použitím vhodného adaptéru se duplikuje počet třmenů na nápravě a k nim se napřímo připojí hydraulická ruční brzda se svojí vlastní nádobkou na brzdovém válci nebo s nádobkou uloženou externě kdekoliv ve vozidle. Dnešní adaptéry existují už pro mnohá vozidla, je možné je připevnit k vozidlu svařením nebo našroubováním do těhlic náprav.

V tomto případě vozidlo sice přijde o ABS (v motorsportu se mnohokrát cíleně nepoužívá), ale stále při používání ruční brzdy nebo brzdového pedálu je zachovaná stoprocentní funkčnost obou systémů. [32]



obr. 35: Schéma zapojení přidavného brzdového třmenu [32]

3.9.5. Přídavný brzdič hydraulické ruční brzdy

Přídavný brzdič hydraulické ruční brzdy se umísťuje na zadní nápravu na brzdový kotouč, nejčastěji na opačnou stranu než brzdič provozních brzd viz obr. 36

Držák třmenu bývá přímo navařen k nápravě.



obr. 36: Přídavný brzdič hydraulické ruční brzdy [1]

Pro úpravu svého vozidla volím již představenou hydraulickou ruční brzdou IRP, i když provedení hydraulické ruční brzdy pomocí přídavného brzdiče je sice finančně náročnější, ale je mnohem spolehlivější a nedochází zde k již zmíněným nevýhodám jako je například tvrdnutí brzdového pedálu nebo tvrdnutí ruční brzdy a zůstává zde 100 % funkčnost obou brzdových systémů. Pro úpravu svého vozidla si tedy volím tento způsob zapojení hydraulické ruční brzdy. Další případná úprava provozních brzd není nutná, při driftingových závodech nedochází k prudkému brzdění ani nějak velkému namáhání provozních brzd, proto jsou dostačující originální provozní brzdy a jejich úprava není potřeba.

3.9.6. Pneumatiky a disky

Driftové závody jsou asi nejnáročnějším motorsportem, co se týče využití pneumatik a jejich spotřeby. Jelikož při driftových závodech musí jet po celou dobu vozidlo smykem, a tím pádem se musí kola zadní nápravy neustále protáčet (prokluzovat), je spotřeba pneumatik opravdu velká. Při jízdě po suchém povrchu, dle trati, dle stylu jízdy a dle výkonu vozidla, pneumatiky na zadní nápravě vozidla vydrží v průměru cca 2 kola závodu. Dá se říci, že co 10 min závodu to 2 nové pneumatiky. Je tedy potřeba vybrat takové pneumatiky, které jsou pro dané vozidlo nejvhodnější, jelikož špatná volba pneumatik by znamenala z hlediska jejich spotřeby velké finanční ztráty.

Pro driftové závody je potřeba aby vozidlo mělo při jízdě co největší grip neboli přilnavost. Vozidlo potřebuje často prudce zrychlovat nebo náhle měnit směr jízdy a také náhle přibrzďovat. Je tedy potřeba aby pneumatiky byly schopny přenášet co nejlépe jak hnací, tak brzdny moment mezi kolem a vozovkou. Je tedy nutná volba pneumatik, které mají takovou směs a takové parametry, které budou všechny tyto požadavky splňovat.

Dalším důležitým faktorem je vhodné zvolení rozměru pneumatik. Pro driftové závody v ČR je největší přípustný rozměr pro kategorii PRO 265 mm šířka a max průměr 18 palců.

3.9.7. Používané pneumatiky pro Drifting

Nejlepší driftingové pneumatiky jsou typicky s mělkým a téměř hladkým dezénem, se širokými rýhami, silnou kostrou a tvrdou vulkanizovanou gumou, která má dobrou odolnost. Tento typ pneumatik má označení SEMI-SLICK TYRE.

Používané pneumatiky pro kola přední nápravy, která se nesmýkají, mají široký a agresivní vzor dezénu. Je obvykle ve V-tvaru nebo se širokými a hlubokými drážkami. Kostra pneumatiky je obvykle modifikována, aby vydržela více tlaku a byla imunní vůči shoření a poškození teplem. Bočnice jsou obvykle zesíleny, aby poskytly pevnější přilnavost na zemi. [33]

Pneumatiky pro kola zadní nápravy, které se smýkají mají obvykle mělký dezén, a někdy dokonce žádný. Toto zajišťuje jednoduchou manévrovatelnost, omezuje adhezi, teplo a zanechává méně pneumatiky na silnici. Kromě vzoru dezénu hraje důležitou roli také odolnost. [33]

3.9.8. Falken Driftingové pneumatiky:

Falken pneumatiky jsou na trhu od roku 1983. Tyto pneumatiky jsou v driftingové komunitě velmi populární. Falken driftingové pneumatiky mají velmi kvalitní vzor dezénu, který se jen tak lehce neopotřebuje. Jejich technologie je na velmi dobré úrovni. [33]

3.9.9. Federal Driftingové pneumatiky:

Federal pneumatiky jsou také velmi dobré pneumatiky pro vozidla určené na drifting. Mají zesílené bočnice a umožňují díky tomu vyšší stabilitu a pevněji sedí na cestě. Dezén je navržen tak, aby poskytoval maximální výkon a je většinou ve V-tvaru. [33]

3.9.10. Nexen Driftingové pneumatiky

Nexen pneumatiky působí na trhu již 71 let, opět mají velmi dobré vlastnosti pro vozidla určená na driftování. Jejich linie má široké a lineární drážky a velmi silnou kostru, a také dobrou odolnost při vyšší zátěži. Co se týče poměru cena výkon jsou na tom velmi dobře. [33]

Z těchto nejčastěji používaných výrobců driftingových pneumatik jsem se rozhodl pro úpravu svého vozidla vybrat pneumatiky od značky Federal tyres. Pro přední nápravu s volím pneumatiky FEDERAL 245/40 R 18 595 RS-RR 93W. Pro zadní nápravu si volím pneumatiky FEDERAL 265/35 R 18 595 RS-R SEMI-SLICK 93W



obr. 37: Přední pneumatika Federal [34]



obr. 38: Zadní pneumatika Federal [35]

Dále je také důležitá volba disků. Pro drifting je velmi individuální. Záleží na každém závodníkovi, jaké disky si zvolí. Nejčastějšími rozhodujícími faktory jsou ovšem cena, design a také hmotnost. Jediné omezení, které v ČR platí je maximální velikost disků a ta činí 18 palců. Výrobce nebo styl disků není daný. Mezi nejčastěji používané výrobce disků pro drifting se v používají značky jako Japan racing, BBS, Haxer, nebo v poslední době velmi populární značka disků mezi drifterů 7 Twenty. Tyto disky se staly v poslední době velmi populární z důvodu, že na nich odjezdil celou sezónu 2021 v Drift Masters Europe jeden z nejlepších drifterů James dean.

Tyto disky mají velmi pěkný design, jsou cenově dostupné a mají i celkem nízkou hmotnost. Proto jsem se rozhodl použít pro tuto úpravu disky 7 twenty style 55 satin black.



obr. 39: Disk 7 Twenty style 55 [36]



obr. 40: Disk 7 Twenty style 55 na vozidle BMW E92 [36]

V poslední části této práce se zaměřuji na tvorbu trakčního diagramu pro originální neupravené vozidlo a dále na tvorbu trakčního diagramu pro upravené vozidlo. Důvodem je zjištění a porovnání trakčních vlastností vozidla před a po úpravě, a také jaký mají úpravy vliv na vozidlo při jízdě. Při sestavování obou trakčních diagramů postupuji podle následujících bodů.

4. Sestavení trakčního diagramu

4.1. Sestavení trakčního diagramu pro originální vozidlo

4.1.1. Vstupní parametry

Aby bylo možné sestavit trakční diagram jsou potřeba znát vstupní parametry vozidla.

Tabulka 9: Vstupní parametry originálního vozidla [4]

Maximální výkon	225 kW při 5800 ot./min.
Maximální točivý moment	400 Nm v rozmezí 1300-5000 ot./min.
Maximální rychlost	250 km/h
Pohotovostní hmotnost	1650 kg
Délka	4580 mm
Šířka	1782 mm
Výška	1395 mm
Rozvor	2760 mm
Součinitel aerodynamického odporu c_x	0,3

4.1.2. Vypočtené parametry

Parametry, které nejsou o vozidle známy je potřeba dopočítat. Tyto parametry jsou vypočteny v následujících krocích.

