



**ČESKÉ
VYSOKÉ
UČENÍ
TECHNICKÉ
V PRAZE**

Ústav řízení a ekonomiky podniku

Ekonomické zhodnocení zástavby alternativního pohonu pro automobil Toyota Supra MA70

**Economic evaluation of the installation of an alternative
drive for the Toyota Supra MA70 car**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2020

Bc. VOJTĚCH LANGMAJER

Studijní program: Strojní inženýrství

Studijní obor: Řízení a ekonomika podniku

Vedoucí práce: Ing. Eliška Cézová, Ph.D.

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Langmajer** Jméno: **Vojtěch** Osobní číslo: **437717**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav řízení a ekonomiky podniku**
Studijní program: **Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Řízení a ekonomika podniku**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Ekonomické zhodnocení zástavby alternativního pohonu pro automobil Toyota Supra MA70

Název diplomové práce anglicky:

Economic evaluation of the installation of an alternative drive for the Toyota Supra MA70 car

Pokyny pro vypracování:

1. Úvod – stručná anotace práce, vytyčení cílů práce
2. Část rešeršní – popis historického vývoje a současného stavu automobilu Toyota Supra MA70, rozbor problematiky a výhod implementace alternativních pohonů do vozidel
3. Část praktická – popis problematiky kompletního technického řešení alternativní zástavby pohonu automobilu Toyota Supra MA70 v návaznosti na rozhodovací analýzu aplikovanou na převodové ústrojí vozidla a SWOT analýzu
4. Ekonomické zhodnocení přínosů alternativní zástavby pohonu automobilu Toyota Supra MA70 (návratnost finančních prostředků, analýza tržní ceny dokončeného produktu, srovnání provozních nákladů)
5. Závěr – vyhodnocení dosažených výsledků práce, splnění vytyčených cílů.

Seznam doporučené literatury:

VOLLMUTH, H. J.: Controlling nový nástroj řízení. Praha: Nakladatelství Profess Consulting s.r.o., 2003. 126 s. ISBN 80-85235-54-4
ROSENAU, M.D.: Řízení projektů. Brno: Nakladatelství Computer Press, 2003, 344 s. ISBN 80-7226-218-1
PATÁK, M. R., ADAMEC L.: Podnikové finanční řízení a rozhodování. Praha: VŠCHT, 2001, 233 s. ISBN 80-7080-428-9
FOTR, J.: Podnikatelský plán a investiční rozhodování. Praha: Nakladatelství Grada Publishing spol. s r. o., 1995, 178 s. ISBN 80-85623-20-X

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

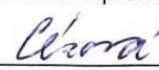
Ing. Eliška Cézová, Ph.D., ústav konstruování a částí strojů FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **30.04.2020**

Termín odevzdání diplomové práce: **31.07.2020**

Platnost zadání diplomové práce: **01.03.2021**

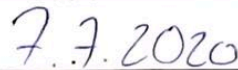

Ing. Eliška Cézová, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

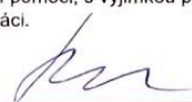

prof. Ing. František Freiberg, CSc.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry


prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.


Datum převzetí zadání


Podpis studenta

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem: „Ekonomické zhodnocení zástavby alternativního pohonu pro automobil Toyota Supra MA70 “ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Elišky Cézové, Ph.D. s použitím literatury uvedené na konci diplomové práce v seznamu použité literatury.

V Praze dne 31.7.2020



.....

Bc. Vojtěch Langmajer

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych velmi rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Ing. Elišce Cézové, Ph.D. za cenné rady, pomoc s obsahem práce a trpělivost v nelehké době, kdy byla tato práce vytvořena. Dále bych rád poděkoval za konzultace a pomoc s obsahem panu Ing. Jaroslavu Kaněrovi a kolegům ze společnosti ZF za cenné rady při návrhu některých součástí.

ANOTAČNÍ LIST

Jméno autora:	Bc. Vojtěch Langmajer	
Název DP:	Ekonomické zhodnocení zástavby alternativního pohonu pro automobil Toyota Supra MA70	
Anglický název:	Economic evaluation of the installation of an alternative drive for the Toyota Supra MA70 car	
Rok:	2020	
Studijní program:	Strojní inženýrství	
Obor studia:	Řízení a ekonomika podniku	
Ústav:	Ústav řízení a ekonomiky podniku	
Vedoucí DP:	Ing. Eliška Cézová, Ph.D.	
Bibliografické údaje:	Počet stran	117
	Počet obrázků	77
	Počet tabulek	31
	Počet příloh	6
Klíčová slova:	Toyota, Supra, MA70, 3UZ-FE, S6-53, GS6-53DZ, pohon, uložení motoru, uložení převodovky, setrvačnick, redukční příruba, náklady na přestavbu, SWOT, návratnost, analýza prodejní ceny	
Keywords:	Toyota, Supra, MA70, 3UZ-FE , S6-53, GS6-53DZ, powertrain, engine mounts, gearbox mounts, flywheel, reduction flange, Conversion costs, SWOT, return on sales, sale price analysis	
Anotace:	Cílem této práce je ekonomické zhodnocení přestavby vozidla Toyota Supra MA70. Přestavba má zlepšit obecně vlastnosti zmíněného vozidla a snížit provozní náklady. Jako nově navržené pohonné ústrojí je zvolen motor 3UZ-FE a převodovka GS6-53BZ oproti původnímu motoru 7M-GTE. Vybraná kombinace má pro vozidlo velký přínos, a to především z pohledu spolehlivosti, snížení provozních nákladů na palivo i údržbu, nárůstu výkonu či vytvoření nových možností pro další	

úpravy takto modifikovaného vozidla. Důraz byl kladen na ekonomické zhodnocení každé části z pohledu přidané hodnoty pro zmíněnou přestavbu. A právě z ekonomických důvodů byly některé díly raději nakoupeny, než aby byly draze vyráběny, a to i přes to, že část z nich byla již navržena autorem předložené práce. Tento případ nastal při porovnání nákladů na výrobu setrvačnicku, resp. jeho nákupu. Další úspora vznikla díky použití původní řídicí jednotky, která byla součástí nově instalovaného motoru. V ekonomické části byly vypočteny a vyjádřeny veškeré náklady na přestavbu vozidla. Z pohledu rentability celé práce byla provedena analýza trhu a výpočet prodejní ceny. Také byla hodnocena i návratnost z pohledu provozních nákladů. Po srovnání výsledku SWOT analýzy, před přestavbou a po přestavbě, se otevírají další možnosti pro pokračování testování a úprav takto modifikovaného vozidla.

Annotation:

The aim of this work was a conversion of the drive for Toyota Supra MA70 and its economical evaluation. For the newly designed drive the 3UZ-FE engine and GS6-53BZ gearbox were used. This combination improves an overall vehicle reliability, reduces its operating costs, increases its power and due to this modification some new options for the future upgrade become possible. Emphasis of the work was on the economic evaluation of each part, in terms of the added value for the conversion. Because of this reason a number of parts was purchased despite of the fact that some of these parts were already designed by the author. This case was e.g. the high price of the flywheel manufacturing. Another cost reduction was realized by choosing of the engine control unit when the old one was used instead of designing the new unit. In the economical part, all costs of the vehicle conversion were evaluated and calculated.

From the profitability point of view the market analysis and calculation of the market price was performed. The investment return was analyzed and assessed based on the operating costs determination. Comparing the SWOT analysis before and after the conversion offers further possibilities of improvements of the modified vehicle.

OBSAH

1. ÚVOD	1
2. TEORETICKÁ ČÁST	3
2.1. Historie modelu a řešerše použitých pohonů	3
2.1.1. První generace.....	3
2.1.2. Druhá generace	4
2.1.3. Třetí generace	6
2.1.4. Čtvrtá generace	11
2.1.5. Pátá generace.....	12
2.2. Historie modelu a řešerše použitých pohonů	13
2.3. Technické informace pohonu	15
2.3.1. Originální převodovky	15
2.3.2. Sériově dodávané manuální převodovky	16
2.3.3. Alternativní převodovky.....	23
2.3.1. Volba vhodného motoru	30
3. PRAKTICKÁ ČÁST	37
3.1. Provedený servis a praktické sesazení.....	38
3.1. Výpočet vhodného převodového ústrojí a ověření	44
3.2. Srovnávací analýza převodovek	48
3.3. Technické řešení usazení motoru a převodovky do vozidla, volba olejové vany a úprava kardanu.....	53
3.3.1. Uložení motoru	54
3.3.2. Spojení motoru s převodovkou	64
3.3.3. Uložení převodovky.....	70
3.3.4. Olejová vana a výfukové svody	71
3.3.5. Kardanová hřídel	73
3.3.6. Výfukové potrubí.....	75
3.4. Elektronika motoru a volba řídicí jednotky	76
4. FINANČNÍ ZHODNOCENÍ PROJEKTU A NÁVRATNOST, VÝPOČET TRŽNÍ CENY	81
4.1. Náklady na přestavbu	81
4.2. Analýza trhu z pohledu prodejní ceny	85
4.3. Návratnost z pohledu provozních nákladů či prodeje	86
4.4. Srovnání SWOT analýzy původního a modifikovaného vozidla	89
5. ZÁVĚR	93
Seznam zkratk a symbolů	96
Seznam veličin a použitých jednotek.....	96
Seznam použité literatury.....	98
Seznam obrázků	100
Seznam tabulek	102
Seznam grafů.....	102
Seznam příloh.....	103

1. ÚVOD

Hlavním cílem této práce je ekonomicky zhodnotit a popsat úskalí nově navržené kombinace pohonu vozidla Toyota Supra MA70. Hlavní důraz je kladen na zhodnocení ekonomického aspektu této přestavby a vyhodnocení vlivu zmíněné přestavby na následný provoz vozidla. Technický přínos přestavby vozidla spočívá v použití podstatně modernější pohonné jednotky 3UZ-FE a v tom, že toto vozidlo nebylo továrně nikdy dodávané s motorem typu V8 ale pouze I6.

Prvním dílčím cílem je vypracování rešerše vzniku modelu vozidla Toyota Supra MA70 a jeho vývojových modifikací v průběhu času.

Další výjimečností celého návrhu je tovární absence manuální převodovky pro tuto pohonnou jednotku. Tato pohonná jednotka se nikdy nedodávala s žádnými jinými převodovkami, než jsou převodovky od firmy Aisin v řadách A340e – A761e.

Vhodné nahrazení původní převodovky za jinou spočívá především ve výpočtech vhodných převodů vůči aktuálnímu stálému poměru, který určuje zadní diferenciál. Pro zachování původního charakteru vozidla je vhodné zachovat původní teoretickou maximální rychlost v kombinaci s obdobnými maximálními rychlostmi na konkrétních převodových stupních. Usazení nově navržené kombinace pohonu do karoserie bude probíhat na individuálních uchyceních motoru i převodovky.

Jedním z dílčích cílů této diplomové práce je popis základů úprav elektroinstalace, které budou nutné pro použití sériové 3UZ-FE jednotky ve vozidle, do kterého se tento motor nikdy nedodával.

Dalším dílčím cílem pro potřeby této práce je vytvoření CAD modelů potřebných individuálních prvků pro usazení pohonného ústrojí do vozidla, včetně výkresové dokumentace.

Cílem práce je ověřit teoretickou a ekonomickou výnosnost přestavby a zhodnotit přínosy. Tento pohled se zaměří především na náklady spojené s přestavbou, které budou děleny na přímé a nepřímé. Srovnány budou i náklady na provoz vozidla před přestavbou a po přestavbě. Dále proběhne analýza trhu z pohledu tržní ceny vozidla a její výpočet.



Ekonomický aspekt celé přestavby bude hodnocen pomocí výpočtů návratnosti, z pohledu úspory provozních nákladů a prodeje. Bude vytvořena i SWOT analýza počátečního stavu vozidla a vozidla po přestavbě.

2. TEORETICKÁ ČÁST

V této části diplomové práce je popsán vývoj vozidla Toyota Supra.

2.1. Historie modelu a rešerše použitých pohonů

Historie jména Toyota Supra sahá do druhé poloviny 20. století. Tento ikonický model je pravděpodobně nejznámějším vyrobeným sportovním modelem značky Toyota.

2.1.1. První generace

Toyota původně odhalila jméno Supra v dubnu 1978, vybrané pro nové označení vozidla, kterému již nedostačovalo jméno Celica. Tento přelomový model Celica-Supra je na obrázku 1. První model byl navíc označen svým kódem podvozku A40, v té době stejně jako Celica. Je třeba zmínit, že název A40 je prakticky složením řady motoru a čísla platformy. A40 tedy popisuje použití spalovacího motoru z řady A a název platformy vychází z historického značení od modelu Celica, která byla v již čtvrté generaci – tj. čísla 4 a 0 značí pohon jedné nápravy se standartním podvozkem.



Obr. 1.: Toyota Celica/Supra A40 [Zdroj: https://blog.toyota.co.uk/wp-content/uploads/2013/07/pro0168_tcm317-295354.jpg]

Model Supra byl navržen a vyvinut ve snaze konkurovat na populárním trhu „gran turismo“ (silné sportovně střížené vozy, navržené na dlouhé cestování) pro japonský a severoamerický trh – v té době ovládaný téměř výhradně Datsuny Z2xx. Datsun, dnes již zaniklá značka vlastněná společností Nissan, se po příchodu Toyoty na trh GT vozidel snažila konkurovat speciálními edicemi a výbavou. Toyota Celica A40 – Supra (na domácím trhu pojmenovaná Celica XX) nahradila Celicu s řadovými čtyřválcovými motory, podstatně kultivovanějším šestiválcovým motorem, který nabídl luxusnější charakter vozidla a mnohem klidnější chod volnoběhu motoru. A tak začala historie vozu Toyoty Supra.

2.1.2. Druhá generace

Dalším krokem v historii modelu Toyota Supra bylo uvedení další generace modelu, tj. model s A60 platformou, opět nazývaný Celica XX A60 pro Japonsko a Supra A60 pro zbytek světa. Tato generace byla uvedena v červnu roku 1981 a postupně v rámci všech světových trhů přejmenován pouze na Toyota Supra. Celé vozidlo mělo výrazně zvětšené rozměry, doplněné o ostré tvary karoserie a vůči aktuálním trendům doplněné o vyklápějící přední světla.

A60, tedy „nová Supra“ byla dostupná od roku 1982, viz obrázek 2, se stala nedostatkovým zbožím v rámci Evropy – pro UK bylo dodáváno maximálně 100 kusů za měsíc.



Obr. 2.: Toyota Supra A60 [Zdroj: <https://blog.toyota.co.uk/wp-content/uploads/2013/07/1984-toyota-celica-supra.jpg>]

I přes revoluční uvedení bylo vozidlo identické od B sloupku dozadu se současně vyráběnou Celicou kupé. Supra měla delší rozvor, rozchod náprav, celkovou délku a byla vybavena lepšími pohonnými jednotkami – výhradně řadovými šestiválci.

Umístění řadových šestiválců umožnilo právě i celkové prodloužení vozidla, jmenovitě se podařilo osadit vozidlo novým motorem 5M-GE, tj. řadový šestiválec 2,8 l, DOHC, viz obrázek 3.



Obr. 3.: 5M-GE motor použitý v druhé generaci Toyoty Supry [Zdroj: [1]]

Hlavními specifiky této řady byly široké blatníky, motory z řady M a především více prvkové zadní nápravy, které jsou na obrázku 4. [2]



Obr. 4.: Specifické linie pro Toyotu Supra A60 [Zdroj: https://blog.toyota.co.uk/wp-content/uploads/2013/07/WP_000218.jpg]

Sportovní úspěchy

Kontrastním úspěchem vůči první generaci „Celica-Supra“, která měla jediný sportovní globální úspěch v roce 1979 jako doprovodné vozidlo, lze označit úspěchy druhé generace. Ta si zažila kompletní sportovní kariéru v celosvětovém spektru, včetně úspěchů v British Saloon Car Championship viz obrázek 5, dále jen BTCC, či pokusům v legendární skupině Group A. [2]



Obr. 5.: Sportovní úspěchy Toyoty Supry A60 [Zdroj: [3]]

2.1.3. Třetí generace

Celé působení druhé generace po řadě úspěchů ukončila Toyota v roce 1985. Druhá generace byla ve své době revolučním úspěchem pro automobilku Toyota, díky kterému si mohla dovolit věnovat samotné vývojové oddělení zaměřené přímo na nástupce se stejnou koncepcí – silné GT s poháněnou zadní nápravou s modernizovanou technikou i karosérií viz obrázek 6. [1]



Obr. 6.: Příchod Toyoty MA70 [Zdroj: https://blog.toyota.co.uk/wp-content/uploads/2013/07/WP_000213.jpg]

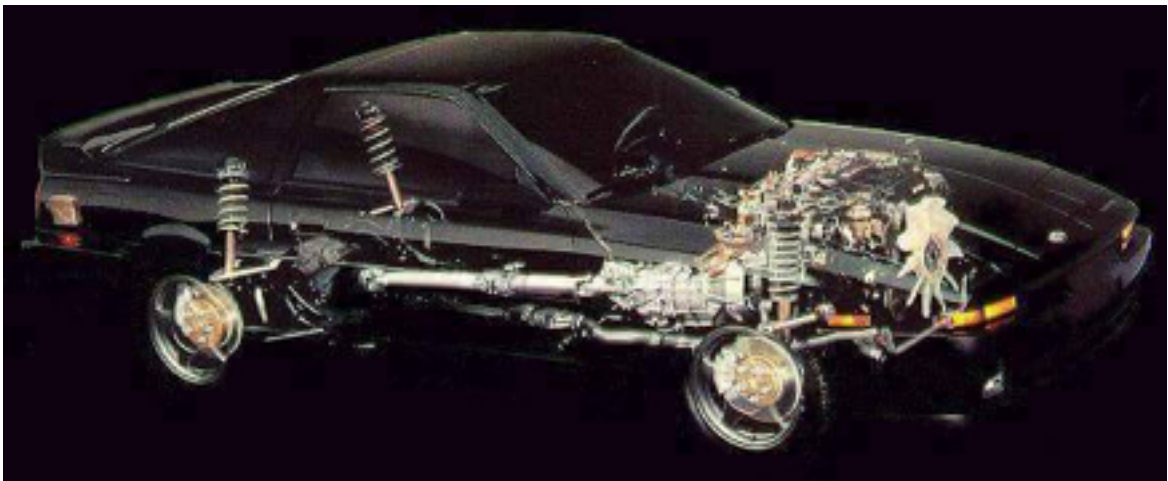
Třetí generace přišla v únoru roku 1986. Generace měla označení MA70. Automobil, který převzal částečně design z předchozí generace, ale byl technicky výrazně modifikovaný = celá karoserie byla výrazně modernizovaná, působí méně agresivním designem a došlo ke zlepšení koeficientu aerodynamického odporu vzduchu $C_x = 0,3$.