Obsah čelní plochy $S_{\check{c}}$

zjištěn z parametrů vozidla [37]

$$S_{\check{c}} = 2,08 \text{ m}^2$$

Statický poměr r_s

Změřen 3x na vozidle s označením pneu 225/40 ZR18

$$r_{s1} = 0,295 \text{ m}, r_{s2} = 0,298 \text{ m}, r_{s3} = 0,3 \text{ m}$$

z průměru těchto 3 hodnot vyplývá že $r_s = 0,297 \text{ m}$

Jmenovitý poloměr r_j

Výpočtem z označení pneumatiky 225/40 ZR18

$H = (AR \cdot B) / 100 \dots$ kde AR je profilové číslo a B je šířka pneumatiky

$$H = (40 \cdot 225) / 100 = 90 \text{ mm}$$

$r_j = D/2 + H$ kde D je jmenovitý průměr ráfku

$$r_j = (18 \cdot 25,4) / 2 + 90 = 318,6 \text{ mm} = 0,319 \text{ m}$$

Porovnání statického a jmenovitého poloměru kola

$$\frac{r_s}{r_j} \cdot 100 \% = \frac{0,297}{0,319} \cdot 100 \% = 93,1\% \quad (1)$$

Při porovnání statického a jmenovitého poloměru kola o rozměru pneu 225/40 ZR 18 jsem zjistil, že statický poloměr má cca 93,1 % velikost jmenovitého poloměru. Jelikož jsem neměl možnost změřit statický poloměr rozměru kola 255/30 ZR19 originálního vozidla, použiji proto tento vztah i pro výpočet statického poloměru originálního vozidla i upraveného vozidla.

Jmenovitý poloměr r_j

Výpočtem z označení pneumatiky 255/30 ZR 19

$H = (AR \cdot B) / 100 \dots$ kde AR je profilové číslo a B je šířka pneumatiky

$$H = (30 \cdot 255) / 100 = \mathbf{76,5 \text{ mm}}$$

$r_j = D/2 + H$ kde D je jmenovitý průměr ráfku

$$r_j = (19 \cdot 25,4) / 2 + 76,5 = \mathbf{317,8 \text{ mm} = 0,318 \text{ m}}$$

Statický poloměr r_s

$$r_s = 0,931 \cdot r_j = 0,931 \cdot 0,318 = \mathbf{0,296 \text{ m}}$$

Dynamický poloměr r_d

$$r_d = 1,03 \cdot r_s = 1,03 \cdot 0,296 = \mathbf{0,304 \text{ m}}$$

Součinitel odporu valení kola

Tabulka 10: Součinitele odporu valení [42]

Povrch	f_k
asfalt	0,01 - 0,02
beton	0,015 - 0,025
dlažba	0,02 - 0,03
makadam	0,03 - 0,04
polní cest - suchá	0,04 - 0,15
polní cesta - mokrá	0,08 - 0,20
travnatý terén	0,08 - 0,15
hluboký písek	0,15 - 0,30
čerství sníh	0,20 - 0,30
bahnitá půda	0,20 - 0,40
náledí	0,01 - 0,025

Vozidlo se pohybuje po asfaltové vozovce, proto volím součinitel odporu valení z tab. 10

$$f = 0,015$$

Převodové poměry pro jednotlivé stupně

stálý převod $i_0 = 3,08$ [41]

Tabulka 11: Převodové poměry originálního vozidla [41]

Převodové poměry							
Rychlostní stupeň	1.	2.	3.	4.	5.	6	R
in	4,06	2,4	1,58	1,19	1	0,87	3,68
ic	12,505	7,392	4,866	3,665	3,080	2,680	11,334

4.1.3. Výpočet jízdních odporů a trakční síly

Aby bylo možné sestavit graf jízdních odporů v závislosti na rychlosti, musí se zohlednit, které odpory na vozidlo v uvažované situaci působí. Trakční síla se vypočítá součtem odporů působících proti pohybu vozidla.

V tomto případě působí proti pohybu vozidla následující opory, které se vypočítají dle následujících vztahů.

Tabulka 12: Výpočty odporů [42]

Odpor valení F_f	$F_f = m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot f$	(1)
Odpor do stoupání F_s	$F_s = m \cdot g \cdot \sin \alpha$	(2)
Odpor vzduchu F_v	$F_v = 0,5 \cdot \rho_v \cdot S_{\xi} \cdot C_x \cdot v^2$	(3)
Trakční síla F_T	$F_T = F_f + F_s + F_v$	(4)

Dále je třeba si zvolit teoretické stoupání vozovky s určitým odstupem od nejmenšího po teoreticky největší stoupání, které by vozidlo bylo schopné vyjet. V dalším kroku se rozloží rychlost vozidla s určitým odstupem od nulové až po nejvyšší, kterou je vozidlo schopné dosáhnout. Po zvolení těchto hodnot se vypočte pro dané rychlosti a dané hodnoty stoupání trakční síla.

Pro ukázkou zde předvedu vzorový výpočet. U všech ostatních výpočtů je postup stejný, a proto jsem všechny ostatní potřebné výpočty provedl v programu Microsoft Excel.

$$F_f = m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot f = 1615 \cdot 9,81 \cdot \cos 5,71 + 0,015 = 236,47 \text{ N} \quad (1)$$

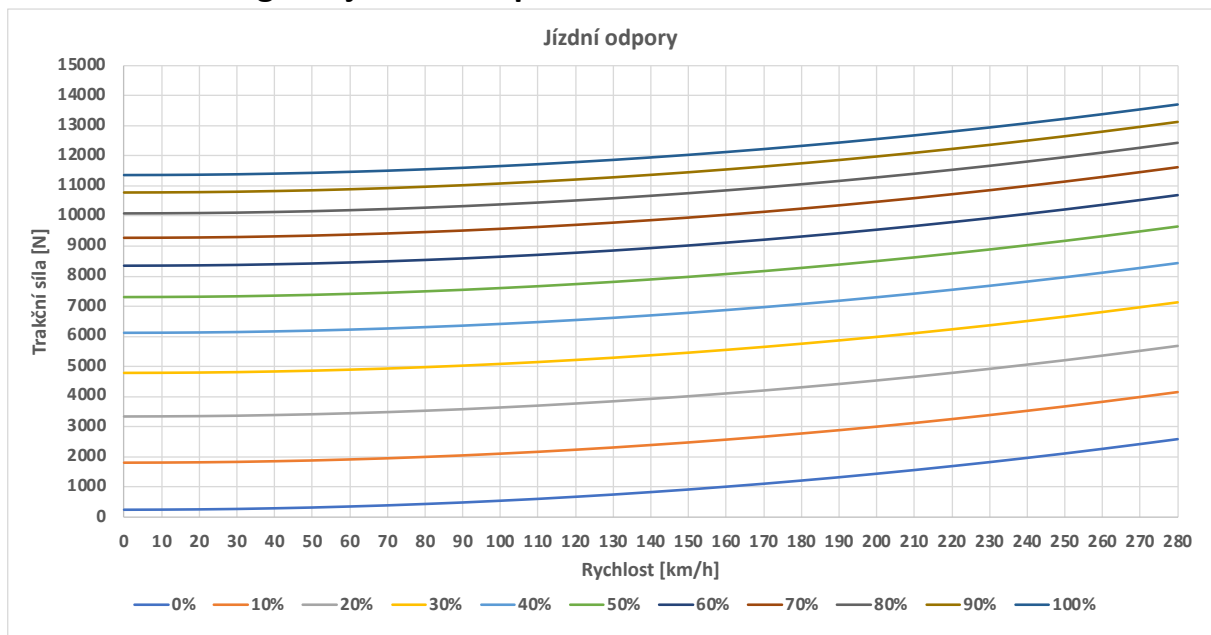
$$F_s = m \cdot g \cdot \sin \alpha = 1615 \cdot 9,81 \cdot \sin 5,71 = 1576,29 \text{ N} \quad (2)$$

$$F_v = \frac{1}{2} \rho_v \cdot S_{\xi} \cdot C_x \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,24 \cdot 2,486 \cdot 0,31 \cdot 5,55^2 = 14,61 \text{ N} \quad (3)$$

$$F_T = F_f + F_s + F_v = 236,47 + 1576,29 + 14,61 = 1827,67 \text{ N} \quad (4)$$

Z výsledků trakční síly pro dané rychlosti a stoupání se sestaví graf jízdních odporů, který je zobrazen v následujícím kroku.

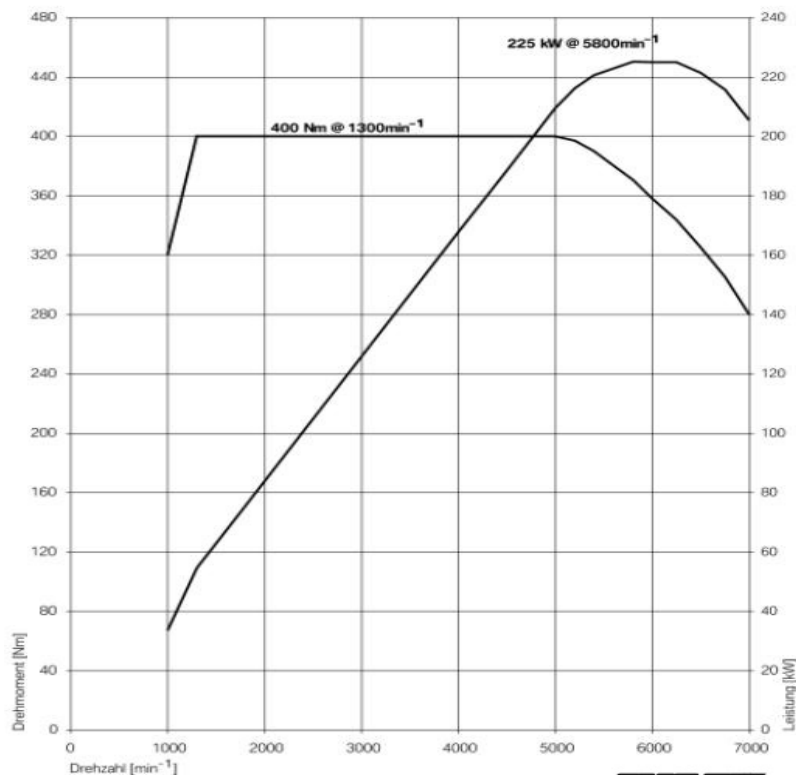
4.1.4. Sestavení grafu jízdních odporů



obr. 41: Graf jízdních odporů originálního vozidla

Na tomto grafu vidíme křivky jízdních odporů od 0 do 100 % stoupání v závislosti na rychlosti a velikosti trakční síly. Dále je třeba sestavit graf průběhu hnací síly vozidla na jednotlivých rychlostních stupních. Pro sestavení tohoto grafu je potřeba znát průběh točivého momentu, který je zobrazen na následujícím obr. 42.

4.1.5. Průběh točivého momentu a výkonu motoru



obr. 42: Charakteristika motoru originálního vozidla [39]

4.1.6. Výpočet trakční síly a rychlosti z momentu motoru

Aby bylo možné vypočítat trakční sílu pro jednotlivé rychlostní stupně, je třeba znát průběh točivého momentu v závislosti na otáčkách a jednotlivé převodové poměry na daných rychlostních stupních. Průběh točivého momentu se odečte z obr 42. Je třeba odečíst několik hodnot (6-12) točivého momentu v celém spektru otáček motoru. Tyto hodnoty se dále vloží do tabulky. Pomocí následujících vzorců se vypočte velikost trakční síly a rychlost pro jednotlivé rychlostní stupně.

Tabulka 13: Výpočty hnací síly [42]

Trakční síla F_T	$F_T = \frac{M_m \cdot \eta_m \cdot i_c}{r_d}$	(5)
Rychlost v	$v = 0,377 \cdot \frac{n_m \cdot r_d}{i_c}$	(6)

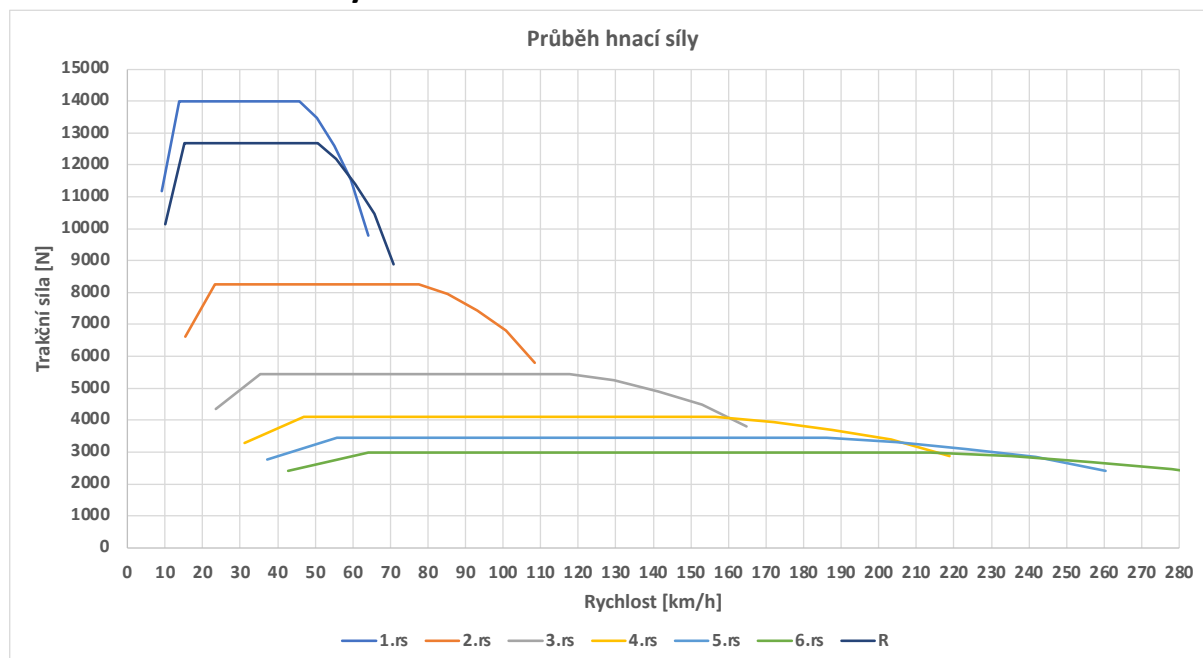
Pro ukázkou zde opět předvedu vzorový výpočet trakční síly a rychlosti. Všechny ostatní potřebné výpočty jsem opět provedl v programu Microsoft Excel.

$$F_T = \frac{M_m \cdot \eta_m \cdot i_c}{r_d} = \frac{320 \cdot 0,85 \cdot 12,505}{0,328} = 10369,83 \text{ N} \quad (5)$$

$$v = 0,377 \cdot \frac{n_m \cdot r_d}{i_c} = 0,377 \cdot \frac{0,85 \cdot 0,328}{12,505} = 9,89 \text{ km/h} \quad (6)$$

Z vypočtených hodnot se dále sestaví graf průběhu hnací síly pro jednotlivé rychlostní stupně.