Hlavní změnou byla snaha kombinovat pocitově velké GT se sportovněji stříženým automobilem doplněným o dobové velmi pokročilé technologie. Technicky je zajímavá především modifikace zavěšení – dvojitě lichoběžníkové, kde z důvodů redukce hmotnosti použila Toyota poprvé pro horní přední i zadní ramena výkovky z hliníkové slitiny, které jsou na obrázku 7 za brzdovým kotoučem. Dobové vyznačení pohonu a náprav je na obrázku 8, s motorem 7M-GTE. Poměrně nevšední řešení kombinovalo již známé svařované nápravnice uchycené pomocí šroubů k integrovanému rámu vozidla. [2]

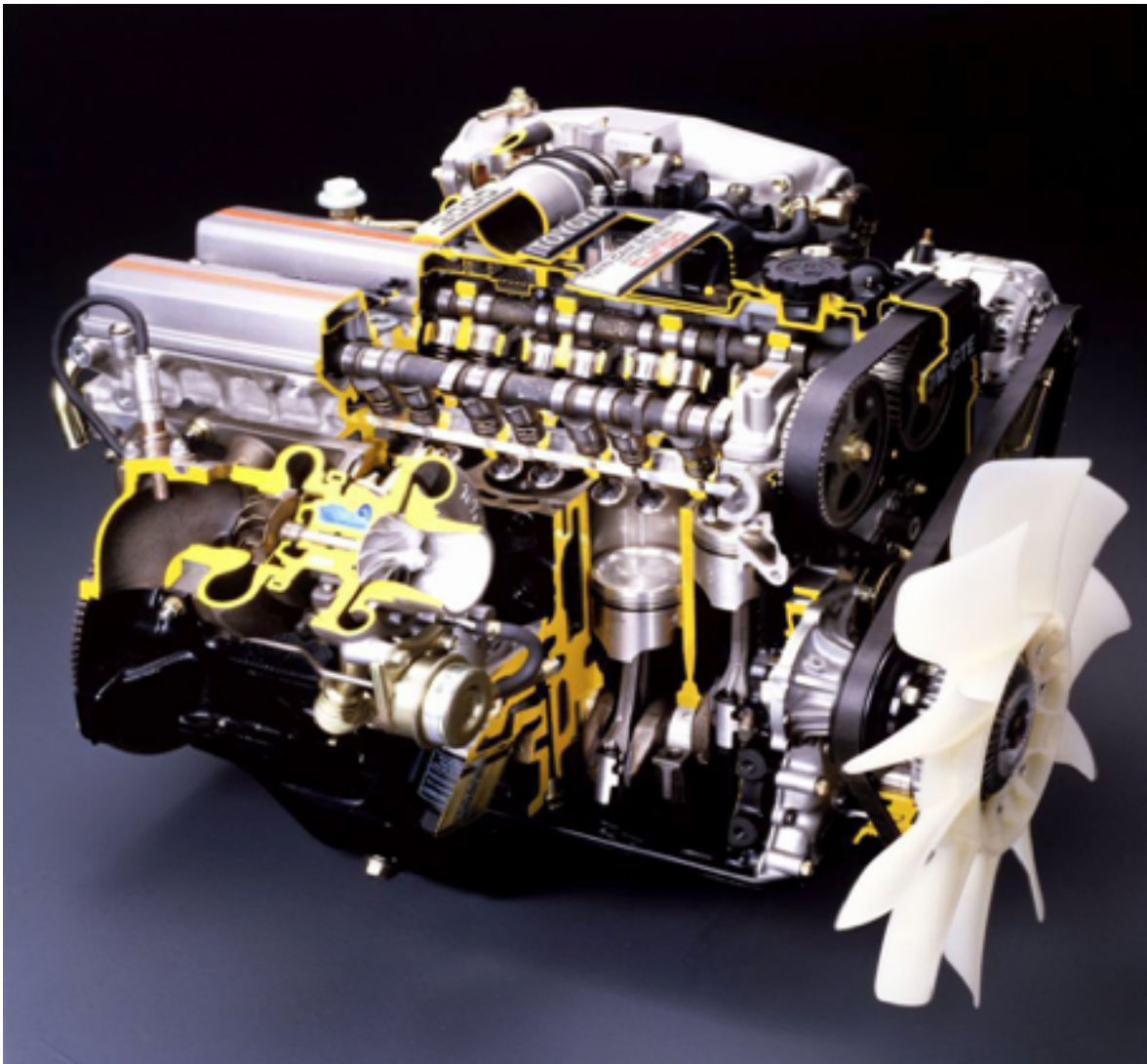
V součtu byla MA70 Supra vybavena čtyřmi motorizacemi s objemy od 2,0 po 3,0 l, všechny řadové šestiválce. Použité motorizace byly závislé na trhu. Pro většinu trhů byl vrcholnou motorizací motor 7M-GTE – řadový přeplňovaný šestiválec s již poměrně zajímavým výkonem 173, resp. 175kW po faceliftu. Tato pohonná jednotka plně dostačovala na očekávaný jízdní projev ve své době. Řez poměrně vyspělým motorem je na obrázku 9.



Obr. 7.: Modifikovaná technika náprav vozidla Toyota Supra MA70 [Zdroj: Autor]



Obr. 8.: Dobové znázornění pohonu vozidla Toyota Supra MA70 [Zdroj: [2]]



Obr. 9.: 7M-GTE motor použitý ve vozidle Toyota Supra MA70 ve verzi Turbo [Zdroj: [1]]

Byl dodáván i v levnější verzi 7M-GE, tj. verze bez přeplňování s nižším výkonem. Ve všech motorizacích se nabízela manuální i automatická převodovka. Jako první verze nabízela příplatkovou odnímatelnou střechu, tj. verze targa.

Jako speciální verze motoru 7M-GTE přišla verze 3.0 GT Turbo A, která sloužila jako homologační speciál pro rallye skupinu GroupA viz obrázek 10, spolu s Celicou ST165 na obrázku 11 [2].



Obr. 10.: Toyota Supra Group A v generaci MA70 [Zdroj: [2]]



Obr. 11.: Toyota Celica ST165, čtvrtá generace vozidla Toyota Celica s pohonem všech kol a motorem 3S-GTE [Zdroj: [3]]

Další zajímavou verzí vozidla byla Toyota SupraR, vyráběná na konci modelové řady. Byla vybavena řadovým šestiválcem 1JZ-GTE, který byl již z nastupující motorové řady JZ, kterou používala další generace vozidla. Této verze bylo vyrobeno pouze 2 500 vozidel, nabízena byla pouze pro japonský trh. [2]

Téměř všechny verze byly vybaveny lamelovým samosvorným diferenciálem s rozdílným převodovým poměrem, dle použité převodovky a trhu. [2]

Na obrázku 12 je patrné značení verze vozidla na zadní části vozidla, jinak všechny běžné verze působily stejně. [2]



Obr. 12.: Značení verzí u Toyota Supra MA70 [Zdroj: https://blog.toyota.co.uk/wp-content/uploads/2013/07/WP_000215.jpg]

2.1.4. Čtvrtá generace

Japonský automobilový průmysl zažil fenomenální úspěch v průběhu konce osmdesátých a devadesátých let, kde si A70 Supra konkurovala především s vozy Nissan 300ZX, Mazda RX-7, Honda NSX a částečně Mazdou MX-5. Její nástupce, Toyota Supra JZA80 (1993–2000) se stal s odstupem času nejúspěšnější generací ze všech. Vozidlo Toyota Supra JZA80 bylo osazeno již výhradně motory z řady 2JZ, řadovými šestiválcovými motory s výkony v rozmezí 169 až 243kW, v závislosti na verzi a trhu. Vrcholná motorizace nabídla poprvé šestistupňovou převodovku.

Nabízela prvky karoserie, které se aktivně podílely na aerodynamice či výrazně účinnější brzdový systém oproti MA70. Opět byla dostupná ve verzi targa, ale především pro japonský trh měla mnohem širší spektrum doplňků a volitelných funkčních prvků výbavy než MA70, viz obrázek 13. [2]



Obr. 13.: Toyota Supra JZA80 [Zdroj: [2]]

2.1.5. Pátá generace

V další, aktuálně vyráběné generaci J29 od roku 2019, se Toyota především kvůli ekonomickým úsporám rozhodla (historicky poprvé) využít spolupráci s BMW a jejími dodavateli pro vývoj moderního sportovního automobilu. Nová generace je na obrázku 14 v předprodejní verzi. Jedná se prakticky o BMW Z4 ve verzi kupé, kde BMW Z4 je pouze kabriolet. Jsou osazeny totožnými motorizacemi, které dosahují výkonů až 285kW. Vůči aktuálním trendům byl tak vůbec prvně historicky použit ve voze Toyota Supra i čtyřválcový motor. [2]



Obr. 14.: Toyota Supra páté generace označená J29 [Zdroj: [1]]

2.2. Historie modelu a rešerše použitých pohonů

V následující tabulce jsou srovnány všechny generace z pohledu prodaných kusů na všech trzích, viz tabulka 1. [1]

Tab. 1.: Množství prodaných vozidel Toyota Supra v letech 1979 až 1999

Model	Rok	Počet prodaných kusů [ks]
Toyota A40/A50	1979	59 751
	1980	40 929
	1981	30 677
	Celkem	131 357
Toyota A60	1982	64 691
	1983	51 246
	1984	56 754
	1985	44 779
	Celkem	217 470
Toyota A70	1986	63 237
	1987	56 823
	1988	37 232
	1989	27 633
	1990	12 196
	1991	6 883
	1992	2 266
	Celkem	206 270
Toyota A80	1993	5 511
	1994	4 469
	1995	4 305
	1996	1 618
	1997	2 620
	1998	2 340
	1999	4 560
	Celkem	21 523

[Zdroj: [1]]

Pro názorné srovnání jsou v tabulce 2 popsány všechny sériově používané motory a převodovky, včetně značení a základních charakteristik. Detailněji budou však rozebrány v kapitole Technické informace pohonu [2].

Tab. 2.: Technické informace o pohonech

Kódové značení	Doba produkce	Zdvihový objem [l]	Výkon [kW]	Moment [Nm]	Převodovka/řazení	Trh
MA70	únor 1986 – květen 1993	2.954, Toyota 7M-GE	149	266	W58 manuální	Kanada, USA, Evropa, Japonsko
					A340E automatická	
		2.954, 7M-GTE turbo	173/175	344	R154 manuální	Kanada, USA, Evropa
					A340E automatická	
GA70	únor 1986 – 1992	1.988, 1G-GEU	118	176	W58 manuální	Japonsko
					A340E automatická	
		1.988, 1G-GTE twin-turbo	154	244	W58 manuální	Japonsko
					A340E automatická	
JZA70	1990–1993	2.491, 1JZ-GTE	206	363	R154 manuální	Japonsko
					A340E automatická	

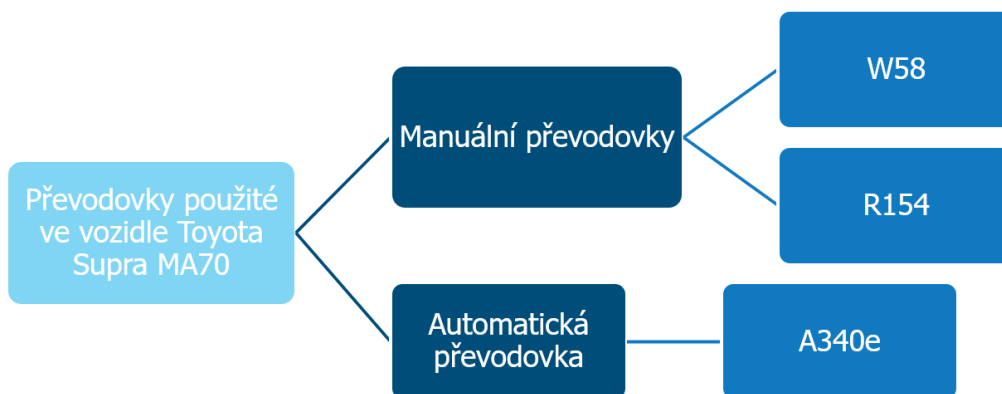
[Zdroj: [2]]

2.3. Technické informace pohonu

Je nutné detailně prozkoumat možnosti pohonu tak, aby byly uváženy všechny varianty – včetně použití původní techniky na novém motoru.

2.3.1. Originální převodovky

Toyota Supra MA70 lze osadit několika originálními převodovkami. Z těchto převodovek jsou dvě manuální a jedna automatická. Jejich názvy jsou zobrazeny na obrázku 15. Veškeré převodovky jsou dodávány firmou Aisin Warner, která je dceřinou společností Toyoty. [2]



Obr. 15.: Diagram použitých převodovek v Toyotě MA70 [Zdroj: [2]]

Převodovka A340e je čtyřrychlostní automatická převodovka, v různých verzích pro různé trhy měla přidáný modul pro manuální řazení na volantu, rozdílné otáčky pro uzamčení hydroměniče, ale vždy byla velmi odolná a spolehlivá.

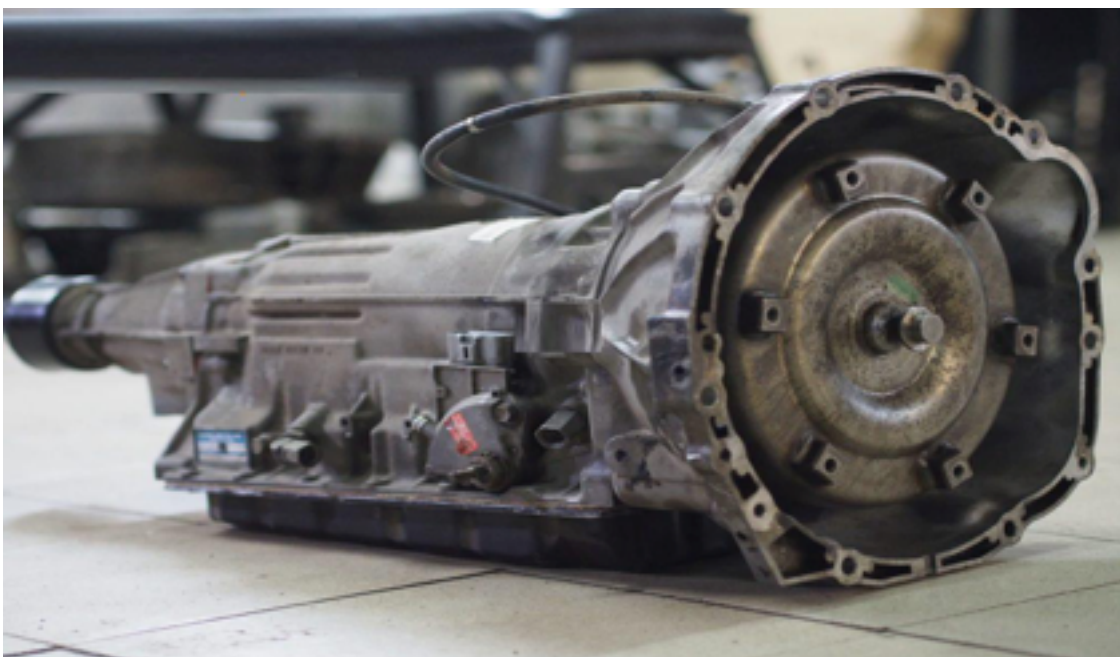
Tato nemoderní převodovka z obrázku 16 je doplněná o externí chladič oleje, zvládá běžně i výkony přes 320 kW a 700 Nm. V tabulce 3 jsou popsány převody pro A340e převodovku. Všechny byly vybaveny funkcí Overdrive. Funkce Overdrive umožní neřadit poslední převodový stupeň během jízdy vozidla. Využití této funkce, která se zapínala voličem na hlavici řadící páky je především v hustém dálničním provozu či

při využití vozidla pro tahání přívěsu. Hmotnost převodovky je 51 kg, bez náplně používá se originální Toyota T-IV olej. [2]

Tab. 3.: Převody převodovky typu A340e použité ve vozidle Toyota Supra MA70

1	2	3	4	R
2,8	1,53	1	0,71	2,39

[Zdroj: [4]]



Obr. 16.: Převodovka A340e z Toyoty Supra [Zdroj: Autor]

2.3.2. Sériově dodávané manuální převodovky

Z pohledu manuálních převodovek byla jedna používána pro přeplňovaný motor (R154) a jedna pro atmosférický motor (W58), viz obrázek 17. Obě převodovky jsou si velmi podobné převody, liší se především odolností.

W58 je převodovka, která vychází z řady W5x, je kombinována vždy s jednohmotnostním setrvačником a se spojkovou sadou, která obsahuje odpruženou lamelu. Převody jsou popsány v tabulce 4.

Všeobecný limit pro výkon převodovky je přibližně 260 kW a 450 Nm. Slabinou převodovek W5x je méně odolné ložisko u vstupní hřídele, ale oproti R154 má o 9 kg menší hmotnost. Celková hmotnost je 39 kg. [2]



Obr. 17.: Převodovka W58 z vozidla Toyota Supra [Zdroj: Autor]

Tab. 4.: Převody převodovky W58 použité ve voze Toyota Supra ve verzi bez přeplňování

1	2	3	4	5	R
3,251	1,955	1,31	1	0,753	4,22

[Zdroj: [4]]

Převodovka R154 je použita jen v kombinaci s přeplňovanými motory 1JZ-GTE a 7M-GTE. Před příchodem další generace (JZA80), byla R154 nejodolnější manuální převodovkou pro RWD aplikace, které Toyota používala. Její převody jsou uvedeny v tabulce 5. Nejslabší místo této převodovky je ozubené kolo pro druhý převodový stupeň. Ve verzi pro MA70 má tato převodovka hmotnost 48 kg. Znárodněna je na obrázku 18. [2]

Tab. 5.: Převody převodovky R154 použité ve vozidle Toyota Supra Turbo

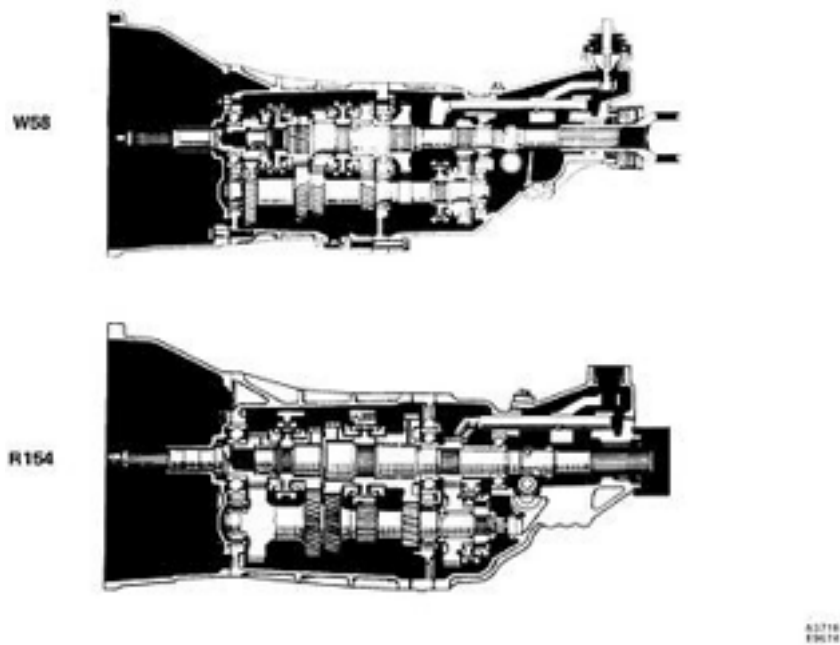
1	2	3	4	5	R
3,285	1,894	1,275	1	0,783	3,768

[Zdroj: [2]]



Obr. 18.: Převodovka R154 z Toyoty Supra [Zdroj: Autor]

Při srovnání obou převodovek se pro alternativní zástavbu jeví z pohledu kompaktnosti a co nejnižší hmotnosti vozidla více vhodná W58. Z pohledu odolnosti je R154 mnohem vhodnější varianta. Srovnání obou převodovek je na obrázcích 19 a 20, kde jsou viditelné především rozměrové rozdíly.

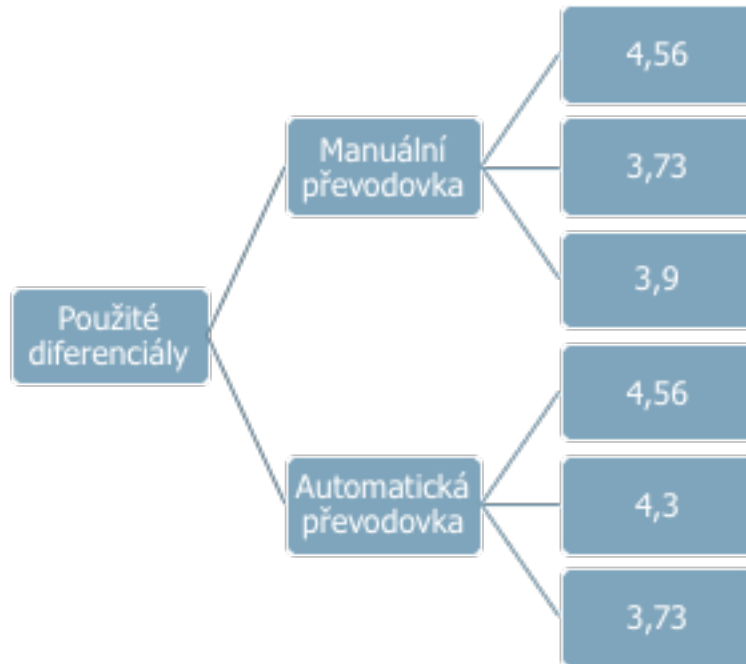


Obr. 19.: Řez převodovkami W58 a R154 z vozidla Toyota Supra [Zdroj: [2]]



Obr. 20.: Přímé srovnání převodovek z Toyota Supra W58 a R154 [Zdroj: Autor]

Porovnání převodových poměrů diferenciálů je na obrázku 21.



Obr. 21.: Diagram použitých diferenciálů ve vozidle Toyota Supra MA70 [Zdroj: [2]]

Krom raných verzí byly všechny diferenciály v MA70 samosvorné, lamelového typu. Řez lamelovým diferenciálem je na obrázku 22, který je typově stejný a není přímo z JZA70.



Obr. 22.: Lamelový samosvorný diferenciál ve vozidle Toyota Supra MA70 [Zdroj: [4]]

Z pohledu na všechny verze je výjimkou JZA70, která měla samosvorný diferenciál typu Torsen, který je považován obecně za trvanlivější, ale točivý moment je schopen přenést stejný, jako lamelový. Torsen diferenciál je zobrazen na obrázku 23. [2]



Obr. 23.: Samosvorný diferenciál použitý ve vozidle Toyota Supra JZA70 [Zdroj: [2]]

Jeho svornost je ve srovnání se zmíněnými sériovými lamelovými diferenciály menší o 15 %. Právě lamelový diferenciál byl často doplněn o externí pasivní chladič oleje.

Lamelový diferenciál se opotřebovává třením lamel, ale je velmi snadno opravitelný pomocí opravné sady, viz obrázek 24. Zbytek diferenciálu je většinou nepoškozený. Díky té lze i zvýšit svornost, až na 85 %. [2]



Obr. 24.: Sada na generální opravu lamelového diferenciálu z vozidla Toyota Supra obsahující nové lamely a pružinu [Zdroj: [2]]

Pro zastavitelnost je vhodnější volit verzi od roku 1989, která byla odolnější v důsledku větších použitých ložisek, která jsou pro porovnání na obrázku 25. Vnitřní průměr zůstal totožný, měnil se vnější z 36.6 mm na 47 mm a hloubka vnitřního kroužku ložiska z 14 mm na 18 mm. Označení ložiska před modifikací je od výrobce ZVL 32 315 BL a po modifikaci je značení od stejného výrobce ložisek 30 204AJ2C.



Obr. 25.: Modifikované kuželíkové ložisko (na levé straně modifikovaná verze a po roce 1989 a na pravé straně původní ložisko) [Zdroj: [7]]

Běžně mají diferenciály i bez této modifikace do roku 1989 schopnost přenášet výkon stabilně do 600 kW a 1 100 Nm točivého momentu. [2]

2.3.3. Alternativní převodovky

Pro tuto práci je nutno uvážit i použití alternativních převodovek, které by mohly funkčně i finančně celý projekt zvýhodnit. Další výhodou použití modernější převodovky bude také snadnější dlouhodobá udržitelnost.

Převodovka J160

Převodovka J160 je nejdostupnější variantou z ekonomického pohledu – jedná se o velmi levnou převodovku, která je servisně velmi snadno udržitelná. Použitá převodovka pocházející z Lexusu IS200 a je zobrazena na obrázku 26. [4]



Obr. 26.: Převodovka J160 z vozidla Lexus IS200 [Zdroj: Autor]

S různými modifikacemi ji Aisin adaptoval pro Lexus IS200, Nissan Silvia S15, Mazdy MX-5, RX-8 či v další revizi do Toyoty GT86 (Subaru BRZ). Zpřevodování celé převodovky je popsáno v tabulce 6.

Převodovka J160 podobně jako výše zmíněná R154 nabízí velké množství vylepšení a aftermarket dílů, díky kterým ji lze zesílit až na přenos momentu 700 Nm. Bez vylepšení je její limit přibližně 450 Nm, který je dán především pojistným kroužkem na hřídeli ke čtvrtému převodovému stupni. Odolnější alternativa je na obrázku 27 a níže na obrázku 28 je zobrazena vada, která nastane v důsledku selhání kroužku. Pro instalaci kroužku je třeba upravit i hřídel, kde po testech a zkušenostech z reálného provozu nutno podotknout, že slabé místo převodovky bylo chybou konstrukčního návrhu, nikoli materiálového. Pro zvýšení odolnosti je zapotřebí úprava hřídele, viz obrázek 29.

Další velkou výhodou J160 převodovky jsou kompaktní rozměry, nízká hmotnost (o 3 kg lehčí než W58) a dostupnost spojkových setů pro různé výkonnostní aplikace.

Tab. 6.: Převody převodovky J160 použité ve vozidle Lexus IS200

1	2	3	4	5	6	R
3,874	2,175	1,484	1,223	1	0,869	3,76

[Zdroj: [2]]



Obr. 27.: Porovnání rozměrů pojistného kroužku před a po modifikaci u převodovky J160
[Zdroj: Autor]



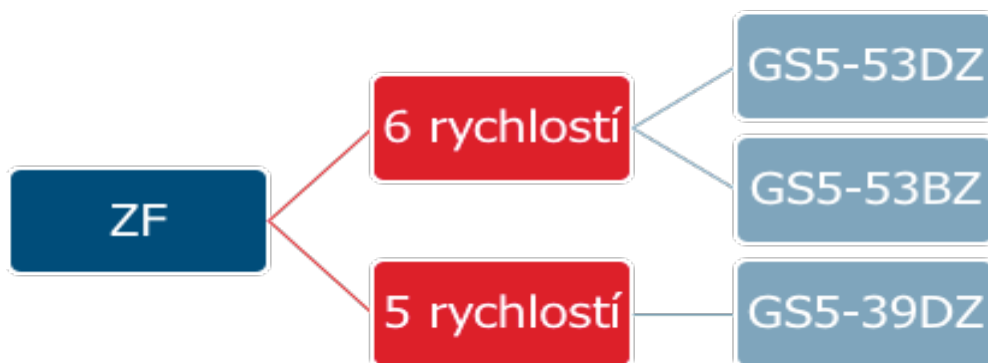
Obr. 28.: Důsledky konstrukční vady u převodovky J160 [Zdroj: Autor]



Obr. 29.: Nutná modifikace hřídele pro možnost instalace zesíleného pojistného kroužku u převodovky J160 [Zdroj: Autor]

Převodovka S6-53 a S5-39

Tato převodovka od ZF se aplikovala v průběhu minulých let do většiny silných prémiových vozidel s pohonem zadních, či všech kol. Pro účely této práce jsou zajímavé však pouze aplikace pro BMW – konkrétně používané pro 530d, 330d druhý model byl použitý pro BMW 335i, 535i a M3. Jako levnou a odolnou alternativu lze zmínit S5-39, tj. pětirychlostní převodovku pro starší BMW 330d a 530d. Obchodní značení pro BMW je zobrazeno na obrázku 30. [5]



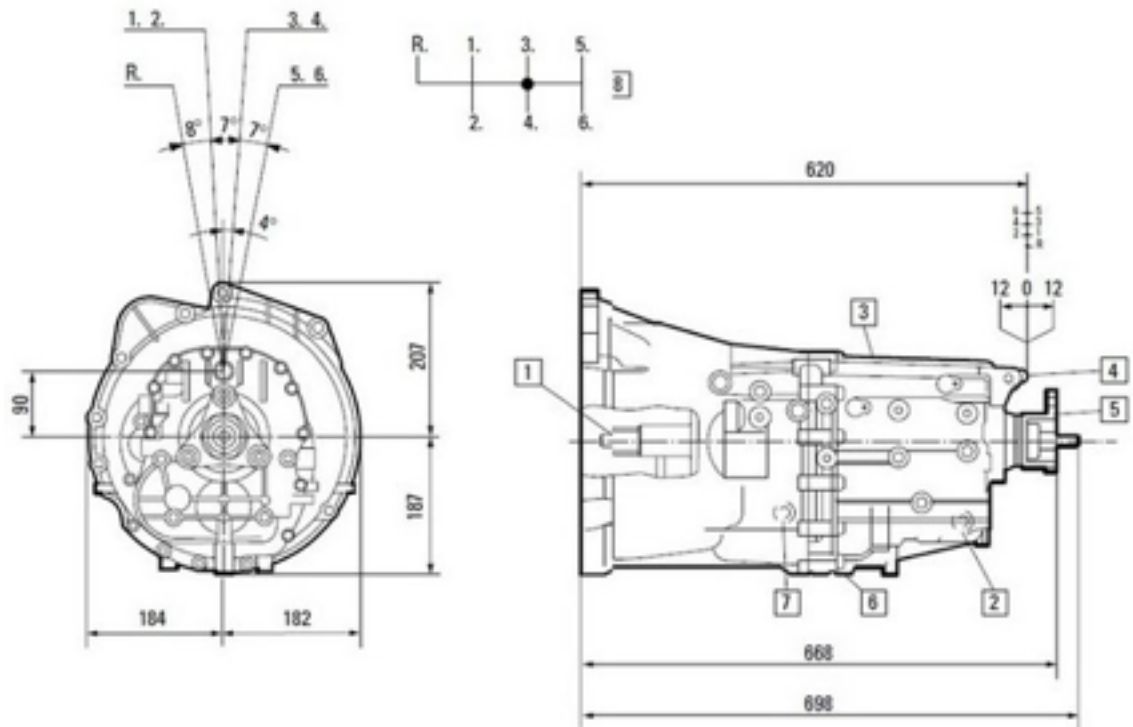
Obr. 30.: Rozřazení převodovek od ZF dle BMW značení [Zdroj: [5]]

Převodovka S6-53DZ

Tato převodovka je ideální především pro dobrou dostupnost z pohledu náhradních dílů a použitých převodovek. Používala se v rozmezí let 2004-2015, s drobnými změnami se prodává i v dnes prodávaných vozech. Velkou výhodou této převodovky je fakt, že byla prakticky vždy osazována spojkovými sadami, kde byla použita odpružená lamela, což velmi usnadní další návrh napojení na motor.

Značnou nevýhodou jsou nekompaktní zástavbové rozměry této převodovky, které jsou popsány na obrázku 31. Další nevýhodou je poměrně vysoká hmotnost, 63 kg.

Na obrázku 32 je zobrazena použitá převodovka v konkrétní aplikaci pro BMW 330d. Z tabulky 7 převodů je patrné, že je tato převodovka převody poměrně odlišná a tato převodovka by zřejmě znamenala úpravu stálého převodu – výměnu diferenciálu. [5]



Obr. 31.: Rozměrové schéma, GS6-53DZ [Zdroj: [5]]



Obr. 32.: Použitá převodovka z BMW 330d, GS6-53DZ [Zdroj: Autor]

Tab. 7.: Převody převodovky GS6-53DZ, značené dle BMW

1	2	3	4	5	6	R
5,08	2,804	1,783	1,26	1	0,835	3,76

[Zdroj: [5]]

Převodovka S6-53BZ

Tato převodovka je prakticky shodná s výše popsanou GS6-53DZ, až na převody viz tabulka 8. Zástavbové rozměry jsou pro tuto převodovku totožné, resp. liší se jen rozměry konce vstupní hřídele pro uložení v ložisku setrvačnicku. Jedná se o průměr a délku válce označeného červeně na obrázku 33. Tato převodovka mohla být optimální vůči vhodné volbě převodů. Jedinou její nevýhodou je poměrně špatné spektrum spojkových sad a dostupnost v kombinaci s cenou těchto nedostupných převodovek.



Obr. 33.: Vstupní hřídel převodovky G-53BZ, značené dle BMW S6 [Zdroj: [5]]

Tab. 8.: Převody převodovky GS6-53BZ, značené dle BMW

1	2	3	4	5	6	R
4,055	2,396	1,582	1,192	1	0,872	3,67

[Zdroj: [4]]

Převodovka GS5-39DZ

Pětirychlostní varianta převodovky od ZF je značená dle BMW GS5-39DZ. Jedná se o nejvíce odolnou variantou ze všech možností, viz tabulka 9. Její kompaktnější rozměry oproti šestimychlostní variantě, o 8 kg nižší hmotnost, především výrazně lepší finanční dostupnost z ní dělají optimální volbu. Nutná je však změna diferenciálu za alternativní. Toto řešení je velmi podobné v případě GS6-53DZ s tím rozdílem, že tato převodovka stabilně dokáže přenést i točivý moment přes 1 000 Nm, viz obrázek 34.



Obr. 34.: Převodovka z BMW 330d, GS5-53DZ [Zdroj: Autor]

Tab. 9.: Převody převodovky GS5-39DZ, značené dle BMW

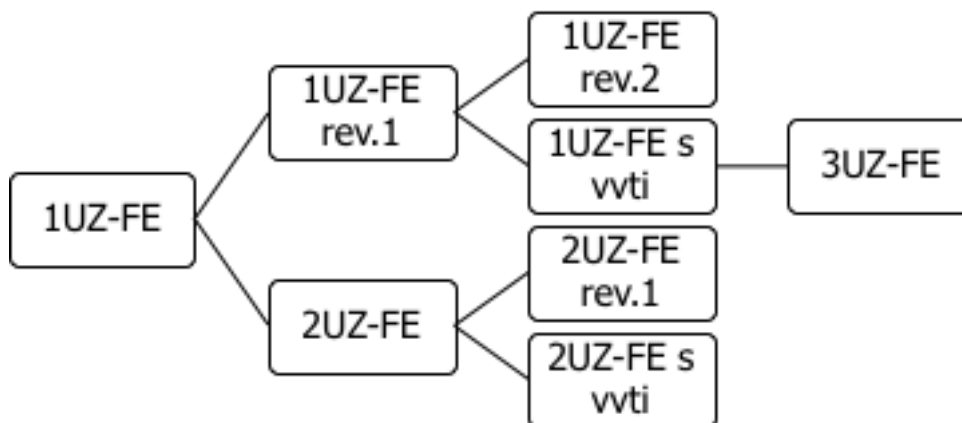
1	2	3	4	5	R
5,08	2,804	1,783	1,26	1	3,76

[Zdroj: [5]]

2.3.1. Volba vhodného motoru

V rámci volby vhodného pohonného agregátu jsou uvažovány následující disponibilní motory. Vidlicový osmiválcový motor 1UZ-FE, který byl představen v roce 1989 a je základem pro řadu motorů, viz obrázek 35. Původní 1UZ-FE (3,968 l) motor disponoval výkonem 180 kW v 5 300 min⁻¹. [6]

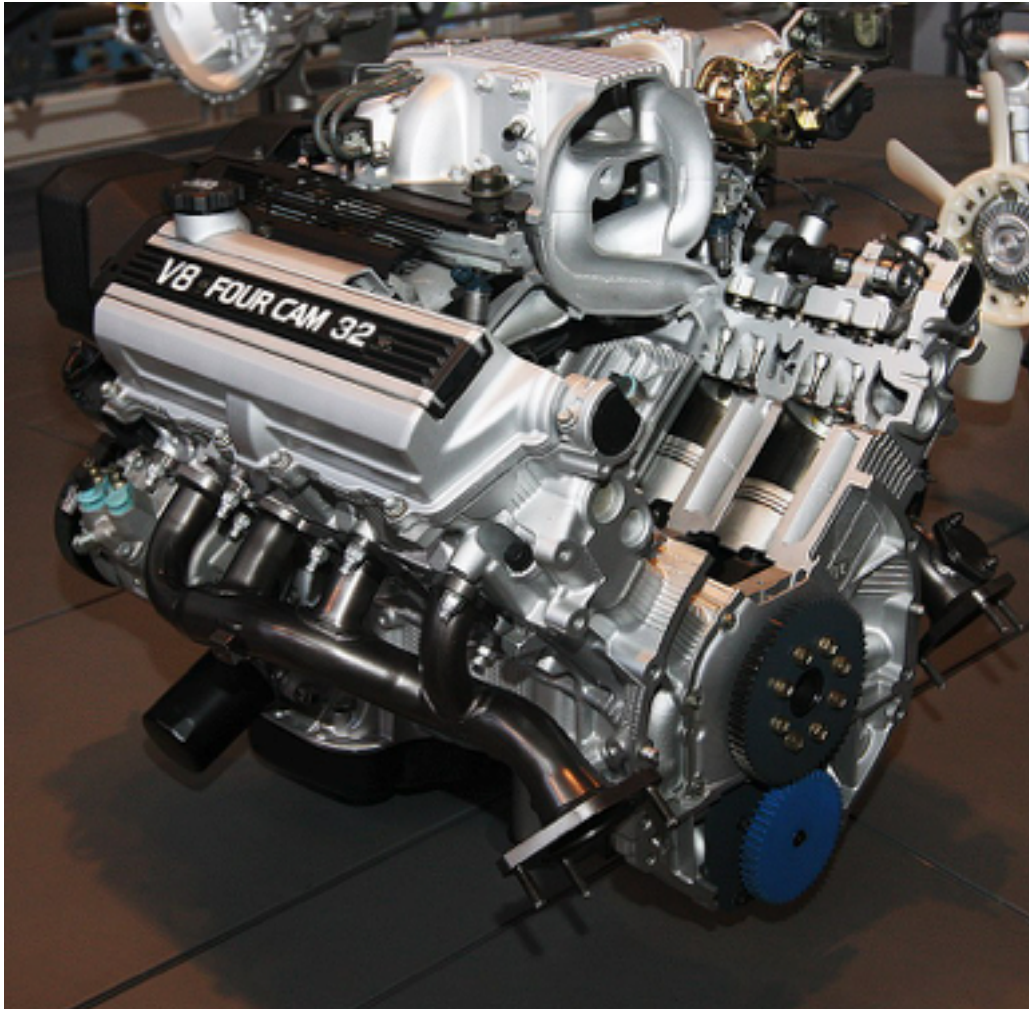
Jedná se o nadčtvercový (zdvih je delší než vrtání) motor, s vrtáním x zdvihem 87,5 mm × 82,5 mm, což by mělo zajistit z principu vysokou životnost. V řezu je na obrázku 36, kde jsou pro ilustraci chodu použity jiné řemenice.



Obr. 35.: Popis celé řady UZ-FE [Zdroj: [7]]

V rámci několika revizí se postupně zvyšoval výkon i průběh momentu, většinou změnou palivové mapy v řídicí jednotce motoru. První revize 1UZ-FE představená v roce 1995 s prvním faceliftem vozidla Lexus LS400 přinesla modernější řídicí jednotku, byly upraveny výfukové svody a byly zvoleny jiné písty i ojnice. Kompresní poměr vzrostl na 10:1, což bylo důsledkem jiných pístů. Blok motoru, hlavy i těsnění zůstaly stejné.

Na obrázku 37 je vidět patřičný rozdíl ojníc napříč generacemi – postupné snižování hmotnosti mělo za následek snížení životnosti a menší možnosti úprav na sériovém motoru. Po hlubším zkoumání lze říci, že ojnice pro motory 2UZ-FE a 3UZ-FE jsou téměř shodné z pohledu mechanických vlastností jako ty, které jsou použity v poslední revizi 1UZ-FE. V této revizi byly kompletně přepracovány hlavy motoru.