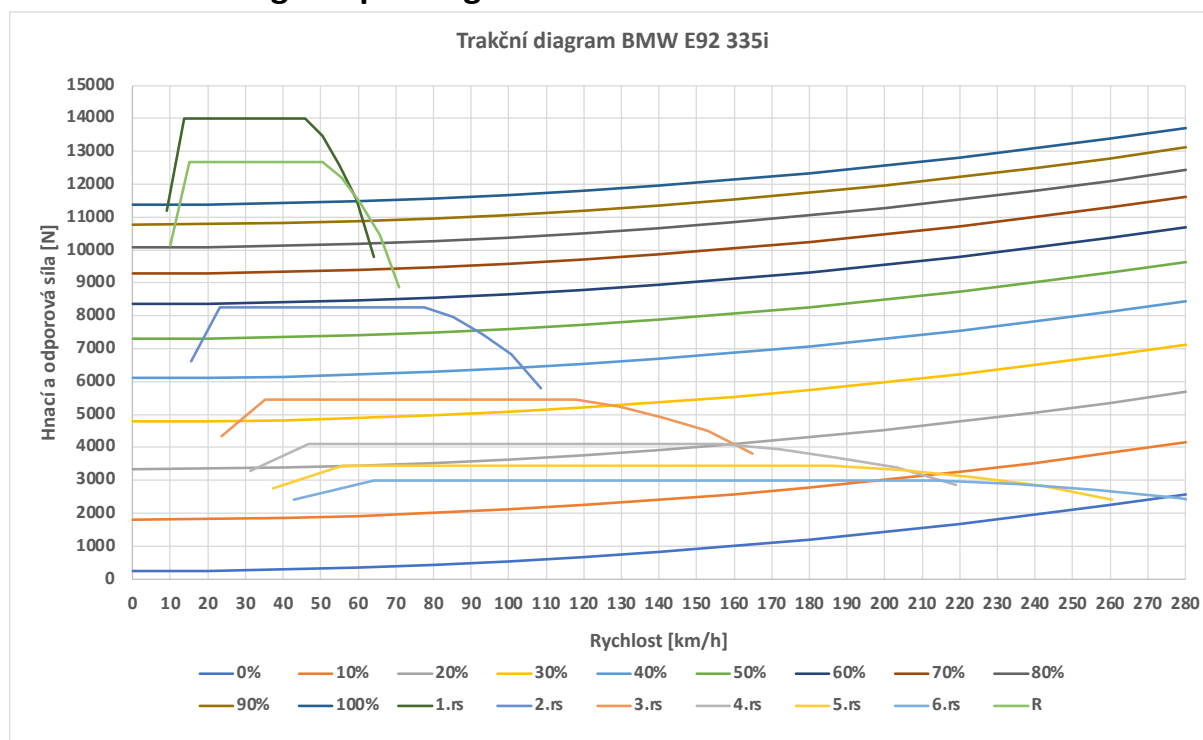
4.1.7. Průběh hnací síly



obr. 43: Graf průběhu hnací síly originálního vozidla

Na tomto grafu lze vidět průběh hnací síly na jednotlivých rychlostních stupních v závislosti na rychlosti vozidla. Nyní lze spojením grafu pro průběh jízdních odporů a grafu pro průběh hnací síly sestavit trakční diagram pro originální vozidlo BMW E92 335i.

4.1.8. Trakční diagram pro originální vozidlo BMW E92 335i



obr. 44: Trakční diagram originálního vozidla

4.2. Sestavení trakčního diagramu pro upravené vozidlo

Při tvorbě trakčního diagramu pro upravené vozidlo budu postupovat stejně jako při tvorbě trakčního diagramu pro originální vozidlo.

4.2.1. Vstupní parametry

Tabulka 14: Vstupní parametry upraveného vozidla

Maximální výkon	398 kW při 6260 ot./min.
Maximální točivý moment	660 Nm při 5200 ot./min.
Maximální rychlost	235 km/h
Pohotovostní hmotnost	1550 kg
Délka	4580 mm
Šířka	1782 mm
Výška	1395 mm
Rozvor	2760 mm
Součinitel aerodynamického odporu c_x	0,3

Po úpravě vozidla a dle použitých komponent odhaduji, že se hmotnost vozidla snížila na cca 1550 kg. Rozměry vozidla a součinitele zůstávají stejné.

4.2.2. Vypočtené parametry

Jmenovitý poloměr r_j

Výpočtem z označení pneumatiky 265/35 R18

$H = (AR \cdot B) / 100$... kde AR je profilové číslo a B je šířka pneumatiky

$$H = (35 \cdot 265) / 100 = \mathbf{92,75 \text{ mm}}$$

$r_j = D/2 + H$ kde D je jmenovitý průměr ráfku

$$r_j = (18 \cdot 25,4) / 2 + 92,75 = \mathbf{321,35 \text{ mm} = 0,321 \text{ m}}$$

Statický poloměr r_s

$$r_s = 0,931 \cdot r_j = 0,931 \cdot 0,321 \text{ m} = \mathbf{0,298 \text{ m}}$$

Dynamický poloměr r_d

$$r_d = 1,03 \cdot r_s = 1,03 \cdot 0,298 = \mathbf{0,307 \text{ m}}$$

Součinitel odporu valení kola

$f = 0,015$ z tab. 10

Převodové poměry pro jednotlivé stupně

stálý převod $i_0 = 3,27$ [40]

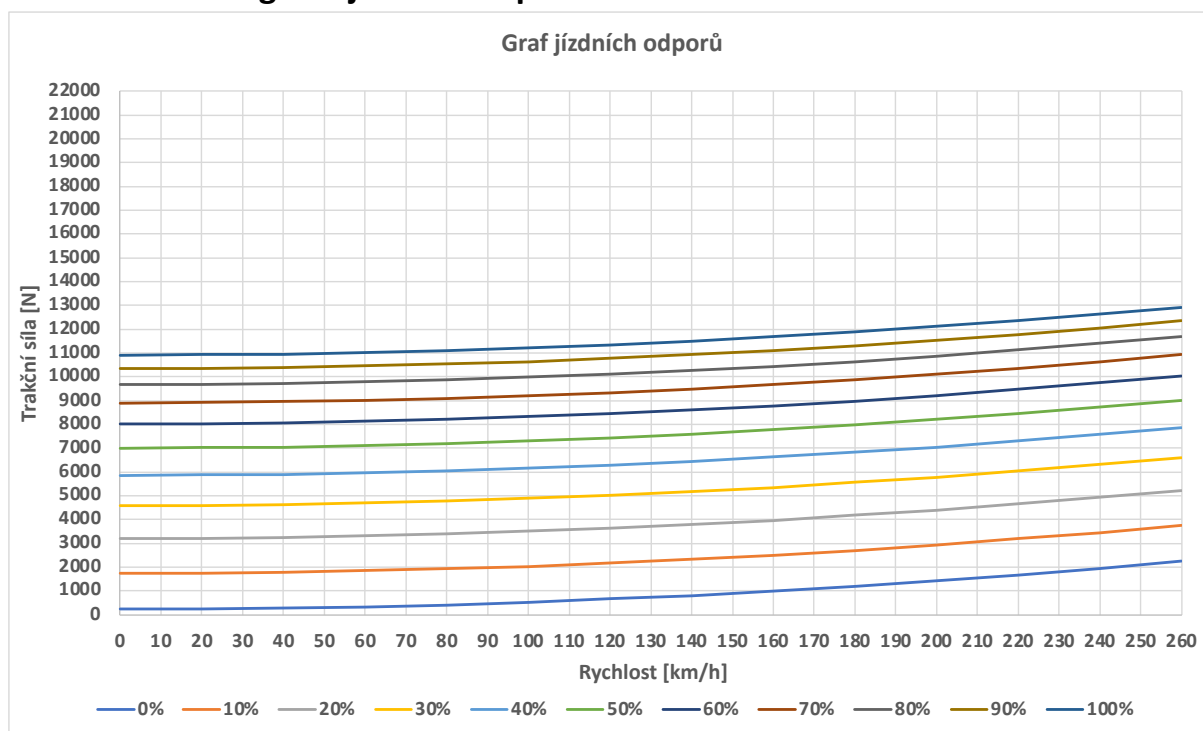
Tabulka 15: Převodové poměry upraveného vozidla

Převodové poměry							
Rychlostní stupeň	1.	2.	3.	4.	5.	6	R
in	3,42	2,31	1,76	1,50	1,30	1,14	3,80
ic	11,18	7,55	5,76	4,91	4,25	3,73	12,43

4.2.3. Výpočet jízdnicích odporů a trakční síly

Výpočet jízdnicích odporů a trakční síly je stejný jako v případě řešení trakčního diagramu pro originální vozidlo. Všechny potřebné výpočty byly provedeny v programu Microsoft Excel.