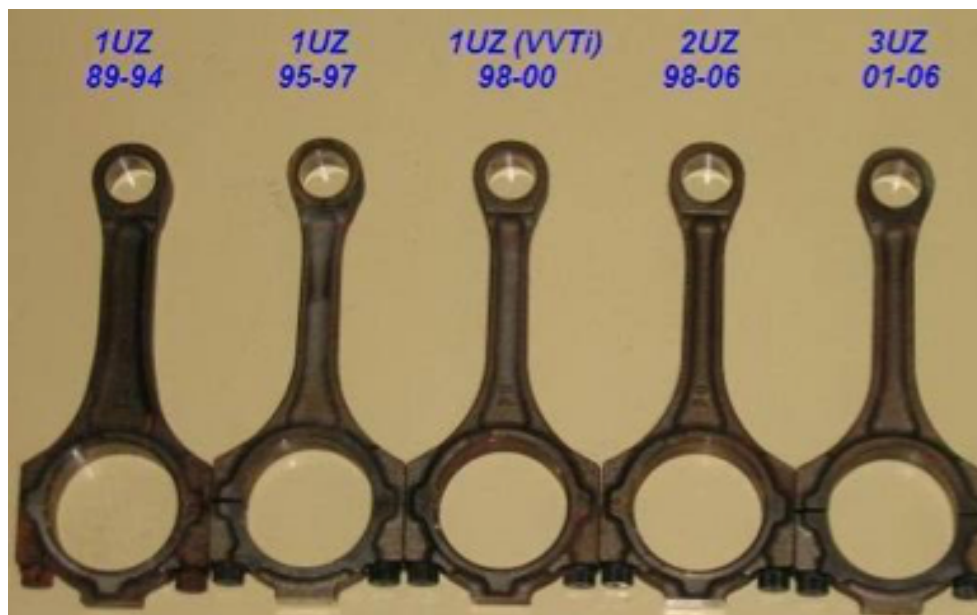
*Obr. 36.: Původní motor 1UZ-FE, s provedeným řezem pro demonstraci použitých mechanismů
[Zdroj: [7]]*

Bylo to nutné především z důvodu přidání proměnného časování sacích ventilů, dále jako VVT-i. Systém VVT-i, Variable Valve Timing with intelligence, začala Toyota implementovat postupně do všech motorů od roku 1998. Proměnnému časování ventilů umožňuje řídit zdvih ventilů, okamžik otevření ventilu a dobu otevření ventilu nebo některou kombinaci uvedených parametrů, v závislosti na otáčkách motoru.

Změna nastavení zdvihu nebo časování ventilů může probíhat v několika diskrétních krocích nebo plynule. Existuje několik způsobů ovládání ventilů. Využívá hydraulické nastavování změnou tlaku oleje. [7]

Ideálním nastavením práce ventilů je možné dosáhnout příznivějšího průběhu výkonu v závislosti na otáčkách motoru, nebo z druhého úhlu pohledu snížení měrné spotřeby paliva (díky čemuž se sníží emise výfukových plynů). To v případě 1UZ-FE s touto úpravou produkovalo výkon až 226 kW, který je na obrázku 38, což bylo dosaženo opět i modifikací výfukových svodů, řídicí jednotky a kompletně přepracovaného sání motoru. Změnou prošla i ventilová víka a elektronika motoru – zmizel rozdělovač či mechanická škrticí klapka. [7]

Poslední revize s VVT-i má pro každý válec cívku a elektronicky ovládanou škrticí klapku, viz obrázek 39. Ta přijímá signál z polohy plynového pedálu.



Obr. 37.: Ojnice mezi generacemi 1UZ i srovnání s 2UZ a 3UZ [Zdroj: [7]]



Obr. 38.: Poslední revize 1UZ-FE, opticky naprosto totožná s 3UZ-FE [Zdroj: [7]]



Obr. 39.: Elektronická škrticí klapka [Zdroj: [7]]

2UZ-FE je motor technicky vycházející z 1UZ-FE, je však určený do nepříznivých povětrnostních podmínek a svou charakteristikou odpovídá více pracovnímu užítí – zvýšený objem na 4,633 l, vrtání x zdvih je 94 mm × 84 mm, posunul v kombinaci s jinými vačkovými hřídeli točivý moment ještě níže do využitelnějšího spektra.

Tento motor jako jediný z celé UZ-FE řady má osazený litinový blok motoru. Všechny ostatní motory této řady mají blok motoru z hliníkové slitiny, což přináší úsporu hmotnosti jen na bloku 29 kg. Motor 2UZ-FE je využíván často pro pouštní mise nebo expediční účely, kde bývá často vyřazen i VVT-i člen jako zdroj potenciálního problému ve spolehlivosti, leč je řízen pouze solenoidy. Dva solenoidy pro celý motor – na každé hlavě motoru jeden. Solenoid je na obrázku 40, často dochází k jeho poškození z důvodu zanesení olejovým filmem po nájedzu přibližně 450 000 km. Ve srovnání s konkurenčními systémy (Vanos od BMW), se i tak jedná o velmi nadprůměrnou hodnotu, kterou lze zvýšit zkrácenými intervaly výměn oleje. [7]

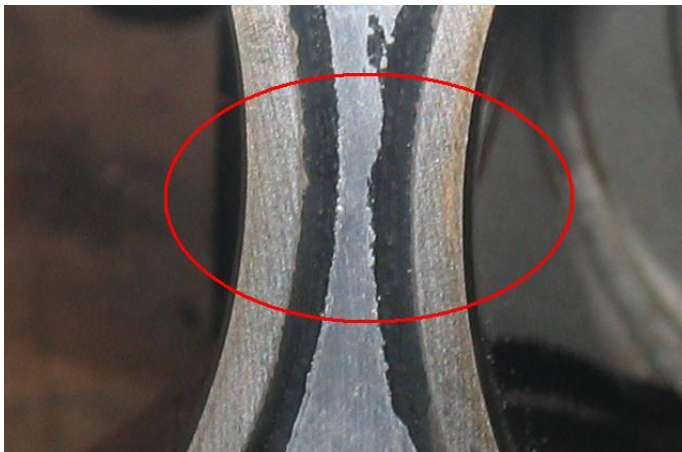


Obr. 40.: VVT-i solenoid [Zdroj: [7]]

Při bližším pohledu na motor 3UZ-FE z vozidla Lexus GS430 lze obecně říci, že se jedná prakticky o 1UZ-FE v poslední revizi, ovšem s nepatrnými změnami. Hlavní změnou je zvětšený objem (4,292 l).

Toho bylo dosaženo změnou vrtání na 91 mm z původních 87,5 mm, zdvih zůstává stejný 82,5 mm. Hlavy motoru zůstávají totožné, rozdíl nastává v bloku motoru, který má podstatně menší vzdálenost mezi válci, resp. vložkami válců. Hliníkové bloky jsou u 1UZ a 3UZ vždy osazeny ocelovými vložkami. Pokovení hliníkové slitiny „nikasilovou“ vrstvou (rezistentní niklová vrstva nanesená na stěny válce) se v UZ-FE řadě nepoužilo.

Rozdíly jsou patrné z obrázku 41 a 42 – vzdálenost mezi vložkami je u 3UZ oproti 1UZ velmi malá. I proto jsou motory 1UZ vyhledávanější než 3UZ.



Obr. 41.: Vzdálenost mezi vložkami válců v bloku motoru 3UZ-FE [Zdroj: [7]]



Obr. 42.: Vzdálenost mezi vložkami válců v bloku motoru 1UZ-FE [Zdroj: [7]]

Shrnutí

V této kapitole byla z historického hlediska popsána modelová řada vozu Toyota Supra a její použitá technika. Právě tento historický pohled na použité pohonné jednotky a převodovky dodává opodstatnění k nahrazení původní pohonné jednotky a poskytuje technické informace, které jsou nutným podkladem pro praktickou část této práce. V této kapitole byly také popsány alternativní převodovky a použité diferenciály, což jsou vstupní údaje pro dále uvedenou srovnávací analýzu převodovek.

Na základě výše uvedené analýzy byl pro přestavbu zvolen motor 3UZ-FE. Uvedený motor je vhodný z pohledu ekonomické dostupnosti a spolehlivosti.

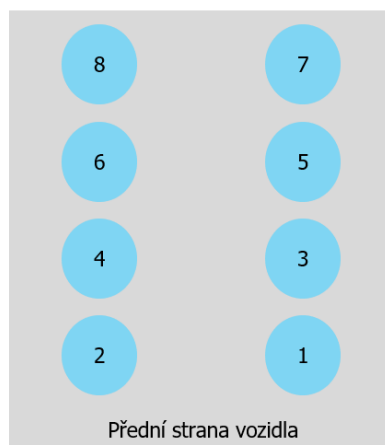
3. PRAKTICKÁ ČÁST

V této části diplomové práce budou popsány technické postupy a návrhy nutné k úspěšnému dokončení přestavby.

Pro účely správného usazení a následného odladění je třeba provést kontrolu stavu pohonné jednotky. Kontrola byla provedená základní – měření kompresí ve spalovacím prostoru po vyjmutí zapalovacích cívek a svíček.

Výsledek měření je popsán v tabulce 10. Nový motor má dosahovat hodnot 13,7 bar, tlakové rozpětí mezi jednotlivými válci by nemělo být více než 1 bar. Na žádném válci by neměla hodnota měřeného tlaku klesnout pod 9 bar. V případě naměřené hodnoty nižší, než 9 bar bude nutné demontovat hlavu motoru příslušící měřenému válci a zkontrolovat příčinu tlakové netěsnosti. Může být způsobena poškozenými vložkami válců, pístními kroužky, nedosedajícími ventily, prasklinou v hlavě motoru či špatně nastavenou ventilovou vůlí.

Na obrázku 43 je číslování jednotlivých válců. Z naměřených hodnot je patrné, že pořízený motor je ve stavu téměř nového. Bude tedy zapotřebí pouze níže popsany servis bez větších zásahů do mechaniky motoru.



Obr. 43.: Číslování válců pro motor 3UZ-FE pocházející z vozidla Lexus GS430 [Zdroj: [7]]

Tab. 10.: Hodnoty naměřených tlaků ve spalovacím motoru konkrétního motoru

Číslo válce	Naměřen hodnota (bar)	V pořádku (Ano/ Ne)
1	13,3	Ano
2	13,2	Ano
3	13,3	Ano
4	13,2	Ano
5	13,4	Ano
6	13,3	Ano
7	12,9	Ano
8	13,0	Ano

[Zdroj: Autor]

3.1. Provedený servis a praktické sesazení

Po zhodnocení situace je nutné na motoru provést výměny provozních dílů, kam patří soupis dílů zobrazený tabulka 11.

Tab. 11.: Soupis servisních prvků měněných při servisu motoru

Název dílu
Rozvodová sada
Drážkový řemen pro pohon příslušenství
Vodní pumpa
Těsnící sada, kompletní
Termostat
VVT-i solenoidy

[Zdroj: Autor]

Před usazením je vhodné provést veškerou údržbu, která je třeba, protože přístup k motoru ve stojanu je ideální, viz obrázek 44.



Obr. 44.: Motor 3UZ-FE uchycený ve stojanu z vozidla Lexus GS430 [Zdroj: Autor]

Instalace nové rozvodové sady včetně vodního čerpadla je běžný servisní úkon. Je vhodné ji doplnit o napínací mechanismus, který běžně není dodáván. Rozvodová sada obsahuje sadu ozubeného řemene s kladkami, napínací mechanismus a vodní čerpadlo. Podle servisních příruček společnosti Toyota/Lexus je nutné tento napínací mechanismus měnit s každou výměnou rozvodové sady, který je i s rozvodovou sadou na obrázku 45.



Obr. 45.: Sada ozubeného řemene včetně vodního čerpadla, kladek a napínáku pro motor 3UZ-FE [Zdroj: Autor]

V rámci přetěsnění motoru proběhla i vizuální kontrola vačkových hřídelů a měření ventilové vůle. Tolerance pro ventilovou vůli i 3UZ-FE motoru je rozdílná pro ventily sací a výfukové, viz tabulka 12. Měří se spárovými měrkami. Po seřízení ventilové vůle následuje instalace nového těsnění ventilového víka, viz obrázek 46.

Tab. 12.: Soupis servisních prvků měněných při servisu motoru

Toleranční pole pro ventil k sání	Toleranční pole pro ventil k výfuku
(0,15 – 0,25) mm	(0,25 – 0,35) mm

[Zdroj: [7]]



Obr. 46.: Vačkové hřídele na motoru 3UZ-FE po měření ventilové vůle [Zdroj: Autor]

Škrticí klapka zůstane elektronicky řízená. [8] Tato volba znamená instalaci snímače polohy plynového pedálu z vozidla Lexus GS430, ale přináší několik výhod – přesnější kalibraci, snížení spotřeby či plynulejší chod plynového pedálu. Zmíněná klapka je vyznačena šipkou na přetěsněném a nalakovaném sání na obrázku 47. [7] Dále následuje instalace přetěsněného sání motoru a nového těsnění, viz obrázek 48.



Obr. 47.: Sání motoru, vyčištěné a nalakované s instalovanou klapkou z motoru 3UZ-FE

[Zdroj: Autor]



Obr. 48.: Pohled na nové těsnění pro sání motoru 3UZ-FE

[Zdroj: Autor]

Při uvážení možných problémů, které může způsobit špatně fungující alternátor, proběhla jeho renovace. Během té došlo k výměně spínací cívky, ložiska řemenice, výměně uhlíků a lakování těla alternátoru. Celý opravený alternátor je na obrázku 49.



Obr. 49.: Kompletně repasovaný alternátor z motoru 3UZ-FE použitým ve voze Lexus GS430

[Zdroj: Autor]

Dalším dílem k výměně jsou VVT-i solenoidy. Jedná se o zařízení, kterým jsou osazeny všechny motory z řady UZ-FE od roku 1997, kde v rámci zásadní modifikace proběhlo osazení proměnným časováním sacích ventilů. Celý systém je závislý na tlaku oleje a zmíněných solenoidech. Tlak oleje na volnoběh musí být za olejovým čerpadlem 29 kPa nebo více, při volnoběhu.

Druhá hodnota se měří při zvýšených otáčkách, zde musí dosahovat čerpadlo tlaku (294 až 588) kPa. Původní olejové čerpadlo tyto hodnoty plní. Závada zmíněných solenoidů se často detekuje špatně a mezi hlavní ukazatele patří ztelný propad výkonu motoru. Solenoidy jsou celkem dva, na každé hlavě motoru jeden. Na obrázku 40 byl zmíněn VVT-i solenoid a na obrázku 50 VVT-i mechanismus na rozvodovém kole. Motory 1UZ-FE bez VVT-i měly jednoduchou řemenici. [7]

Po provedeném servisu je motor nutno naplnit provozními kapalinami. Motorový olej musí splňovat normy ACEA A3/B3. Typ oleje je výrobcem předepsán normou a typem na 5W30 či 5W40. Olej 5W-40 je optimálním řešením pro více namáhaný motor. [7]



Obr. 50.: Pohled na viditelné VVT-i členy motoru 3UZ-FE [Zdroj: Autor]

3.1. Výpočet vhodného převodového ústrojí a ověření

Pro výpočet vhodného pohonu je nutné znát tato vstupní data:

- Celkový průměr kola (lze spočítat přes šířku pneu a výšku profilu).
- Finální převod (převodový poměr diferenciálu).
- Počet převodových stupňů (ideálně 6).
- Maximální otáčky motoru (7000 min^{-1}).
- Převodové poměry převodovky.
- Požadovaná maximální rychlost (vůči výkonu motoru a charakteru vozidla by mělo v ideálním případě dosáhnout alespoň 270 km/h).

Příklad vstupních hodnot pro převodovku GS6-53BZ je v tabulce 13.

Tab. 13.: Vstupní hodnoty pro výpočet převodů

Šířka kola (mm)	225		* Vložte šířku pneu (např. 225)			
Profil pneu (%)	40		* Vložte profil pneu (např. 55)			
Velikost disku (inch, ")	18		* Vložte průměr disku (např. 18)			
Celkový průměr kola (mm)	662,581		Vypočítaný průměr			
Finální převod	3,692		*Vložte finální převod, např. 4,1111			
Rychlostní stupeň	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Převodový poměr	4,0550	2,3960	1,5820	1,1920	1,0000	0,8720

[Zdroj: [4], [5] a [7]]

Výpočet se provádí za účelem zjištění, v jakých otáčkách bude vozidlo dosahovat konkrétní rychlosti. Příklad je uveden v tabulce 14.

Tab. 14.: Tabulka dosažené rychlosti při zvolených převodech

	Rychlostní stupeň						Rychlost vozidla
Otáčky motoru	1.	2.	3.	4.	5.	6.	
1 000	8,3	14,1	21,4	28,4	33,8	38,8	km/h
2 000	16,7	28,2	42,7	56,7	67,6	77,5	km/h
3 000	25,0	42,3	64,1	85,1	101,4	116,3	km/h
4 000	33,4	56,4	85,5	113,5	135,2	155,1	km/h
5 000	41,7	70,6	106,9	141,8	169,1	193,9	km/h
6 000	50,0	84,7	128,2	170,2	202,9	232,6	km/h
7 000	58,4	98,8	149,6	198,6	236,7	271,4	km/h
8 000	66,7	112,9	171,0	226,9	270,5	310,2	km/h
9 000	75,0	127,0	192,4	255,3	304,3	349,0	km/h
10 000	83,4	141,1	213,7	283,6	338,1	387,7	km/h

[Zdroj: [6]]

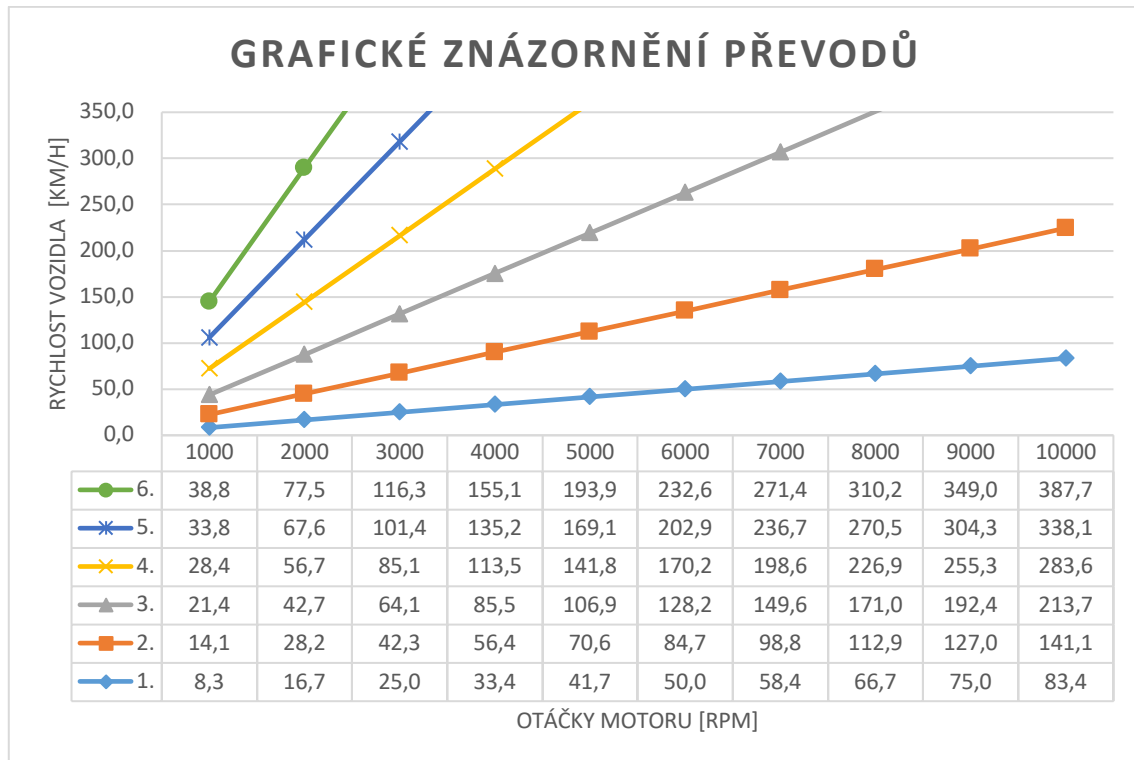
Graficky znázorněné převody jsou pro ukázkou znázorněny v grafu 1, pro konkrétní převodovku GS6-53BZ. Toto znázornění graficky reprezentuje i oblasti, kde je možné použít při uvážení minimálních otáček více převodových stupňů – např. 30 km/h lze využít rychlostní stupeň převodovky 1. a 2., srovnání proběhlo pro všechny převodové stupně. Kompletní výpočty pro všechny typy převodovek uvedené v této práci jsou v příloze V. Dalším přínosným grafem je pilový graf. Zmíněný graf je i přílohou č. I v rozměru A3. K jeho sestavení je potřebná pomocná tabulka, které jsou uváženy přeřazení. Tabulka 15 popisuje, jak poklesnou otáčky během řazení a v kolika otáčkách se bude řadit. Zde je uvážen agresivní styl řazení při maximálních povolených otáčkách. Hlavními výstupy z tabulky 15 jsou dosažené rychlosti při přeřazení a otáčky motoru po přeřazení. [9]