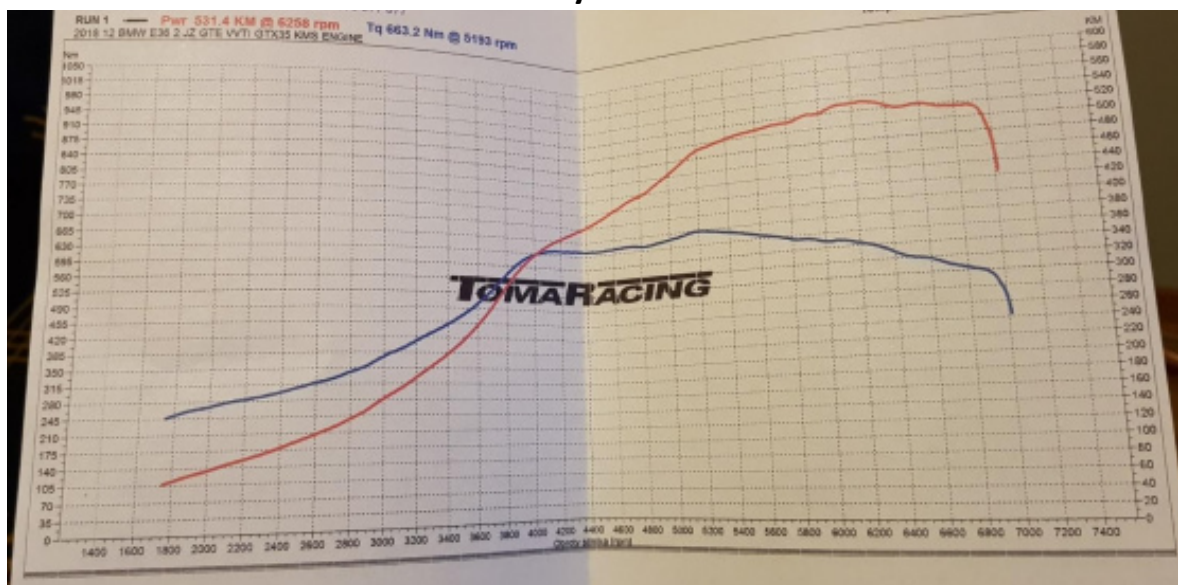
4.2.4. Sestavení grafu jízdních odporů



obr. 45: Graf jízdních odporů upraveného vozidla

Dále je třeba znát momentovou charakteristiku motoru upraveného vozidla. Ta je zobrazena na následujícím obr. 46.

4.2.5. Průběh točivého momentu a výkonu motoru



obr. 46: Charakteristika motoru upraveného vozidla [38]

Z momentové charakteristiky jsem si opět odečetl hodnoty točivého momentu v celém spektru otáček a dle již zmíněných vztahů jsem vypočetl velikosti hnací síly a rychlosti pro jednotlivé rychlostní stupně.

4.2.6. Výpočet hnací síly a rychlosti z momentu motoru

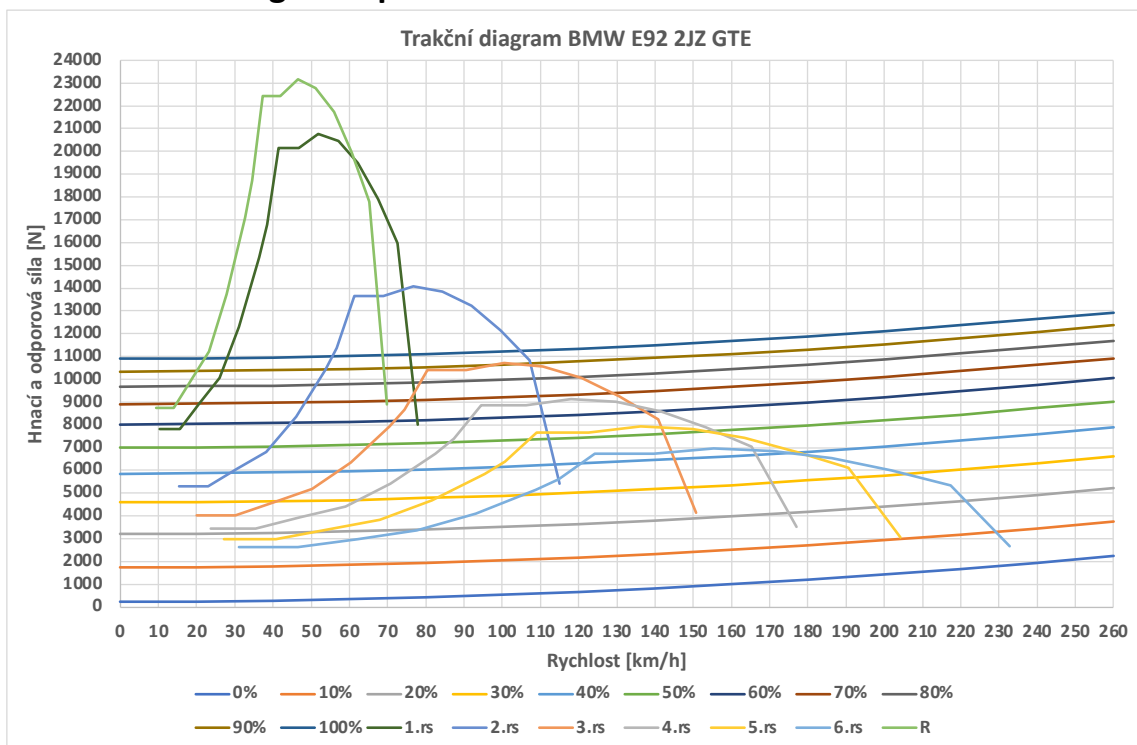
Výpočet trakční síly a rychlosti pro upravené vozidlo jsem vypočetl stejně jako v předchozím případě výpočtu pro originální vozidlo.



obr. 47: Graf průběhu hnací síly

Nakonec jsem spojením grafu pro průběh jízdních odporů a grafu pro průběh hnací síly sestavil trakční diagram pro upravené vozidlo.

4.2.7. Trakční diagram upraveného vozidla



obr. 48: Trakční diagram upraveného vozidla

4.3. Vyhodnocení a porovnání obou trakčních diagramů

4.3.1. Průběh hnací síly

Na trakčním diagramu pro originální vozidlo je vidět, že průběh hnací síly je více plynulý a má v širokém spektru lineární průběh. Toto je dáno momentovou charakteristikou motoru originálního vozidla. Na trakčním diagramu pro upravené vozidlo je vidět, že průběh hnací síly je více skokový a není lineární. Hnací síla po úpravě vozidla ale dosahuje mnohem větších hodnot než před jeho úpravou. Křivka hnací síly pro 1. a 2. převodový stupeň značně převyšuje nejvyšší křivku odporů. Tato přebytečná hnací síla může být právě využita pro účel driftování.

4.3.2. Maximální rychlost a maximální rychlosti na nejpoužívanější r. stupně

Maximální rychlosti vozidla se určuje při pohybu vozidla po rovině. Lze určit z trakčního diagramu následujícím způsobem. Maximální rychlost vozidla je v místě, kde se protne křivka odporů pro stoupání o velikosti 0 % a křivka jednoho z nejvyšších rychlostních stupňů vozidla. Jelikož při sestavení trakčního diagramu se na vodorovnou osu uvádí rychlost vozidla, lze maximální rychlost přímo určit z trakčního diagramu.

Maximální rychlost originálního vozidla

Z parametrů originálního vozidla viz tab. 1 je uvedena maximální rychlost vozidla 250 km/h. tato rychlost ale není maximální rychlost kterou je vozidlo schopno vyvinout, ale jedná se o rychlost omezenou elektronickým omezovačem. Ve skutečnosti, dle trakčního diagramu viz obr. 44 je vozidlo schopno dosáhnout rychlosti 278 km/h.

Maximální rychlost upraveného vozidla

Maximální rychlost upraveného vozidla je cca 235 km/h dle trakčního diagramu viz obr. 48. Po úpravě vozidla tedy nedošlo ke zvýšení maximální rychlosti ale naopak k jejímu snížení. Snížení rychlosti je způsobeno zvolenou sekvenční převodovkou, která má kratší převodové poměry. Toto snížení maximální rychlosti není bráno jako nevýhoda, protože vozidla se při jízdě smykem po závodním okruhu pohybují maximálními rychlostmi cca 120 km/h.

Při jízdě na závodním okruhu, se vozidla pohybují rychlostí v rozmezí 40-120 km/h, a při těchto rychlostech je nejvíce využíván 2. až 4. rychlostní stupeň. Proto se dále budu zaměřovat pouze na porovnání hodnot, které spadají do tohoto intervalu. Maximální rychlosti na jednotlivé rychlostní stupně jsou vidět v následujících tabulkách 16 a 17.

Tabulka 16: max. rychlosti na převodové stupně pro originální. vozidlo

Převodový stupeň	max rychlost[km/h]
2.rs	109
3.rs	172
4.rs	219

Tabulka 17: Max. rychlosti na převodové stupně pro upravené vozidlo

Převodový stupeň	max rychlost[km/h]
2.rs	115
3.rs	151
4.rs	177

Při porovnání maximálních rychlostí na nepoužívanější rychlostní stupně viz tab. 16 a 17. si lze všimnout, že vozidlo po úpravě má mezi druhým, třetím a čtvrtým rychlostním stupněm mnohem menší rozsah rychlosti oproti originálnímu vozidlu. Je to způsobeno právě zvolenou sekvenční převodovkou, která má převodové poměry na jednotlivé rychlostní stupně navrženy blíže k sobě, právě za účelem zvýšení trakčních vlastností vozidla. Menší nevýhodou této konstrukce převodovky je nutnost častějšího „přeřazování“ neboli nutnost častější změny rychlostních stupňů při jízdě. Díky sekvenčnímu, rychlému a jednoduchému řazení toto není velkou nevýhodou.