Tab. 15.: Tabulka dosažené rychlosti při přeřazení a otáček po přeřazení

PŘEŘAZENÍ	I. - II.	II. - III.	III. - IV.	IV. - V.	V. - VI.
rpm při vyřazení	7 000	6 900	6 800	7 000	6 800
rpm po zařazení	5 620	5 340	5 610	5 360	5 800
km/h při přeřazení	78,3	112,7	157,1	179,0	222,1

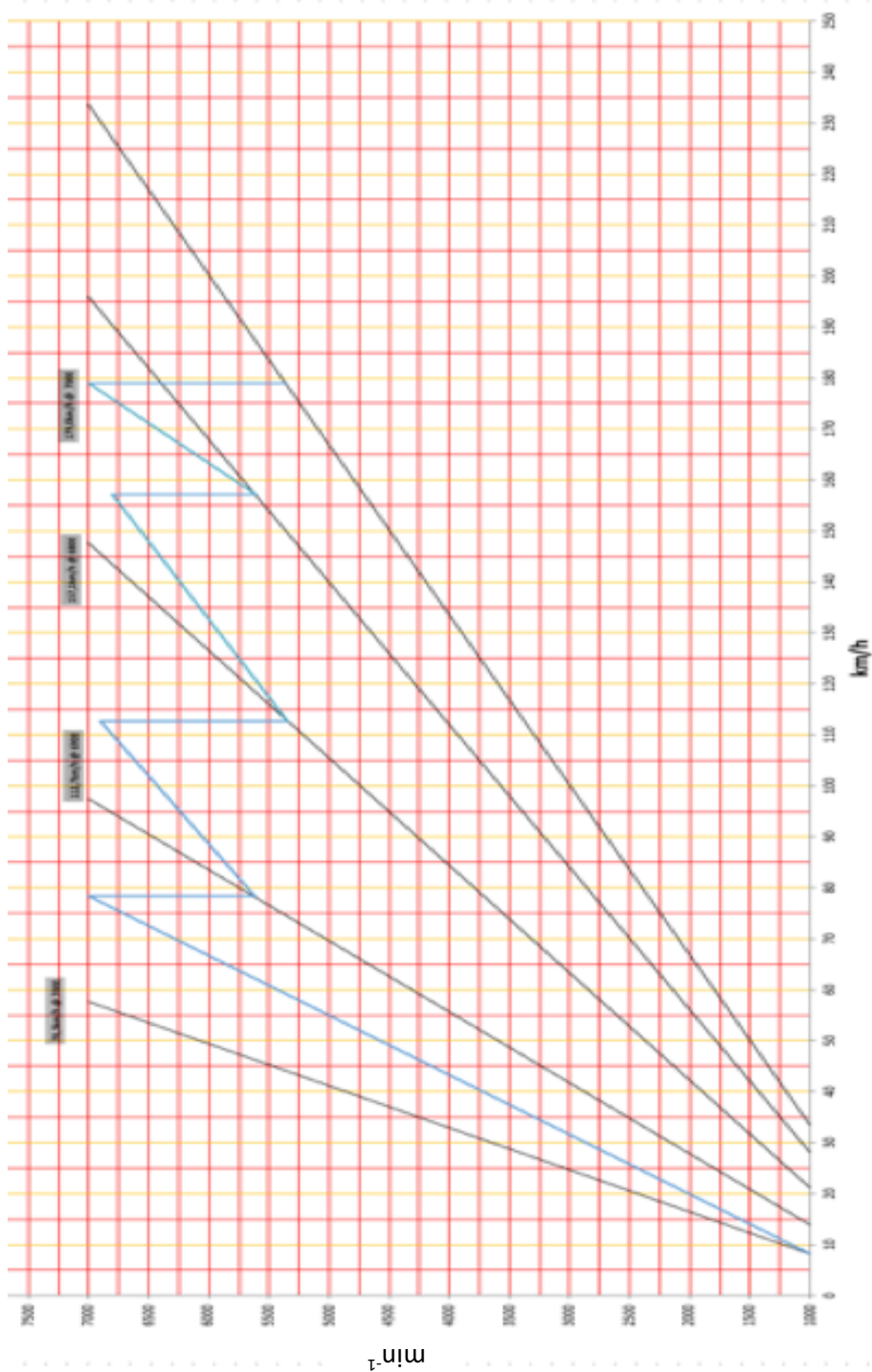
[Zdroj: [5]]

Tabulka 15 je nutná vstupní hodnota pro sestavení pilového grafu.



Graf 1 – Znázornění převodových stupňů v závislosti na rychlosti vozidla [Zdroj: [10]]

Využité hodnoty z tabulky 15 lze reprezentovat na grafu 2, který bude ve formátu A3 přílohou této práce č. I. Tento pilový diagram přesně popisuje charakteristiku spojení zmíněné převodovky GS6-53DZ a motoru 3UZ-FE za využití stejných vstupních veličin jako u předchozích výpočtů. [4], [11]



Graf 2 – Pilonový diagram pro vozidlo s 3UZ-FE motorem a GS6-53BZ převodovkou
[Zdroj: [4]]

3.2. Srovnávací analýza převodovek

Tato analýza slouží především pro srovnání více produktů či cest s přiřazenými vlastnostmi.

Ke každé klíčové vlastnosti jsou přiřazeny body v intervalu $\langle -5;5 \rangle$, varianta s nejvíce body bude zvolena. Pro volbu převodovky je jednoduchá rozhodovací analýza s přiřazenými deseti vlastnostmi ke každé převodovce naprosto dostačující. [12]

Převodovka J160 se jeví jako dobrá volba, ale mezi její zásadní nevýhody patří nízká odolnost a nedostupnost dílů. V tabulkách níže – tabulka 16 až tabulka 22 jsou popsány klíčové vlastnosti. [12]

Tab. 16.: Kriteriaální analýza pro převodovku J160

J160			
Výhody	Body	Nevýhody	Body
<i>Hmotnost</i>	5	<i>Nedostupné opravné sady</i>	-1
<i>Cena</i>	3	<i>Dostupnost odolných spojkových sad</i>	-5
<i>Dostupnost převodovek</i>	2	<i>Zvyšování výkonu</i>	-5
<i>Počet převodových stupňů</i>	4	<i>Typ kulisy</i>	-1
<i>Ideální převody</i>	5	<i>Nutno upravit polohu startéru</i>	-2
J160 celkem bodů:	5		

[Zdroj: [12]]

Další volbou je převodovka S6-53BZ, která je ve všech ohledech ideální. Problém může být cena. Tyto převodovky je velmi často problém sehnat použité z důvodu malého množství prodaných vozidel, kam se montovaly. Spolu s tím souvisí běžná cena přes 20 000,- Kč za použitou převodovku. Na výběr je i menší množství odpružených lamel. [13]

Tab. 17.: Kriteriaální analýza pro převodovku S6-53BZ

S6-53BZ			
Výhody	Body	Nevýhody	Body
<i>Hmotnost</i>	3	<i>Nedostupné opravné sady</i>	-5
<i>Dostupnost odolných spojkových sad</i>	4	<i>Cena</i>	-3
<i>Zvyšování výkonu</i>	5	<i>Dostupnost převodovek</i>	-2
<i>Počet převodových stupňů</i>	4	<i>Typ kulisy</i>	-1
<i>Ideální převody</i>	5	<i>Nutno upravit polohu startéru</i>	-2
S6-53BZ celkem bodů: 8,00			

[Zdroj: [12]]

Převodovka S6-53DZ je po zvážení většiny vlastností spíše nevhodná, protože by byla nutná změna diferenciálu.

Tab. 18.: Kriteriaální analýza pro převodovku S6-53DZ

S6-53DZ			
Výhody	Body	Nevýhody	Body
<i>Hmotnost</i>	3	<i>Nedostupné opravné sady</i>	-4
<i>Dostupnost odolných spojkových sad</i>	2	<i>Ideální převody</i>	-5
<i>Zvyšování výkonu</i>	2	<i>Dostupnost převodovek</i>	-4
<i>Počet převodových stupňů</i>	3	<i>Typ kulisy</i>	-1
<i>Cena</i>	5	<i>Nutno upravit polohu startéru</i>	-2
S6-53DZ celkem bodů: -1			

[Zdroj: [12]]

Sériově dodávaná automatická převodovka A650e je neutrální volbou, která je snadná konstrukčně, ale nebude ji snadné upravit pro uživatelské potřeby bez řídicí jednotky automatické převodovky, dále jen TCU. [4]

Tab. 19.: Kriteriaální analýza pro převodovku A650e

A650e			
Výhody	Body	Nevýhody	Body
<i>Hmotnost</i>	2	<i>Nedostupné opravné sady</i>	-4
<i>Dostupnost odolných spojkových sad</i>	2	<i>Ideální převody</i>	-3
<i>Zvyšování výkonu</i>	4	<i>Dostupnost převodovek</i>	-4
<i>Počet převodových stupňů</i>	4	<i>Typ kulisy</i>	-2
<i>Cena</i>	5	<i>Nutno upravit polohu startéru</i>	-1
A650e celkem bodů:	3		

[Zdroj: [12]]

Převodovka A760e je velmi zajímavou automatickou převodovkou především z pohledu nízké hmotnosti, moderní konstrukci a schopností adaptace. Zásadním problémem je však dostupnost převodovky jako takové, náhradních dílů a cena je také nepříznivá. [7]

Tab. 20.: Kriteriaální analýza pro převodovku A760e

A760e			
Výhody	Body	Nevýhody	Body
<i>Hmotnost</i>	4	<i>Nedostupné opravné sady</i>	-4
<i>Dostupnost odolných spojkových sad</i>	4	<i>Ideální převody</i>	-3
<i>Zvyšování výkonu</i>	1	<i>Dostupnost převodovek</i>	-4
<i>Počet převodových stupňů</i>	4	<i>Cena</i>	-5
<i>Typ kulisy</i>	5	<i>Nutno upravit polohu startéru</i>	-1
A340e celkem bodů:			1

[Zdroj: [12]]

Pětistupňová převodovka GS5-39DZ je vynikající volbou z pohledu ceny a odolnosti, bohužel vyžaduje instalaci jiného diferenciálu.

Tab. 21.: Kriteriaální analýza pro převodovku GS5-39DZ

GS5-39DZ celkem bodů:			
Výhody	Body	Nevýhody	Body
<i>Hmotnost</i>	2	<i>Nedostupné opravné sady</i>	-4
<i>Dostupnost odolných spojkových sad</i>	2	<i>Ideální převody</i>	-5
<i>Zvyšování výkonu</i>	5	<i>Dostupnost převodovek</i>	-4
<i>Počet převodových stupňů</i>	5	<i>Typ kulisy</i>	-3
<i>Cena</i>	5	<i>Nutno upravit polohu startéru</i>	-2
GS5-39DZ celkem bodů:			1

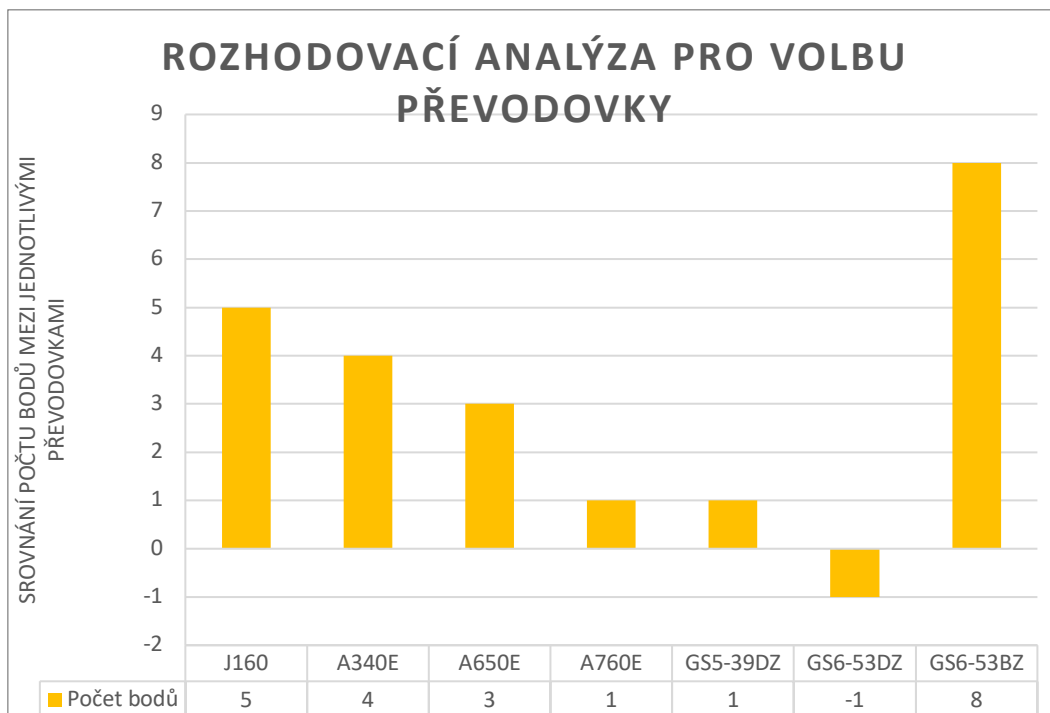
[Zdroj: [12]]

Převodovka A340e je původní převodovkou z motoru 1UZ-FE. Jedná se o opravdu nemoderní převodovku, která je však velmi odolná, dobře dostupná a zástavba by byla velmi jednoduchá.

Tab. 22.: Kriteriační analýza pro převodovku A340e

A340e			
Výhody	Body	Nevýhody	Body
<i>Hmotnost</i>	3	<i>Nedostupné opravné sady</i> <i>Počet převodových stupňů</i>	-4
<i>Dostupnost odolných spojkových sad</i>	5	<i>Ideální převody</i>	-5
<i>Zvyšování výkonu</i>	2	<i>Dostupnost převodovek</i>	-2
<i>Dostupné opravné sady</i>	4	<i>Typ kulisy</i>	-3
<i>Cena</i>	5	<i>Nutno upravit polohu startéru</i>	-1
A340E celkem bodů:		4	

[Zdroj: [12]]



Graf 3 – Výsledek srovnávací analýzy [Zdroj: [12], [14]]

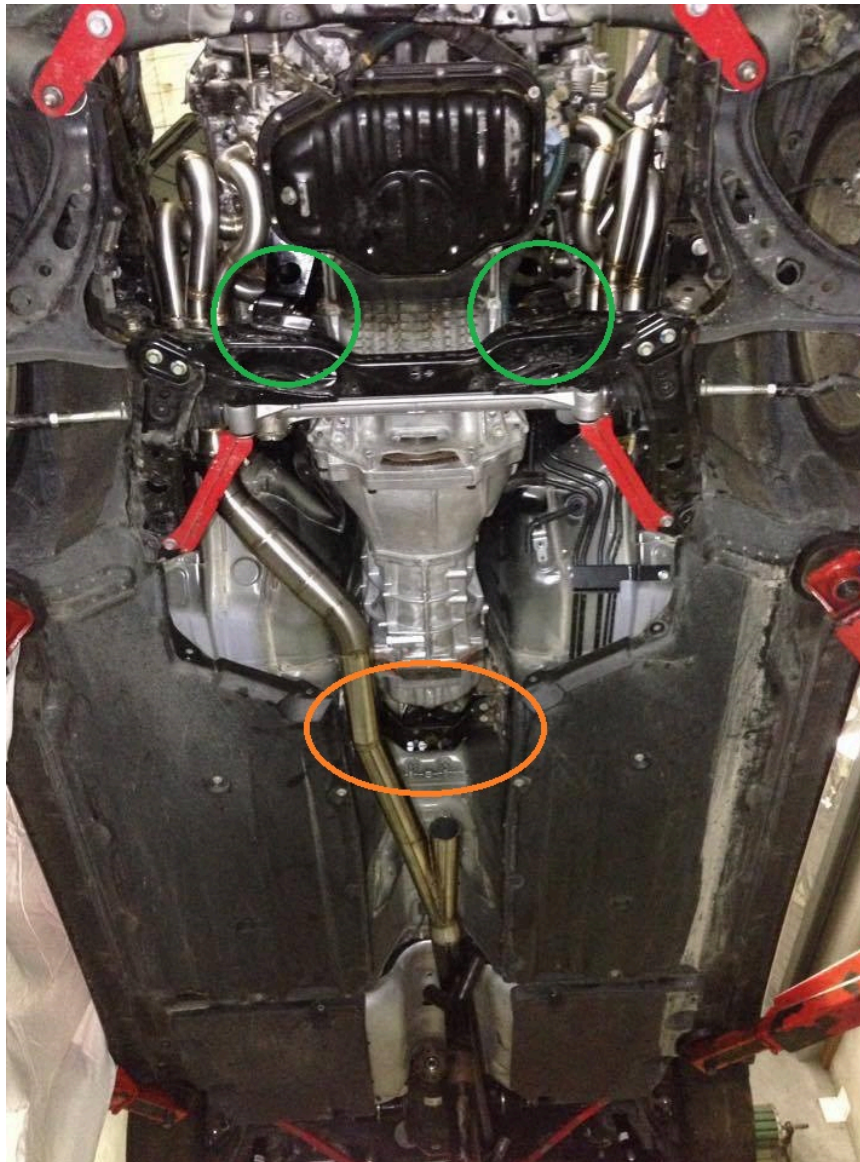
Shrnutí

Na základě výše uvedené srovnávací analýzy je možné konstatovat, že z uvedených převodovek je pro naše účely nejvhodnější převodovka GS6-53BZ, která bude použita pro návrh.

3.3. Technické řešení usazení motoru a převodovky do vozidla, volba olejové vany a úprava kardanu

Usazení motoru do vozidla je možné bez zásahů do karoserie, vzhledem ke zjištěným rozměrovým kapacitám karoserie umožňuje i další instalaci přeplňování bez zásahu do karoserie vozidla.

Z celé přestavby je několik mechanických dílů, které je třeba vyrobit. Nutná je výroba uložení motoru, držáku převodovky, setrvačníku a redukční příruby mezi motor a převodovku. Dále je třeba upravit výfukové potrubí. [7] Na obrázku 51 je vidět uložení motoru a převodovky. Jedná se o tři kusy uložení, motor je uložen pomocí dvou vyrobených držáků a převodovka pomocí jednoho. Zeleně označené je uložení motoru a oranžově uložení převodovky.



Obr. 51.: Uložení motoru a převodovky na vozidle Toyota Supra MA70 po přestavbě [Zdroj: [7]]

3.3.1. Uložení motoru

Uložení motoru je kombinací dvou dílů – původní držák je hliníkový odlitek, který je spojen s gumovou částí.

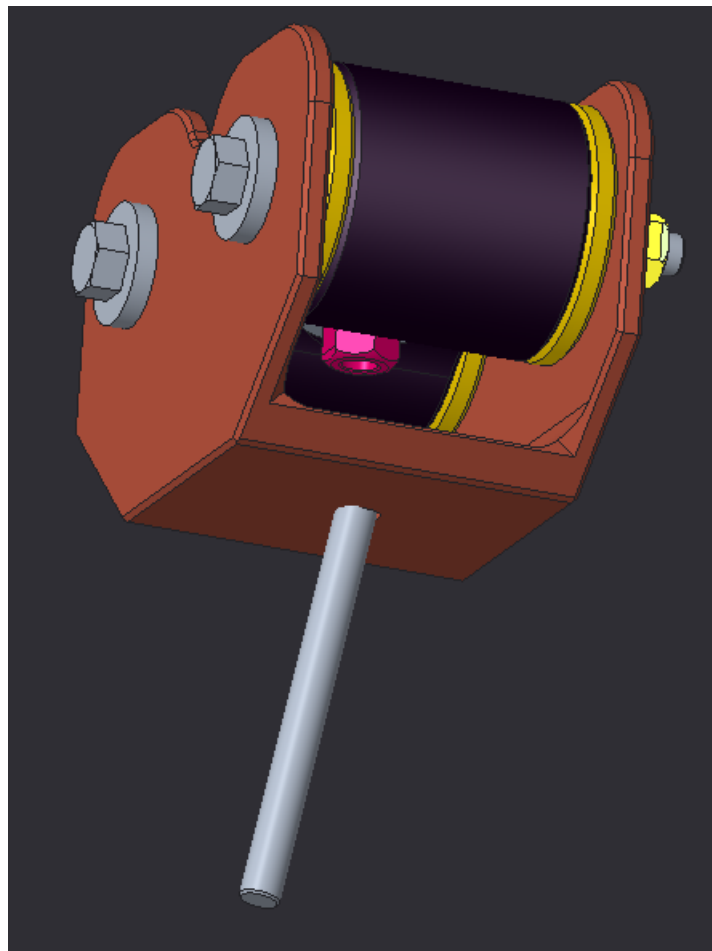
Na obrázku 52 je odlitek napojený na původní gumová uložení, která jsou naplněná olejem. V některých letech produkce vznikaly gumové díly bez olejové výplně.



Obr. 52.: Původní uložení motoru pro 3UZ-FE motor z vozidla Lexus GS430 [Zdroj: [7]]

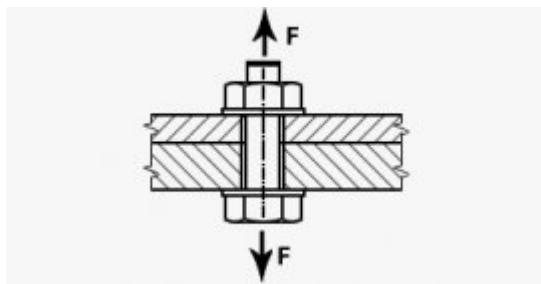
Alternativní uložení je nutné vyrobit kvůli jinému úhlu vstupu do nápravnice. Další nespornou výhodou je finanční úspora oproti originálnímu dílu. Návrh bude zkonstruovaný tak, aby bylo možné uložení snadno a levně opravit.

Na obrázku 53 je tento návrh nejlépe patrný – držák pro jednu stranu se skládá ze dvou hlavních obrobků. Červeně označený díl, je tělo celého uložení. Přes tento díl se šroubuje uložení k nápravnici. Tento díl z oceli 1.0577 zajišťuje spojení pružné a pevné části, kde tímto držákem prostupují šrouby M8x90-8.8 v povrchové úpravě bílý zinek, proložené o dvě podložky s výškou 1,6 mm a samojistná matice DIN 985 M8 s výškou 5,5 mm. Celý šroubový spoj bude i přes užití samojistné matice zalepen lepidlem na závity. [9]



Obr. 53.: Návrh uložení motoru 3UZ do Toyoty MA70 karoserie [Zdroj: Autor]

Z pohledu pevnostních výpočtů je uvažováno namáhání šroubu tahem, kde je spoj s předpětím utahovaný v zatíženém stavu – zatížen osovou silou. Proměnlivá síla působící kolmo k ose šroubu je zachycena odlehčovací vložkou. Symbolické znázornění je zobrazeno na obrázku 54.



Obr. 54.: Šroubový spoj namáhaný tahem [Zdroj: [15]]

Je nutné ověřit, zda je šroubový spoj z mechanického hlediska vhodně zvolený.

Potřebné vstupní veličiny pro výpočet napětí σ_t jsou:

σ_{Dt} – *dovolené napětí*

$$\sigma_{Dt} = 0,7 \times 640 \text{ MPa}$$

m – *hmotnost motoru i převodovky s příslušenstvím*

Uvažuje se 150 kg jako rozložení celkové hmotnosti (300 kg) do 2 držáků motoru, ke kterému bude docházet při montáži převodovky.

$$m = 150 \text{ kg}$$

Z příložené tabulky 23 budou získané hodnoty pro výpočet střední hodnoty vnějšího průměru u šroubu M8 a střední hodnoty pro průměr stoupání šroubu M8.

Tab. 23.: Tabulka mezních rozměrů pro vnější závit šroubu toleranční třídy 6g

Závit	Vnější závit tolerance 6g (ŠROUBY)					
	Vnější průměr		Průměr stoupání		Průměr jádra	
	d _{max}	d _{min}	d _{2max}	d _{2min}	d _{3max}	d _{3min}
M1	1,000	0,933	0,838	0,785	0,693	0,630
M1,2	1,200	1,133	1,038	0,985	0,893	0,830
M1,4	1,400	1,325	1,205	1,149	1,032	0,964
M1,6	1,581	1,496	1,354	1,291	1,151	1,075
M1,8	1,781	1,696	1,554	1,491	1,352	1,275
M2	1,981	1,886	1,721	1,654	1,490	1,407
M2,5	2,480	2,380	2,188	2,117	1,928	1,840
M3	2,980	2,874	2,655	2,580	2,367	2,273
M3,5	3,479	3,354	3,089	3,004	2,743	2,635
M4	3,978	3,838	3,523	3,433	3,119	3,002
M5	4,976	4,826	4,456	4,361	3,995	3,869
M6	5,974	5,794	5,324	5,212	4,747	4,596
M7	6,974	6,794	6,324	6,212	5,747	5,596
M8	7,972	7,760	7,160	7,042	6,438	6,272

[Zdroj: [26]]

d_{2_max} a d_{2_min} – střední průměry pro M8x90

$$d_{2_max} \text{ a } d_{2_min} = 7,160 \text{ a } 7,042$$

$$d_{2S} = \frac{(d_{2_max} + d_{2_min})}{2}$$

$$d_{2s} = \frac{(7,160 + 7,042)}{2}$$

$$d_{2s} = 7,101 \text{ mm}$$

d_{3_max} a d_{3_min} – střední průměry jádra pro M8x90

$$d_{3_max} \text{ a } d_{3_min} = 6,438 \text{ a } 6,272$$

$$d_{3s} = \frac{(d_{3_max} + d_{3_min})}{2}$$

$$d_{3s} = \frac{(6,438 + 6,272)}{2}$$

$$d_{3s} = 6,355 \text{ mm}$$

$$F = m \cdot g$$

$$F = 150 \cdot 9,81$$

$$F = 1471,5 \text{ N}$$

A_s – Výpočtový průřez šroubu [mm^2]

$$A_s = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_{2s} + d_{3s}}{2} \right)^2$$

$$A_s = \frac{3,14}{4} \cdot \left(\frac{7,101 + 6,355}{2} \right)^2$$

$$A_s = 35,53 \text{ mm}^2$$

k_s = tuhost šroubu [kNmm^{-1}]

$$k_s = \frac{A_s \cdot E}{l_s}$$

l_s – délka šroubu [mm]

$$l_s = 90 \text{ mm}$$

$$k_s = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_{2s} + d_{3s}}{2} \right)^2 \cdot E}{l_s}$$

$$k_s = \frac{3,14 \cdot \left(\frac{7,101 + 6,355}{2}\right)^2 \cdot 210000}{90}$$

$$k_s = 82,912 \text{ kNmm}^{-1}$$

Tuhost spojovaných součástí je možné vyvodit z jejich náhrady za komolé kužely s neproměnným vrcholovým úhlem $\alpha=30^\circ$, který nejvíce přibližuje realitu. Deformační posunutí δ je:

$$\delta = \frac{F \cdot dx}{E \cdot S}$$

k_p – tuhost sevřených částí [kNmm^{-1}]

$$k_p = \frac{\pi \cdot E \cdot d \cdot \tan(\alpha)}{2 \cdot \ln \cdot \left[5 \cdot \frac{\tan(\alpha) \cdot l_s + 0,5 \cdot d}{\tan(\alpha) \cdot l_s + 2,5 \cdot d} \right]}$$

$$k_p = \frac{3,14 \cdot 210000 \cdot 8 \cdot \tan(30)}{2 \cdot \ln \cdot \left[5 \cdot \frac{\tan(30) \cdot 90 + 0,5 \cdot 8}{\tan(30) \cdot 90 + 2,5 \cdot 8} \right]}$$

$$k_p = 121,115 \text{ kNmm}^{-1}$$

C – poměr tuhosti šroubu k celkové tuhosti spoje

$$C = \frac{k_s}{k_s + k_p}$$

$$C = \frac{82,912}{82,912 + 121,115}$$

$$C = 0,406$$

Q_1 – síla působící na šroub [kN]

$$Q_1 = F_i + \Delta F_s = 0,7 \cdot \sigma_{Dt} \cdot A_s + C \cdot F$$

$$Q_1 = 0,7 \cdot 640 \cdot 35,53 + 0,406 \cdot 1471,5$$

$$Q_1 = 16,514 \text{ kN}$$

Q_2 – síla působící na spojované části [kN]

$$Q_2 = F_i + \Delta F_p = 0,7 \cdot \sigma_{Dt} \cdot A_s - (1 - C) \cdot F$$

$$Q_2 = 0,7 \cdot 640 \cdot 35,53 - (1 - 0,406) \cdot 1471,5$$

$$Q_2 = 8,581 \text{ kN}$$

Podmínka sevření $F_p > 0$ je splněna.

σ_s – napětí ve šroubu [MPa]

$$\sigma_s = \frac{Q_1}{A_s}$$

$$\sigma_s = \frac{16514}{35,53}$$

$$\sigma_s = 464,81 \text{ MPa}$$

Při uvážení koeficientu bezpečnosti, dále jako k , který se běžně pro tyto případy volí v intervalu $\langle 1,2; 1,5 \rangle$ je hodnota k dostačující.

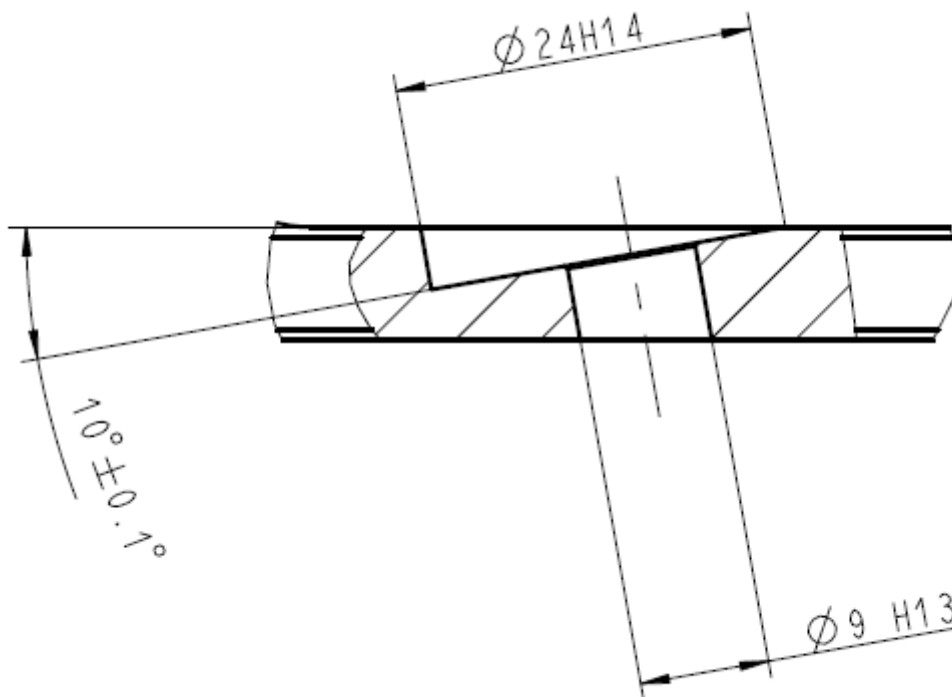
$$k = \frac{\sigma_{Dt}}{\sigma_s}$$

$$k = \frac{640}{464,81}$$

$$k = 1,38$$

Pro daný případ plní šroubový spoj požadovanou bezpečnost, protože $k = 1,32$. [15] Šroubový spoj pro spojení původní části na motoru i s nápravnicí zůstává původní – jedná se též o šrouby M8x90 – 8.8 v povrchové úpravě bílý zinek.

Šroub vstupující do nápravnice skrz tento díl svírá úhel 10° , který je na obrázku 55.

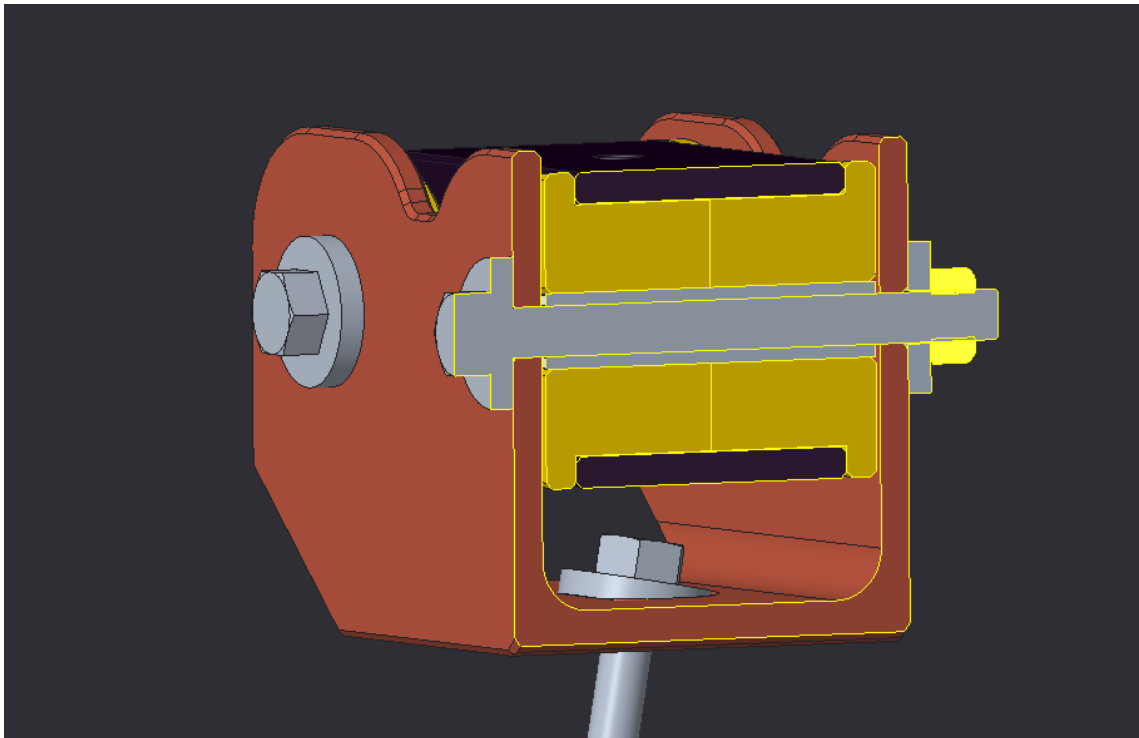


Obr. 55.: Úhel mezi nápravnicí vozidla Toyota Supra MA70 a uložením motoru 3UZ-FE

[Zdroj: Autor]

Druhý obrobek je graficky označený černou barvou, jedná se o uložení pružných segmentů. Tento díl přímo spojuje výše znázorněný hliníkový díl, který je přišroubován k motoru. Je vyroben z oceli 1.0577. Do tohoto dílu jsou vsunuty pružné segmenty, vyrobené z Polyurethanu. Na stupnici tvrdosti budou značený 85 Sh. Sh je zkratka pro „Shore“, pro pryže se používá stupnice Shore A v rozmezí 0–100 dílků.

Na obrázku 56 jsou pružné segmenty vyznačeny žlutě. Montáž je zajištěna lisováním pomocí hydraulického lisu do černého obrobku z každé strany, pro snadnější instalaci jsou dvoudílné. Viditelná ocelová vložka chrání šroub proti stříhu. Veškeré rozměry uložení jsou patrné z přiloženého výkresu sestavy, příloha č. IV.

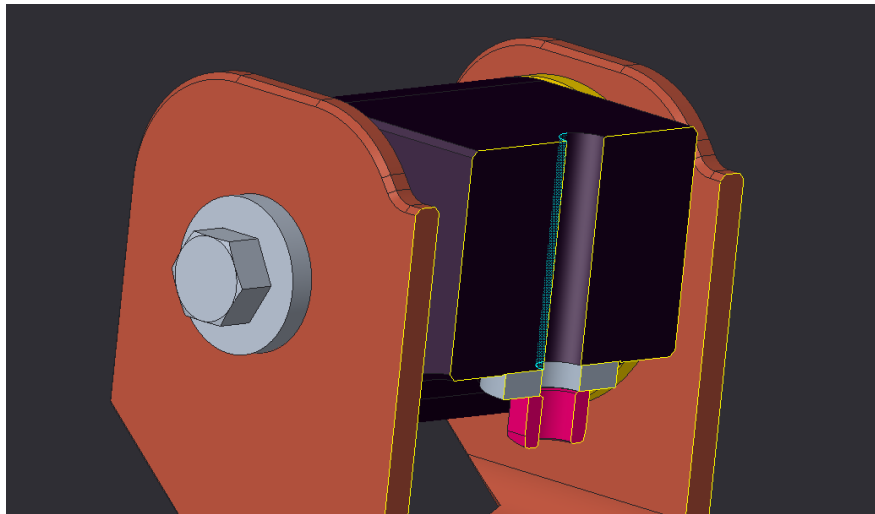


Obr. 56.: Dvoudílná konstrukce pružného uložení s ocelovou vložkou proti stříhu šroubu
[Zdroj: Autor]

Spojení tohoto dílu s hliníkovým držákem motoru z obrázku 52 je zajištěno šroubem M8x70, který je původní, a je spojen se samojistnou maticí DIN 985 M8 s výškou 5,5 mm. Podložka pro šroub M8 má v tomto případě výšku 2,2 mm. Pro uložení motoru jsou potřebné tyto díly identické dva, po nacenění vychází oba kompletní na 4 730,- Kč.

Při pohledu na sestavený držák je patrné, že montážní postup bude probíhat v následujících krocích.

- a. Instalace pružných segmentů do černého obrobku.
- b. Instalace ocelových pouzder do pružných segmentů.
- c. Našroubování zmíněného dílu k hliníkovému držáku na motoru.
Na obrázku 57 je samojistná matice s podložkou do původního šroubu, spoj musí být opět zajištěn lepidlem na závity.
- d. Spojení s tělem držáku, značením červení pomocí dvou šroubů M8x90-8.8.
- e. Usazení motoru a přišroubování k nápravnici pomocí prostrčeného šroubu.