4.3.3. Schopnost akcelerace na zvolené rychlostní stupně

Sílu schopnosti akcelerace jsem počítal dle následujícího postupu tak, že od trakční síly při dané rychlosti daného rychlostního stupně jsem odečetl sílu pro překonání stoupavosti při dané rychlosti. Dále jsem upravil vztah (8) a vypočítal jsem zrychlení vozidla.

$$F_p = F_i = m \cdot a \cdot \vartheta \quad (8)$$

$$\vartheta = 1,03 + 0,05 \cdot i_k^2 \quad (9)$$

Pro objasnění výpočtu zde předvedu vzorový výpočet zrychlení vozidla. Všechny ostatní výpočty mají stejný postup a počítal jsem je v programu Microsoft Excel. Výsledky všech porovnávaných zrychlení jsou uvedeny v následujících tabulkách 18 a 19.

Vzorový výpočet na 2. rychlostní stupeň pro rychlost 60 km/h

$$F_p = F_{T60} - F_{j60} = 7662,44 - 370,37 = 7292,07 \text{ N} \quad (7)$$

$$\vartheta = 1,03 + 0,05 \cdot i_k^2 = 1,03 + 0,05 \cdot 4,23^2 = 1,318 \quad (8)$$

$$F_p = F_i = m \cdot a \cdot \vartheta \rightarrow a = \frac{F_p}{m \cdot \vartheta} = \frac{7292,07 \text{ N}}{1615 \cdot 1,318} = 3,43 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad (9)$$

Tabulka 18: Schopnost akcelerace originálního vozidla

Schopnost akcelerace originálního vozidla		
rychlostní stupeň	rychlost [km/h]	zrychlení [m/s ²]
2.	60	3,72
3.	80	2,69
4.	100	2,0

Tabulka 19: Schopnost akcelerace vozidla po úpravě

Schopnost akcelerace upraveného vozidla		
rychlostní stupeň	rychlost [km/h]	zrychlení [m/s ²]
2.	60	6,62
3.	80	5,43
4.	100	4,70

Při porovnání zrychlení originálního vozidla a vozidla po úpravě, je zřejmé, že vozidlo po úpravě má mnohem lepší schopnost akcelerace na všechny porovnané neboli nejvíce používané rychlostní stupně. Je třeba si ale uvědomit že při driftování jsou kola vozidla stále v prokluzu, tedy obvodová rychlost kola je mnohem větší než posouvající rychlost kola, a výkon který je přenášen přes kola na vozovku, co způsobuje dané zrychlení vozidla je ve skutečnosti na první dva rychlostní stupně nepřenositelný. Při výkonových parametrech, které má upravené vozidlo je téměř nemožné na první a druhý rychlostní stupeň dosáhnout hodnot zrychlení, které uvádí trakční diagram. Výkon a točivý moment totiž ani při nejlepších adhezních podmínkách, při povolených pneumatikách na okruh není vozidlo schopno na vozovku přenést. Pokud se zaměříme na 3. a 4. rychlostní stupeň, tak zde už by upravené vozidlo mělo být schopno daný výkon na vozovku přenést. Viz tab. 18 a 19 je zřejmé že zrychlení na 3. i 4. rychlostní stupeň je po úpravě více než dvojnásobné oproti originálnímu vozidlu. Díky tomu bude vozidlo za stejných podmínek schopno mnohem rychlejší a plynulejší jízdy v driftu. Je třeba si ale stále uvědomit, že i pokud je při driftování zařazen 3. i 4. rychlostní stupeň, tak kola vozidla pořád prokluzují. Těchto hodnot by se dosáhlo pouze, pokud by se vozidlo pohybovalo po rovné vozovce za účelem dosáhnutí maximální rychlosti a bez prokluzu kol.

4.3.4. Dynamická charakteristika

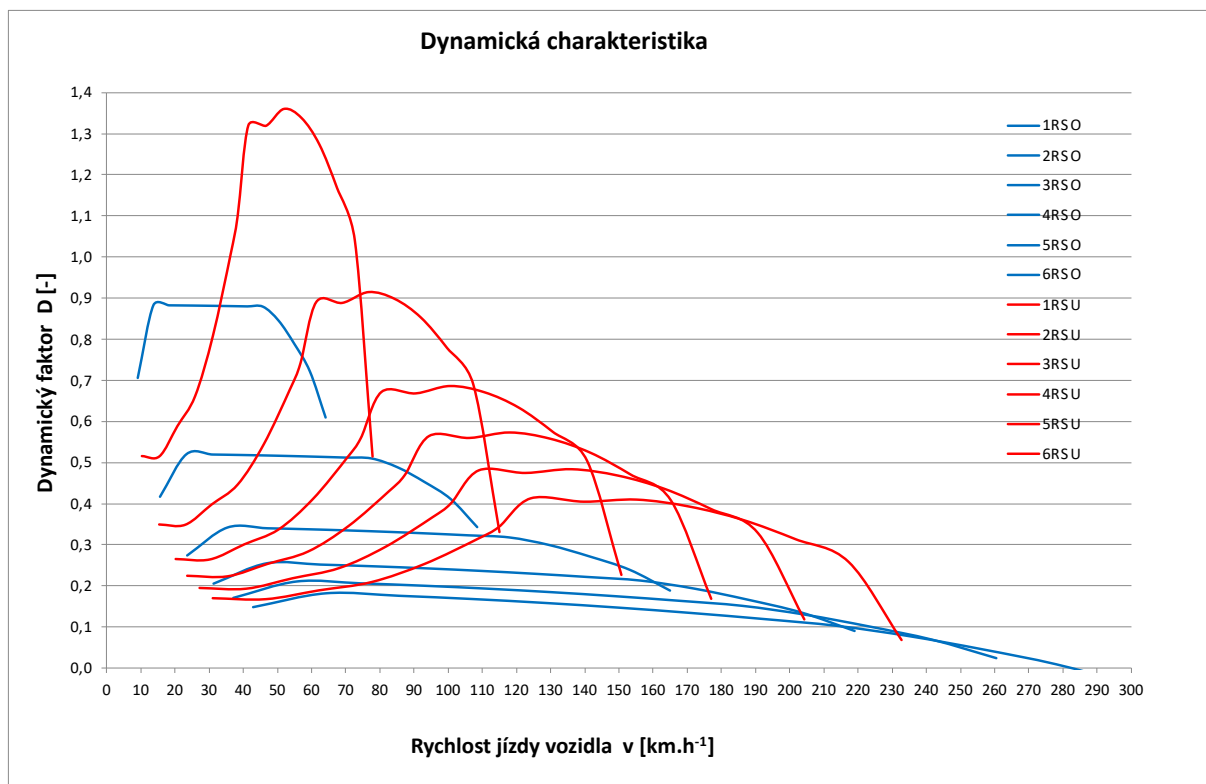
Pro znázornění rozdílu originálního a upraveného vozidla je nejvhodnější dynamická charakteristika. Tato charakteristika se řídí dynamickým faktorem, který je vypočten dle následujícího vztahu 10. [42]

$$D = \frac{F_T - F_V}{G_a} \quad (10)$$

F_T – trakční síla

F_V – odpor vzduchu

G_a – tíha vozidla



obr. 49: Dynamická charakteristika

Dynamická charakteristika znázorňuje trakční vlastnosti vozidla. Místo trakční síly je zde použit dynamický faktor, pomocí kterého lze v určitém intervalu znázornit dynamické vlastnosti vozidla. Tato charakteristika nezávisí na jízdních odporech vozidla. Na obr. 49 je zpracována dynamická charakteristika originálního i upraveného vozidla. Je zde znázorněn rozdíl dynamických vlastností neboli schopností vozidla na jednotlivé rychlostní stupně před a po úpravě. Při zaměření se na nejpoužívanější druhý až čtvrtý rychlostní stupeň, je z této charakteristiky zřejmé, že vozidlo po úpravě má mnohem lepší dynamické vlastnosti než před úpravou. Na druhý rychlostní stupeň dosahuje originální vozidlo dynamického faktoru 0,52 a upravené vozidlo 0,91. Na třetí rychlostní stupeň dosahuje originální vozidlo hodnoty 0,35 a upravené 0,69 a na čtvrtý rychlostní stupeň dosahuje originální vozidlo hodnoty 0,25 a upravené 0,58. Z těchto údajů vyplývá, že úprava vozidla byla úspěšná a došlo zde po úpravě ke zvýšení dynamických i trakčních vlastností vozidla, které lze uplatnit právě pro driftování na závodním okruhu. Stanovené požadavky na vozidlo byly tedy splněny.