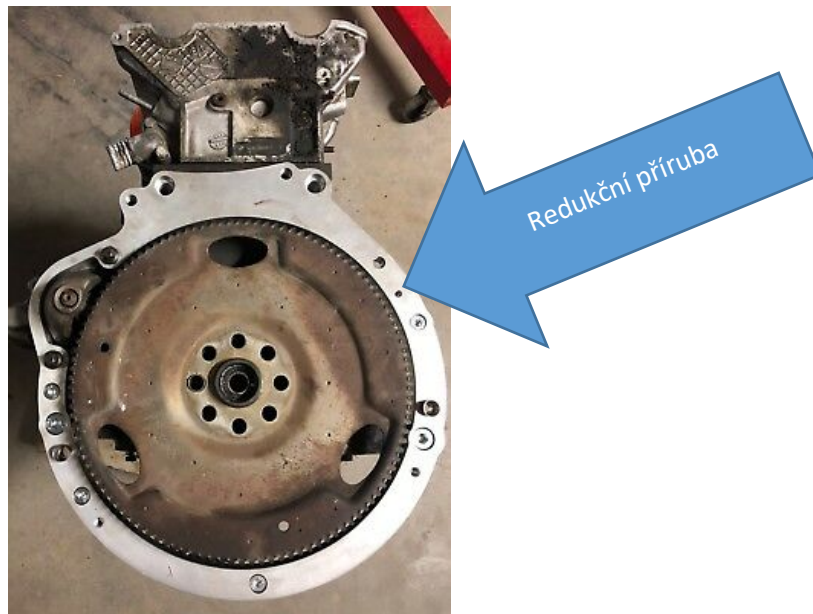


*Obr. 57.: Šroubový spoj připravený na spojení s hliníkovým držákem motoru
[Zdroj: Autor]*

3.3.2. Spojení motoru s převodovkou

V dalším kroku je třeba spojit motor s převodovkou. Celý návrh spojení se bude skládat ze šroubového spojení, setrvačníku, redukční příruby a spojkové sady. Spojení bloku motoru a převodovky proběhne pomocí redukční příruby, jelikož alternativně použitá převodovka má rozteč šroubů připravenou na BMW motor N57.

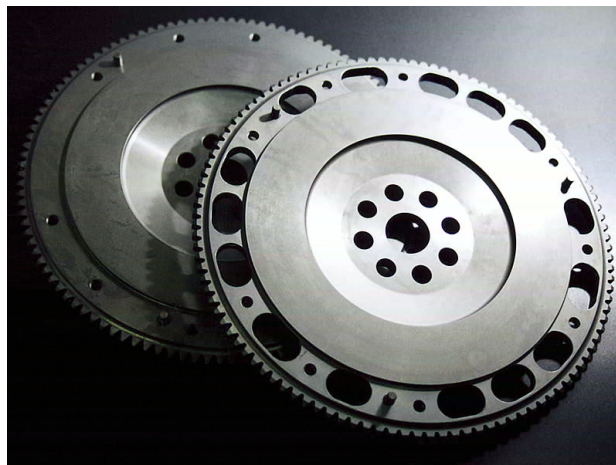
Tato redukční příruba bude nejdříve šroubována do motoru a následně po instalaci setrvačníku spojkové sady umožní spojení motoru a převodovky. Její síla stěny bude počítána 25 mm, kde konstrukční výpočty proběhnou až po návrhu setrvačníku. Vyrobená redukční příruba je na obrázku 58.



Obr. 58.: Přišroubovaná redukční příruba na bloku motoru

[Zdroj: Autor]

Návrh setrvačníku je hlavním úskalím celé této přestavby, jelikož se tento motor nikdy nedodával sériově s manuální převodovkou, tudíž pro něj nikdy nebyl navržen. Jediný odborný návrh proběhl v roce 1993, kde společnost Toyota Racing Development, dále jen TRD, vytvořila několik kusů pro fanoušky značky a úprav vozů. Původní setrvačnick se stal bohužel nesehnatelným, ale podařilo se získat přesné rozměry, hmotnost a doplňující informace z návrhu. Tyto informace slouží jako základ pro návrh individuálního setrvačnicku. Na obrázku 59 je původní návrh setrvačnicku společností TRD.



Obr. 59.: Původní setrvačnick TRD vytvořený v limitované edici pro vozidlo Toyota Supra [Zdroj: [2]]

Jednalo se o spojení s převodovkou R154, která je dnes už velmi špatně dostupná a její spojení nebylo řešeno redukční přírubou, ale individuálním odlitkem zvonu převodovky. Zvon pro R154 převodovky je pro názornost znázorněn na obrázku 59. Jedná se o spoj mezi tělem převodovky a blokem motoru. Zároveň slouží jako podpora pro spojkový válec.

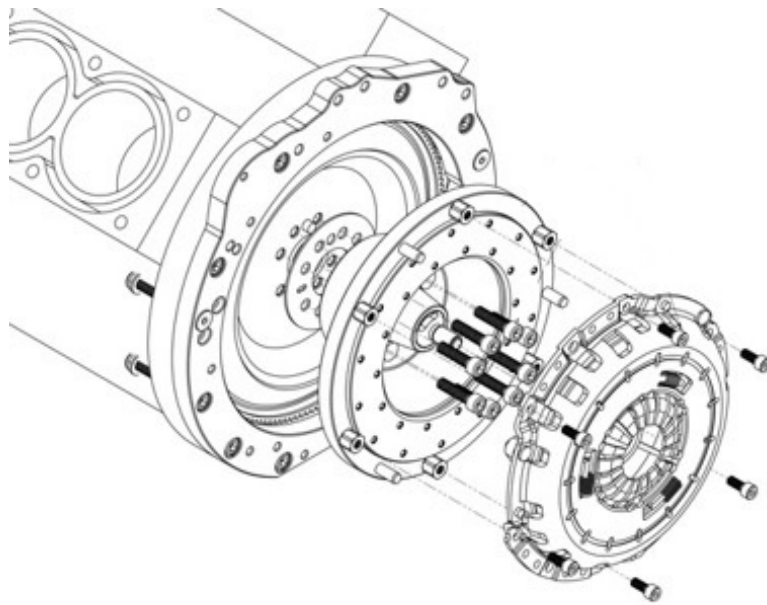


Obr. 60.: Zvon pro převodovku R154 z vozidla Toyota Supra MA70 [Zdroj: Autor]

Setrvačnick navržený pro spojení s GS6-53BZ převodovkou bude konstrukčně mírně odlišný konstrukcí dvoudílného unašeče pro startér. Dvoudílný unašeč pro startér je ideální především z ekonomických důvodů.

Dalším důvodem je náročnost výroby, kterou usnadní použití z originálního návrhu pro automatickou převodovku. Další nespornou výhodou bude servisní zjednodušení – v případě poškození startéru se v některých případech může poškodit i protikus ozubení na setrvačnicku a je nutné měnit celý setrvačnick. Toto dvoudílné řešení umožní měnit pouze poškozenou část.

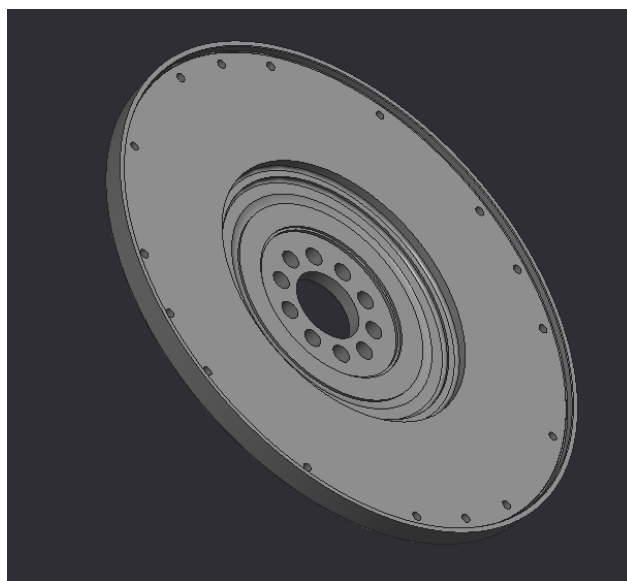
Návrh je na obrázku 60, kde je na motoru je přišroubovaná redukční příruba a setrvačnick bude spojen s klikovou hřídelí a unašečem startéru pomocí pevnostních šroubů. Následně bude na setrvačnick namontovaná spojková sada a poté bude usazena převodovka. [13]



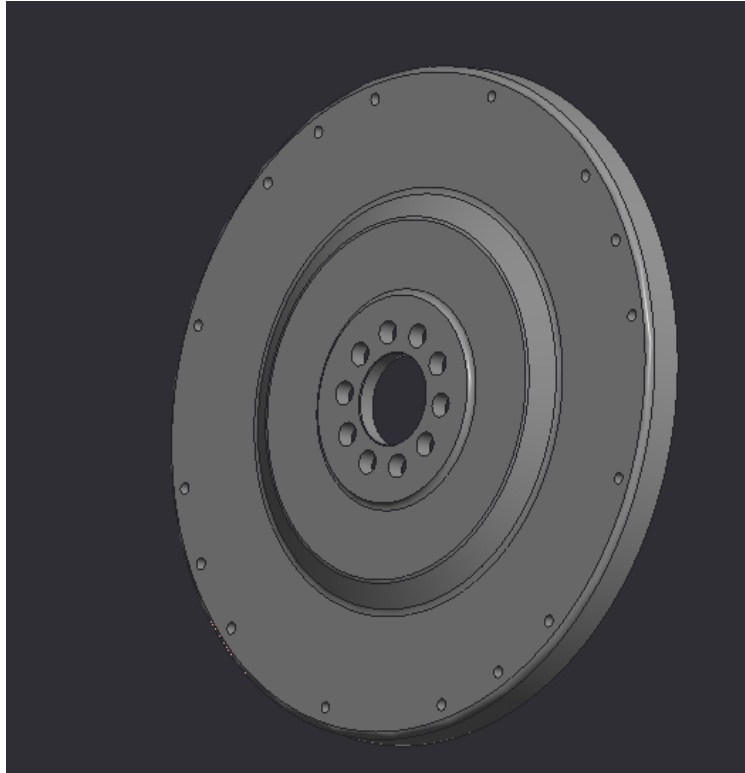
Obr. 61.: Sestava setrvačnicku, redukční příruby a spojkové sady pro motor 3UZ-FE a GS6-53BZ převodovku [Zdroj: [16]]

Setrvačnick je možno navrhnut z jednoho materiálu, či kombinovat více materiálů, kde je možno vytvořit výměnnou třecí plochu se spojkovou lamelou. Praktický návrh počítá se setrvačnickem z jednoho materiálu, tím je ocel 1.4457. Je poměrně specifická především podobností, kterou užívá ZF pro své setrvačnický a také tím, že umožní zachování původní hmotnosti setrvačnicku – v součtu s unašečem startéru 12,9 kg.

Na obrázku 62 a 63 je setrvačnick z čelní strany a zadní strany. [5]



Obr. 62.: Setrvačnick z čelní strany pro alternativní osazení motoru 3UZ-FE převodovkou GS6-53BZ [Zdroj: Autor]



Obr. 63.: Setrvačnick ze zadní strany pro alternativní osazení motoru 3UZ-FE převodovkou GS6-53BZ [Zdroj: Autor]

Do středové části musí být umístěné ještě ložisko, do kterého se vystředí vstupní hřídel převodovky. Ideální jednořadé kuličkové ložisko, např. Nachi 6002. Výkres tohoto setrvačnicků obsahující veškeré tolerance a potřebné informace přílohou č. III.

Je navržen pro sériovou spojku Sachs pro BMW E60/E61 530d. Tato spojková sada je navržena do 650 Nm. Výhodou této spojkové sady je poměrně citlivé spojkové ložisko a vzhledem k nutnosti instalace spojkového válce z manuální MA70 i fakt, že je naprosto shodný průměr spojkového válce z BMW E60/E61. Téměř stejná je i délka hydraulického okruhu – proto lze zachovat optimální chod spojkového pedálu.

Výkres setrvačnicku byl zaslán pro nacenění do třech různých kovovýrob, kde se s požadavky na geometrické i rozměrové tolerance nebyl nikdo schopen vyrobit tento díl pod částku 17 260,- Kč. Vzhledem k této částce proběhlo oslovení polské firmy PMC-Motorsport, která dokázala po dodání rozměrových požadavků nacenit vlastní návrh.

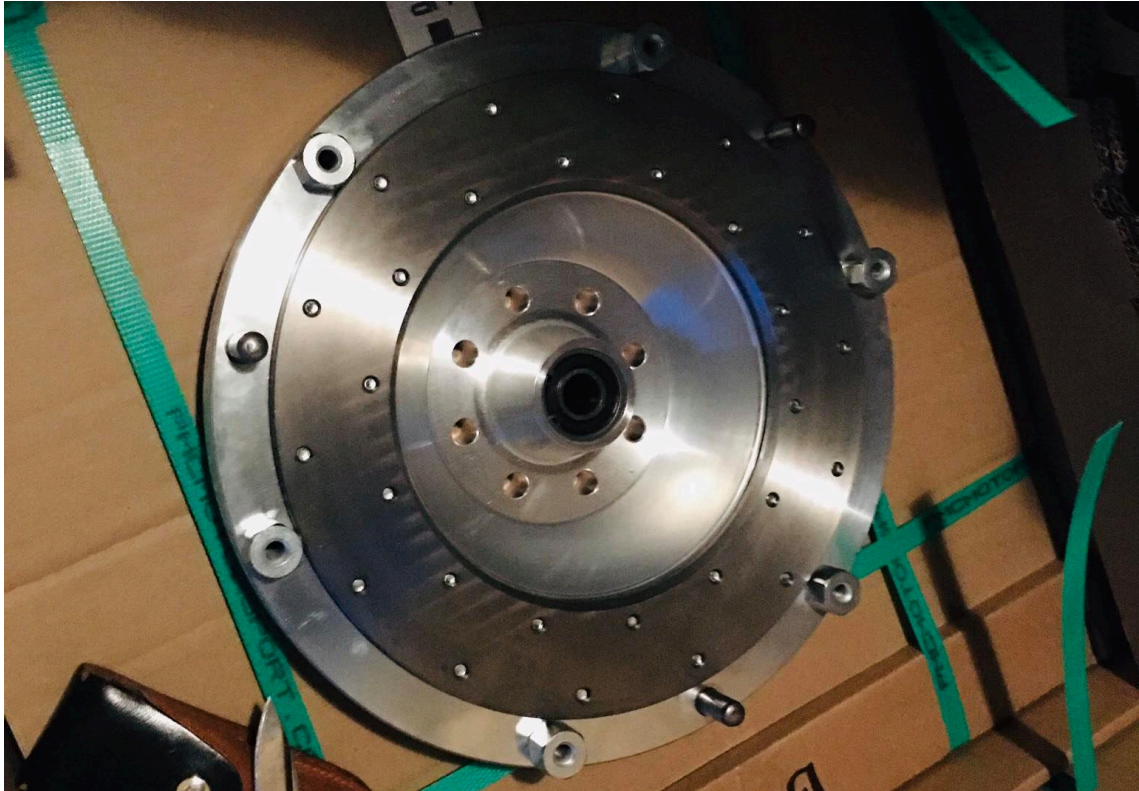
Návrh polské firmy znamenal finanční úsporu – celá sada pro spojení motoru s převodovkou v odpovídajících rozměrech a se spojkovou sadou byla dodána za 23 600,- Kč. Celá sada je na obrázku 64, kde je redukční příruba, setrvačnick i spojková sada. [16]



Obr. 64.: Setrvačnick včetně redukční příruby a spojkové sady pro alternativní osazení motoru 3UZ-FE převodovkou GS6-53BZ [Zdroj: Autor]

Na obrázku 65 je vidět výše popsaná možnost vytvořit setrvačnick ze dvou dílů. Tento jev má vliv především z provozních vlastností na sníženou hmotnost. Snížení hmotnosti

změní významně charakteristiku motoru, který se bude snadněji vytáčet do otáček, ale zároveň budou otáčky rychleji klesat. [9]



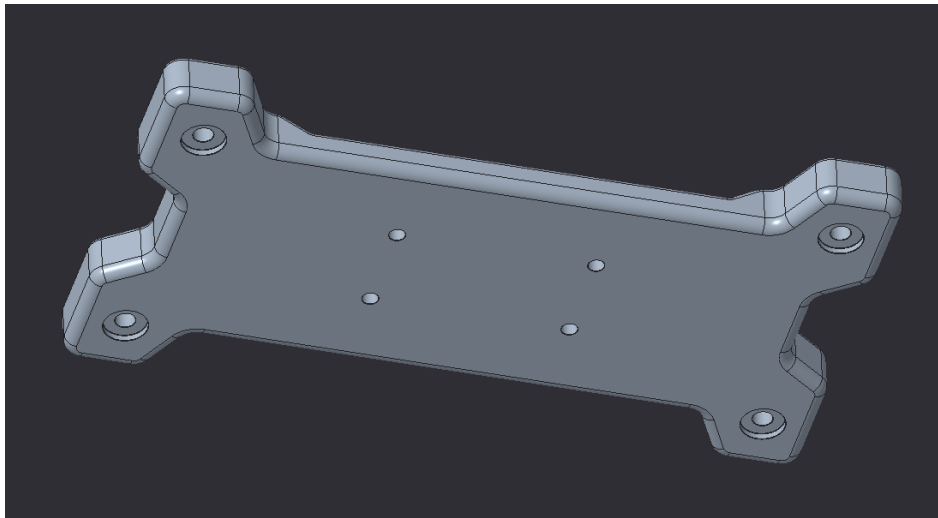
Obr. 65.: Návrh setrvačníku od firmy PMC využívající vlastnosti dvou materiálů pro alternativní osazení motoru 3UZ-FE převodovkou GS6-53BZ

[Zdroj: Autor]

V tomto případě je většinou zapotřebí uvážit celkové vyvážení motoru včetně hlavní řemenice. Předmětem této práce není popsat detailní návrh setrvačníku, i proto jeho návrh odpovídal původním hodnotám TRD setrvačníku. [13]

3.3.3. Uložení převodovky

Dalším potřebným dílem pro upevnění motoru a převodovky je držák převodovky. Konstrukční návrh vychází z původního návrhu, ale není nutné jej vyrábět jako odlitek – v malém množství by tato výrobní technologie byla významně dražší než obrobená konstrukční ocel. Na obrázku 66 je návrh obrobku, který je vyroben z oceli 1.0577.



Obr. 66.: Návrh držáku převodovky pro alternativní osazení motoru 3UZ-FE převodovkou GS6-53BZ
 [Zdroj: Autor]

Původní uchycení v karoserii je zachováno, včetně spojení původními šrouby – výška držáku odpovídá původní výšce. Rozteč šroubů pro uchycení převodovky do originálního gumového uložení u GS6-53BZ je znázorněna ve výkresu, původní šrouby M7x65 zůstaly zachovány. Kompletní rozměry i tolerance jsou popsány ve výkresu, který je přílohou V. Cena výroby tohoto dílu dle přiloženého výkresu je 1 830,- Kč

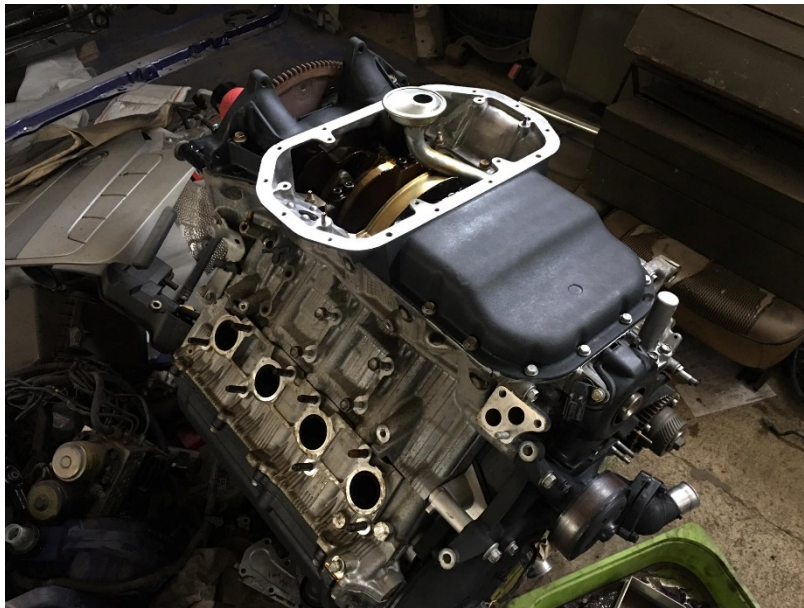
3.3.4. Olejová vana a výfukové svody

Pro zástavbu je možné využít jednu ze tří sériově vyráběných olejových van. Všechny olejové vany jsou zobrazeny na obrázku 67. Ze zmíněných typů je nejvhodnější použít variantu B, umožní instalaci původní měrky oleje a má o 0,3 l větší objem. Vůči návrhu nápravnice ve vozidle Toyota Supra je použitelná i varianta C, ale vůči špatné dostupnosti na trhu i menšímu objemu nebyla zvolena. Výroba olejové vany by byla velmi drahá, především z důvodu kvalitního návrhu není výroba uvažována.