Závěr a zhodnocení proveditelnosti úprav

Tato práce je zaměřena na potřebné technické úpravy vozidla, které umožňují, aby vozidlo bylo schopné kontrolovatelné jízdy smykem na závodním okruhu. Nejsou zde zahrnuty bezpečnostní úpravy vozidla ani dodatečné technické úpravy požadované pořadatelem závodů.

Dle porovnání hodnot výsledků trakčních diagramů originálního vozidla a vozidla po úpravě je zřejmé, že úprava byla provedena s kladným výsledkem a splnila dané požadavky. Vozidlo má po úpravě znatelně lepší trakční vlastnosti. Při všech porovnávaných parametrech upravené vozidlo dosahuje dvojnásobných hodnot oproti vozidlu před úpravou, tedy došlo ke 100 % zlepšení trakčních vlastností, které mohou být uplatněny právě pro jízdu smykem, pro kterou je upravené vozidlo zamýšleno.

Proveditelnost těchto úprav je celkem náročná. Přestavba takového vozidla může trvat několik měsíců, klidě i celý rok. Doba úpravy se odlišuje od zkušeností osob provádějících úpravy a také hlavně od dostupnosti potřebných zmíněných dílů. Některé zmíněné díly jsou běžně dostupné ale u části dílů je dostupnost omezená, jako například pohonná jednotka 2JZ GTE. Jedná se o motor, který je z Asie, konkrétně z Japonska a již se nevyrábí. Díky jeho popularitě na trhu zbývá již velmi málo kusů, které jsou ve stavu vhodném pro použití na tuto úpravu.

Jako další věc je finanční stránka této úpravy. Samotné originální vozidlo BMW E92 335i se dá pořídit za cenu okolo 300 000-400 000 Kč. Všechny upravované komponenty jako je rejdový kit, pohonný agregát, závodní spojka, sekvenční převodovka, diferenciál, tlumiče, vypružení vozidla, úprava brzdové soustavy, kola a pneumatiky jsou finančně náročné. Pokud bychom sečetli částky všech potřebných dílů, tak se cena bude pohybovat přes 1 000 000 Kč. Nejedná se o levnou úpravu a každý si jí nemůže jen tak dovolit. Bohužel téměř každý motorsport je velmi finančně náročný a myslím si, že bez komerční podpory je tento motorsport na profesionální úrovni téměř nemožný.

Toto téma jsem si vybral z důvodu mého zápalu do tohoto moderního motorsportu, je mým snem si jednoho dne takovéto vozidlo upravit dle svých vlastních představ. Díky této bakalářské práci jsem si zvýšil povědomí o všech potřebných úpravách, které jsou nutné, aby vozidlo bylo schopné kontrolovatelné jízdy smykem. Dále jsem touto bakalářskou prací chtěl přispět svými znalostmi všem, kteří by se takovéto úpravě chtěli věnovat a neměli s ní mnoho zkušeností.

Použitá literatura

- [1] 10 Keys to Building a Competitive Drift Car. MotorTrend: New Cars - Car News and Expert Reviews [online]. [cit. 13.04.2023]. Dostupné z: <https://www.motortrend.com/how-to/1412-10-keys-to-building-a-competitive-drift-car/>
- [2] Test - BMW 335i E92 Stage 2+ (450 koní): Alternativa k M3 - WikiCars. Testy aut, zábava a informace z automobilového světa - WikiCars [online]. Copyright © wikicars.cz [cit. 13.04.2023]. Dostupné z: <https://www.wikicars.cz/test-bmw-335i-e92-450-hp/>
- [3] Hlavní stránka - Střední průmyslová škola Ostrava - Vítkovice, příspěvková organizace [online]. Copyright © [cit. 18.04.2023]. Dostupné z: <https://www.spszengrova.cz/wp-content/uploads/2020/04/Koncepce-automobilu-UT.pdf>
- [4] TEST BMW 335i Coupé – M3 Junior | auto.cz. auto.cz - nejlepší jízda na webu: recenze, videa, testy [online]. Copyright © 2001 [cit. 18.04.2023]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/test-bmw-335i-coupe-m3-junior-1426>
- [5] Engine specifications for BMW M50B25 / M50TUB25, characteristics, oil, performance. Car and truck engines: specifications, descriptions, problems & reliability [online]. Copyright © 2023 MyMotorList.com [cit. 18.04.2023]. Dostupné z: <https://mymotorlist.com/engines/bmw/m50b25-m50b25tu/>
- [6] Specifikace motoru M50. Motor BMW M50 - specifikace - popis - foto. Výměna těsnění víka ventilu. Автомобильный портал. Ремонт и обслуживание. Двигатель. Трансмиссия. Прокачка [online]. Copyright © 2021. [cit. 18.04.2023]. Dostupné z: <https://oborudow.ru/cs/salon/dvigatel-m50-tehnicheskie-harakteristiki-dvigatel-bmw-m50/>
- [7] BMW M62 - Wikipedia. [online]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/BMW_M62
- [8] Motor M62B44: parametry. BMW - club.cz: parametry [online]. 2013, 2.12.2013 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: https://www.bmw-club.cz/engine_detail.php?id=21
- [9] Nissan SR20 Turbo Engine Sound Compilation | DamnedWerk. DamnedWerk | Awesomeness in Every Details [online]. [cit. 18.04.2023]. Dostupné z: <http://damnedwerk.com/nissan-sr20-turbo-engine-sound-compilation/>
- [10] Motor Nissan SR20DET: parametry. Nissan club.cz [online]. 2006, 25.7.2006 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: https://www.nissanclub.cz/engine_detail.php?id=95
- [11] Nejlepší motor na světě | | Autíčkář.cz. Vaše každodenní dávka benzínu | Autíčkář.cz [online]. Copyright © Manul Publishing s.r.o. [cit. 18.04.2023]. Dostupné z: <https://www.autickar.cz/clanek/nejlepsi-motor-na-svete/>
- [12] Motor LS3: parametry motoru. Chevrolet club.net: parametry motoru [online]. 2014, 16.5.2014 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: https://cs.chevroletclub.net/engine_detail.php?id=30
- [13] Motor JDM Toyota 2JZGTE VVTi 3.0L DOHC Twin Turbo 2JZ Motor Auto Trans Jdm Ecu | eBay. Electronics, Cars, Fashion, Collectibles & More | eBay [online]. Copyright © 1995 [cit. 06.05.2023]. Dostupné z: <https://www.ebay.com/itm/234559203026>
- [14] Toyota 2JZ-GTE (3.0 L, Turbo) engine: specs and review, service data. Engine Specs: diesel and gasoline engines specifications [online]. Copyright © 2016 [cit. 18.04.2023]. Dostupné z: <https://www.engine-specs.net/toyota/2jz-gte.html>

- [15] Ecumaster EMU BLACK | 25 454 Kč | race-shop.cz. Sportovní a tuningové náhradní díly pro Vaše vozidlo. [cit. 19.04.2023]. [online]. Dostupné z: https://race-shop.cz/ecu-master/150901-ecumaster-emu-black.html?gclid=CjwKCAiAjPyfBhBMEiwAB2CCljDhcYno1Kc6kDasheFUP-jrOByf8ZMBHe1EscsQGw9nj2KXTYggphoCCAFAQvD_BwE
- [16] Spojková sada Competition Clutch (CCI) pro TOYOTA Supra 2JZ-GTE 1016 NM | race-shop.cz. Sportovní a tuningové náhradní díly pro Vaše vozidlo. [online]. [cit. 19.04.2023]. Dostupné z: <https://race-shop.cz/spojky-a-setrvacniky-competition-clutch/258860-spojko-va-sada-competition-clutch-cci-pro-toyota-supra-2jz-gte-1016-nm.html>
- [17] Toyota Supra Turbo R154 Comp. Clutch Organic MPC Twin Disc - Competition Clutch. Competition Clutch - Home [online]. Copyright © Competition Clutch 2023 All Rights Reserved [cit. 19.04.2023]. Dostupné z: <https://www.competitionclutch.nl/product/toyota-supra-turbo-r154-comp-clutch-organic-mpc-twin-disc/>
- [18] eWRC.cz. eWRC.cz [online]. Copyright © 1999 [cit. 19.04.2023]. Dostupné z: <https://www.ewrc.cz/clanek/3441-jak-funguje-sekvencni-prevodovka/>
- [19] Toyota Supra | X Shift Gearboxes. Sequential Gearboxes | X Shift Gearboxes [online]. Copyright © 2023 X Shift Gearboxes s. r. o. [cit. 19.04.2023]. Dostupné z: <https://www.xshiftgearboxes.com/cz/race-gearboxes/toyota/toyota-supra-sequential-gearbox>
- [20] Sportovní výškově a tuhostně stavitelný podvozek HSD Monopro pro BMW E90/E92/E93 M3. Vše pro tvůj drift vůz | All4Drift [online]. [cit. 19.04.2023]. Dostupné z: <https://www.all4drift.cz/p/655/sportovni-vyskove-a-tuhostne-stavitelny-podvozek-hsd-monopro-pro-bmw-e90e92e93-m3>
- [21] Sportovní nastavitelný podvozek BC Racing BR-RA na BMW 3 Series coupe (E92, 06-) | race-shop.cz. Sportovní a tuningové náhradní díly pro Vaše vozidlo. [online]. [cit. 19.04.2023]. Dostupné z: <https://race-shop.cz/e90-e91-e92-e93/1281-sportovni-nastavitelny-podvozek-bc-racing-br-ra-na-bmw-3-series-coupe-e92-06-.html>
- [22] PROTLUM - tlumiče pro sport. PROTLUM - tlumiče pro sport [online]. [cit. 05.05.2023]. Dostupné z: http://www.protlum.cz/web/cs/2-produkty.html#top_race
- [23] Technika: Samosvorné diferenciály - Stejný účel, různý princip | auto.cz. auto.cz - nejlepší jízda na webu: recenze, videa, testy [online]. Copyright © 2001 [cit. 05.05.2023]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/technika-samosvorne-diferencialy-stejny-ucel-ruzny-princip-92755>
- [24] Diferenciál, samosvorný diferenciál Torsen a diferenciál s obmedzenou svornosťou LSD - Autorubik. Autorubik - Auto v kocke [online]. Copyright © 2010 [cit. 05.05.2023]. Dostupné z: <http://www.autorubik.sk/clanky/diferencial/>
- [25] E36 - Ako prerobiť otvorený diferenciál na samosvor? | BMWklub.sk. Hlavná stránka | BMWklub.sk [online]. Copyright © 2006 [cit. 05.05.2023]. Dostupné z: <https://www.bmwklub.sk/bmw3-e36/e36-ako-prerobit-otvoreny-diferencial-na-samosvor-t70152.html>

- [26] Samosvorný diferenciál KAAZ (LSD) 2WAY TOYOTA SUPRA, JZA80 2JZ-GE, 96.06-02.08 | race-shop.cz. Sportovní a tuningové náhradní díly pro Vaše vozidlo. [online]. [cit. 05.05.2023]. Dostupné z: <https://race-shop.cz/toyota/62969-samosvorny-diferencial-kaaz-lsd-2way-toyota-supra-jza80-2jz-ge-9606-0208.html#/1876-typ-standard>
- [27] BMW e9x Front Lock Kit - BMW Vrakoviště Chotětov. BMW Vrakoviště Chotětov | Náhradní díly a servis [online]. [cit. 05.05.2023]. Dostupné z: <https://bmwchotetov.cz/produkt/bmw-e9x-front-lock-kit/>
- [28] Wisefab E92/E90/E82 Drift Angle Kit. Wisefab | Angle & Suspension Parts | Official Website [online]. Copyright © 2005 [cit. 05.05.2023]. Dostupné z: <https://www.wisefab.com/bmw-e90-e92-e90-m3-e92-m3-e81-e82-e82-m-front-drift-angle-lock-kit>
- [29] Wisefab: úvodní informace [online]. Estonia, 2023 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.facebook.com/Wisefab>
- [30] Wisefabczech: úvodní informace [online]. ČR, 2023 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: www.facebook.com/wisefabczech
- [31] Hydraulická ruční brzda IRP No.6 | 8 064 Kč | race-shop.cz. Sportovní a tuningové náhradní díly pro Vaše vozidlo. [online]. [cit. 05.05.2023]. Dostupné z: <https://race-shop.cz/hydraulicke-rucni-brzdy/83165-hydraulicka-rucni-brzda-irp-no6.html#/163-barva-cerna>
- [32] Možnosti zapojenia hydraulickej ručnej brzdy. Vše pro tvůj drift vůz | All4Drift [online]. [cit. 05.05.2023]. Dostupné z: <https://www.all4drift.cz/n/moznosti-zapojenia-hydraulickej-rucnej-brzdy1>
- [33] Pneumatika.com: Vše, co potřebujete vědět o driftingových pneumatikách. Pneumatika.com: Vše, co potřebujete vědět o driftingových pneumatikách [online]. 2018, 27.4.2018 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.pneumatika.com/blog/obecne-informace/vse-co-potrebujete-vedet-o-driftingovych-pneumatikach>
- [34] 245/40 R 18 595 RS-RR 93W - B4DL8AFD | Pneu OK. Pneu OK - pneumatiky, levné pneu a nejlevnější pneu, alu kola a plechové disky [online]. Copyright © Pneuok.cz Všechna práva vyhrazena [cit. 05.05.2023]. Dostupné z: https://www.pneuok.cz/pneumatiky/federal/245-40-r-18-595-rs-rr-93w-letni-kod-b4dl8afd/?gclid=Cj0KCQjw0tKiBhC6ARIsAAOXutlqD8z3jjFt8e5Fmr43W3nUyogrPBwPL1Rf3O2OZp4W8ei7YyyuuVMaAtxcEALw_wcB
- [35] 265/35 R 18 595 RS-R SEMI-SLICK 93W - FEL826535595S | Pneu OK. Pneu OK - pneumatiky, levné pneu a nejlevnější pneu, alu kola a plechové disky [online]. Copyright © Pneuok.cz Všechna práva vyhrazena. [cit. 05.05.2023]. Dostupné z: <https://www.pneuok.cz/pneumatiky/federal/265-35-r-18-595-rs-r-semi-slick-93w-letni-kod-fel826535595s/>
- [36] 7twenty style 55: satin black. 7twenty.co.uk [online]. UK, 2023 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.7twenty.co.uk/products/style55-satin-black>
- [37] BMW 335i coupe 225 kW: identification data. Automobile-catalog.com [online]. 2012 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: https://www.automobile-catalog.com/car/2006/282830/bmw_335i_coupe.html#gsc.tab=0

- [38] BMW Sport :: Zobacz temat - Damian92 --> e36 330i 2jz-GTE 531hp@663Nm <-
-. BMW Sport :: Strona główna [online]. Copyright © phpBB Group [cit. 05.05.2023].
Dostupné z: <https://www.bmw-sport.pl/viewtopic.php?f=6&t=168190>
- [39] torque curve + technical info) - Euro E92 335i turbo and 3.0 DI engine Power
diagram. [online]. Copyright ©2000 [cit. 05.05.2023]. Dostupné z:
<https://www.e90post.com/forums/showthread.php?p=254137>
- [40] Rear Diff Ratios - mkiv Technical - The mkiv Supra Owners Club. Forums - The
mkiv Supra Owners Club [online]. Copyright © 2004 [cit. 05.05.2023]. Dostupné z:
<https://www.mkivsupra.net/topic/2846-rear-diff-ratios/>
- [41] BMW Gear Ratios - Morehead Speed Works. Morehead Speed Works - Safety -
Reliability - Performance [online]. Copyright © Morehead Speed Works [cit.
05.05.2023]. Dostupné z: https://www.moreheadspeerworks.com/bmw_gear_ratios/
- [42] VALA, Miroslav a Miroslav TESAŘ. *Teorie a konstrukce silničních vozidel I*.
Pardubice: ofset v edičním středisku Univerzity Pardubice, 2002. ISBN 80-7194-503-X.