Obr. 67.: Srovnání všech olejových van použitých pro motor 3UZ-FE [Zdroj: Autor]

Vybraná vana je spojena s motorem obrázku 68. Její konstrukce je vícedílná, kombinuje lisovaný plech a odlitek z hliníkové slitiny. Patrná výhoda je i ze servisního hlediska, v případě potřeby lze čistit snadno sací koš a při poškození závitu u vložky pro výpustní šroub lze demontovat pouze plechovou část.



Obr. 68.: Zvolená olejová vana osazená na motoru 3UZ-FE [Zdroj: Autor]

Na obrázku 67 jsou vidět i mezigenerační rozdíly konstrukce výfukových svodů. Nejspolehlivější volbou jsou prostřední svody v sekci B, jsou plechové bez litinových přírub, které v některých případech praskaly. Svody v sekci A jsou z první revize motoru 1UZ-FE, které byly modifikovány pro lepší proudění spalin prakticky ihned – pět měsíců po zahájení prodeje.

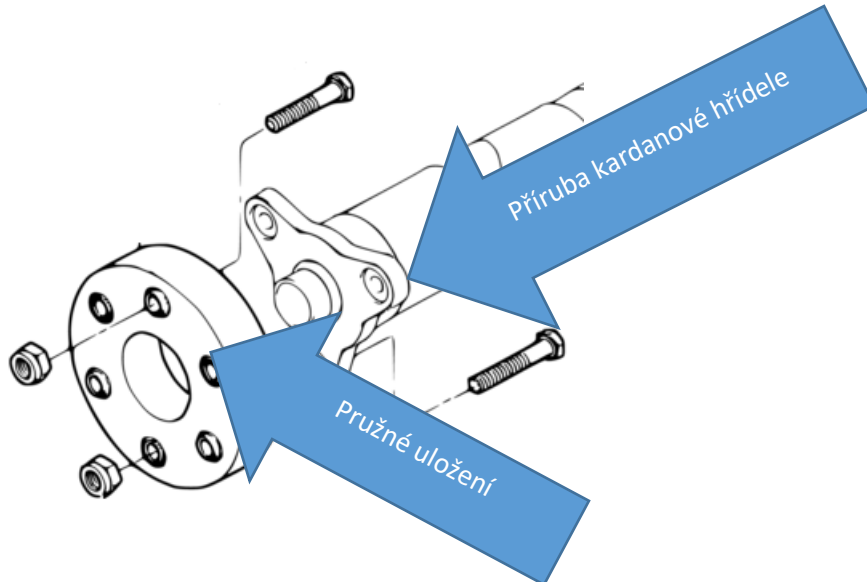
3.3.5. Kardanová hřídel

Dalším dílem pro mechanické dokončení pohonu je kardanová hřídel, která slouží ke spojení převodovky a diferenciálu. Z ekonomických důvodů je zvolena varianta úpravy sériového spojení příruby na GS6-53BZ převodovku.

Původní hřídel je dvoudílná, bude tedy potřebná jen úprava jednoho dílu.

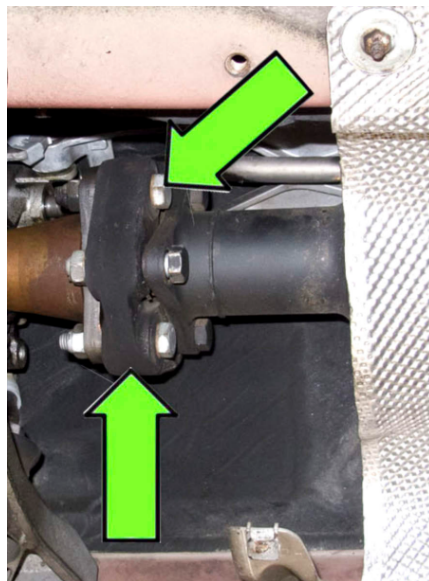
Na obrázku 69 je schéma spojení, ke kterému je nutno se přiblížit. Převodovka na sobě bude mít nové pružné uložení a upravený kardan, který bude zakončen dílem kardanu, který se dodává pro BMW 335i. Celá úprava kardanu je snadná především díky tomu, že nová vzdálenost mezi výstupem převodovky a vstupem do diferenciálu je kratší o 23 mm. Navaření příruby použité v BMW 335i, E9x generace, umožní použít i původní šroubový spoj.

Úprava včetně vyvážení kompletní kardanové hřídele a otestování přenosu momentu 1 500 Nm je řešitelné např. ve firmě Kardan.cz za cenu 8 600,- Kč. Toto řešení je přibližně 20% nákladů oproti kompletní výrobě nové kardanové hřídele.



Obr. 69.: Výsledné spojení kardanu a převodovky přes pružné uložení ve vozidle po přestavbě [Zdroj: [7]]

Na obrázku 70 je výsledné spojení převodovky s upravenou hřídelí a převodovkou usazenou ve vozidle. Zelené šipky směřují na pružné spojení převodovky a upraveného kardanu.



Obr. 70.: Finální spojení (zelené šipky směřují na pružné uložení) ve vozidle Toyota Supra MA70 po přestavbě [Zdroj: Autor]

3.3.6. Výfukové potrubí

Poslední prvkem vyžadujícím individuální úpravu je výfukové potrubí. Pro zachování originálního vzhledu je vhodné ponechat originální koncový a střední díl výfuku, případně jej vyrobit dle původní předlohy. Tento krok je zapotřebí i v tomto případě, přední část výfuku je ve vozidle Lexus GS430 kratší o 36 mm ve vzdálenosti ke střednímu dílu. Výroba nového výfuku dle původní předlohy se zachováním původních průměrů potrubí umožní i zachování prostředního katalyzátoru výfukových spalin z vozidla Lexus GS430. Tento krok umožní i použití sériových kyslíkových senzorů. Upravené potrubí vyrobené dle předlohy je na obrázku 71.



Obr. 71.: Upravené potrubí (vyrobené podle předlohy) pro vozidlo Toyota Supra MA70 po přestavbě [Zdroj: Autor]

Vhodný materiál pro nové potrubí je nerezová ocel 1.4541 svařovaná technologií TIG. Na obrázku 72 je zobrazeno svařené potrubí vnějšího průměru 60,3 mm s kolenem 45°. Polotovarem pro potrubí je bezešvá kruhová trubka 60,30 x 3,20, z které byla vyrobena kopie výfuku dle předlohy.



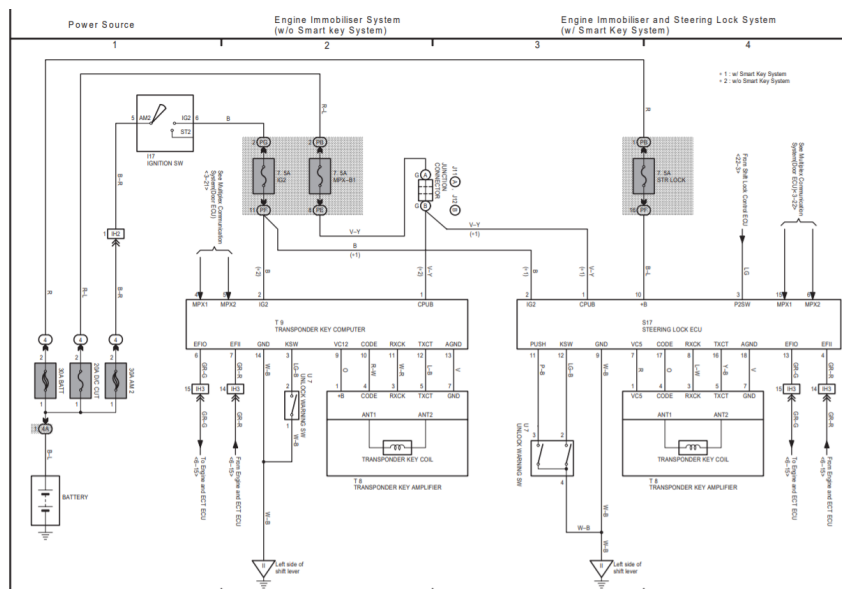
Obr. 72.: Výstup k tlumiči výfuku vyrobený dle předlohy pro vozidlo Toyota Supra MA70 po přestavbě [Zdroj: Autor]

3.4. Elektronika motoru a volba řídicí jednotky

Elektronika motoru je oddělený okruh, který se stará o správný chod motoru. Jedná se o soubor čidel a řídicích jednotek, které při požadovaných vstupních hodnotách upravují integrovanou palivovou mapu a řídí chod motoru. Okruh pro komfortní prvky (např. stahování oken, elektrické ovládání sedadel, klimatizace aj.) vozidla je oddělený, ale je třeba zajistit některé vstupní signály po změně motoru.

V prvním kroku je třeba rozhodnout, zda použít původní systém řízení motoru z Lexusu GS430 či osadit vozidlo novou řídicí jednotkou motoru. Původní systém řízení motoru pro vozidlo Toyota Supra MA70 i Lexus GS430 dodala společnost Denso. Největší výhodou stejného dodavatele je i velmi podobná kabeláž, díky které je možné upravit elektroniku z Lexusu GS430 do vozidla Toyota Supra a dále napojit prvky komfortní výbavy a např. tachometr, otáčkoměr či čidla teploty. Jediným problémem může být původní immobilizér z vozidla Lexus, protože jednotky Denso nejsou vůči továrnímu zabezpečení prakticky nijak programovatelná (v porovnání s ostatními systémy používanými konkurenčními automobilkami). Tento problém lze řešit použitím původního klíče v zapalování, či umístěním immobilizéru ke čtečce ve spínací skřínce. Původní klíč by ale znamenal i úpravu veškerých zámků vozidla, instalace immobilizéru přímo ke čtečce by znamenalo významné snížení zabezpečení vozidla proti krádeži. [17]

Na obrázku 73 je zmíněné schéma immobilizéru pro Lexus GS 430, které je nutné upravit, aby fungovalo v MA70 karoserii. Nejsnadnější úpravou je umístění immobilizéru ke čtečce ve spínací skřínce a zabezpečit vozidlo alternativně, např. skrytým tlačítkem, které bude spínat relé palivové pumpy.



Obr. 73.: Schéma immobilizéru, které je třeba zachovat pro start motoru na původní ECU z Lexusu GS430) [Zdroj: [7]]

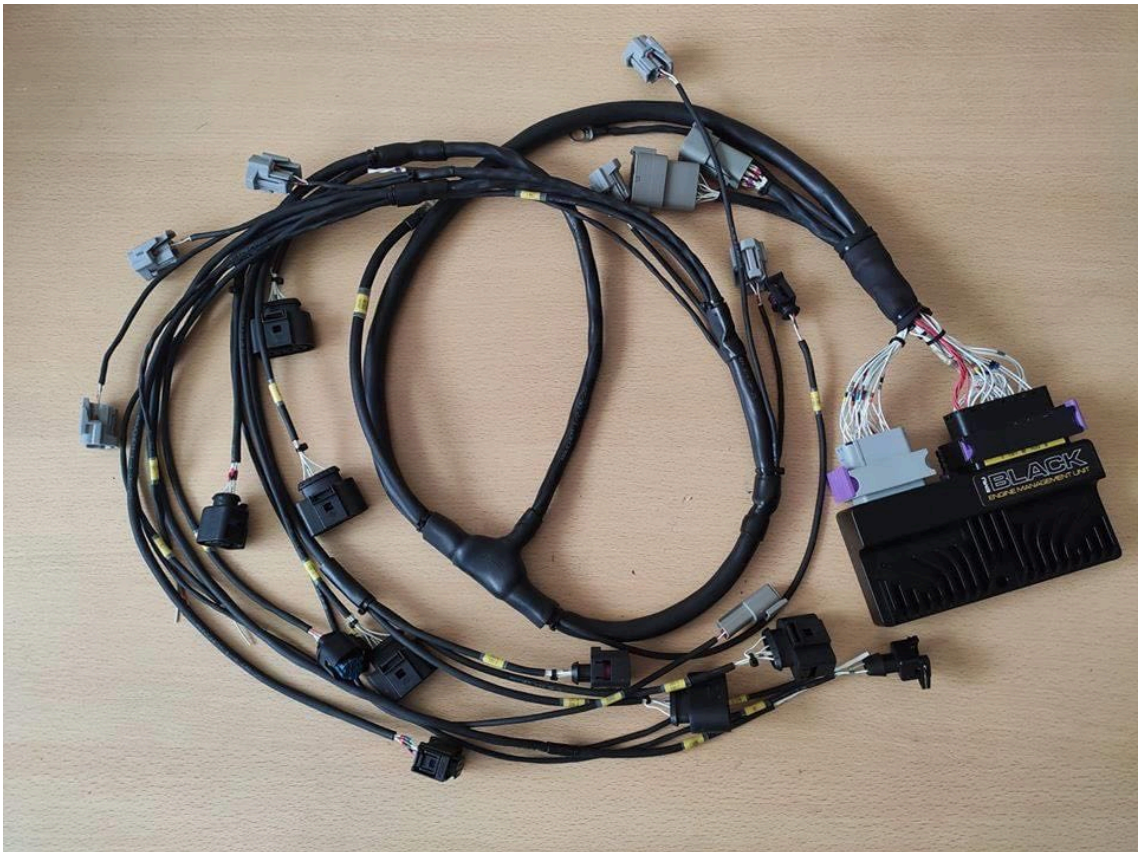
Druhou možností je použít plně programovatelnou jednotku, kde bude časově i finančně náročné vytvořit nový kabelový svazek a instalovat potřebná čidla. Výhodou plně programovatelné jednotky bude především fakt, že bude kompletní elektroinstalace nová, palivová mapa bude odladěná na vyšší výkon a je velmi snadné sledovat výstupní veličiny. Nejvhodnější jednotkou pro zmíněnou aplikaci je jednotka EMU Black od polského výrobce ECUMASTER na obrázku 74. Mezi její klíčové vlastnosti patří: [18]

Výstupy

- 6 chráněných výstupů pro vstřikovače se zatížitelností až 5A (možnost využít další dva AUX výstupy).
- 6 výstupů pro aktivní či pasivní cívky se zatížitelností až 15A.
- 6 chráněných výstupů AUX 5A.
- 4 výstupy, které umí pracovat jako plný můstek 7A či jako dva H-můstek.
- Vyhřívání Lambda sondy s ochranou 5A.
- Komunikační výstupy USB, CAN-BUS až rychlostí 1Mbit, Sériový výstup.

Vstupy

- 9 chráněných vstupů 0-5Vs rozlišením 10 Bit.
- 2 EGT vstupy pro K-Typ termočlánek.
- 2 vstupy čidel klepání.
- 3 vstupy synchronizace klikového a vačkových hřídelí typu Hall, Optický, Magnetický.
- 1 vstup lambda sondy typu LSU 4.2 či nově LSU 4.9.
- 1 VSS vstup čidla rychlosti typu Hall / Mag.
- 1 separátní Flex Fuel vstup (možnost odladit palivovou mapu na E85).
- 3 spínačové vstupy.



Obr. 74.: Jednotka Ecumaster EMU Black včetně nové zjednodušené kabeláže [Zdroj: Autor]

Hlavní výhodou této jednotky je především uživatelská podpora výrobcem a velmi intuitivní uživatelské prostředí pro ladění jednotky. Další výhodou je aplikace Ecumaster Dashboard. Tato aplikace je dostupná pro všechna zařízení pracující na systému Android a zobrazuje zvolené sledované veličiny v reálném čase. Především pro upravené pohonné jednotky je tato vlastnost klíčová a znamená značnou úsporu financí. Není třeba kupovat další měřící zařízení a instalovat dodatečná čidla. Na obrázku 75 printscreen ze zmíněné aplikace, kde jsou zvoleny sledované hodnoty (zleva) otáčky motoru [min^{-1}], teplota chladicí kapaliny [$^{\circ}\text{C}$] a tlak oleje [bar].



Obr. 75.: Ecumaster Dashboard software pro zobrazení výstupních veličin motoru 3UZ-FE [Zdroj: [18]]

Pro účely této přestavby, kde se neuvažuje přeplňování, úprava motoru či spalování alternativního paliva, je použita původní řídicí jednotkou. Tato volba je přínosná především z časových a finančních důvodů. Použití plně programovatelné jednotky by znamenalo výrazně vyšší náklady na přestavbu a bude spíše jednou z možností pro další úpravy vozidla po přestavbě.

Shrnutí

V závěru této části lze říci, že byla popsána volba převodovky pro tuto přestavbu. Nejvíce vhodnou je GS6-53BZ, což je převodovka od ZF použitá ve vozidlech BMW 335i a 535i. Po zvolení převodovky bylo navrženo její uchycení ke karoserii stejně jako motoru a spojení s motorem. Je popsána i volba olejové vany a výfukových svodů, kde se podařilo vybrat z již existujících dílů a nebylo potřeba nic vyrábět. Vyrobit bylo potřeba zbylé výfukové potrubí a opravit kardanovou hřídel. Byla popsána i nutná úprava elektroinstalace vozidla a volba ECU, která byla zvolena původní z vozidla Lexus GS430.

4. FINANČNÍ ZHODNOCENÍ PROJEKTU A NÁVRATNOST, VÝPOČET TRŽNÍ CENY

V této kapitole bude zhodnocený finanční aspekt celé přestavby a její následný provoz.

4.1. Náklady na přestavbu

V první fázi je nutné vyčíslit celkové náklady na kompletní provedení přestavby vozidla, aby bylo v perfektním stavu a bylo snadno srovnatelné s ostatními nabídkami. Nákup všech dílů může probíhat z inzertních portálů či aukcí, nové díly přímo od výrobců či dodavatelů z Japonska, kde jsou všechny potřebné originální díly stále dostupné a ceny odpovídají méně kvalitní druhovýrobě.

Pro účely této práce bude popsán kus zakoupený v minulém roce, ideální na přestavbu, viz obrázek 76. Za popsanou nízkou cenu nabízí kompletní a originální interiér bez poškození a karoserii, která není napadena korozí. Dále obsahuje funkční původní 7M-GTE motor s převodovkou.

Tento zmíněný motor s převodovkou je snadno prodejný a je s ohledem na nízký tlak olejového čerpadla určený ke generální opravě, podobně jako převodovka. Nákup probíhal tedy na inzertní síti.



Obr. 76.: Zakoupená Toyota Supra MA70 z roku 1992 [Zdroj: Autor]

Z dalších klíčových nakoupených dílů lze zmínit motor. Pro pořízení motoru je ideální koupit vozidlo, v kterém byl osazený. Zde je nevhodnější vyhledat Lexus GS430 první generace, do kterého se motor instaloval v letech 2001-2005. Byl osazen převodovkou A650e a o elektroniku motoru se staral systém DENSO používaný i v novějších generacích, zde však pracující ještě bez CAN sběrnic, což umožní jednoduchou implementaci do jiné karoserie. [17]

Nákup Lexusu GS430 je nevhodnější v zahraničních aukčních portálech, či v aukcích pojišťoven. Konkrétní kus na obrázku 77 byl zakoupen na aukčním portálu ebay.co.uk.

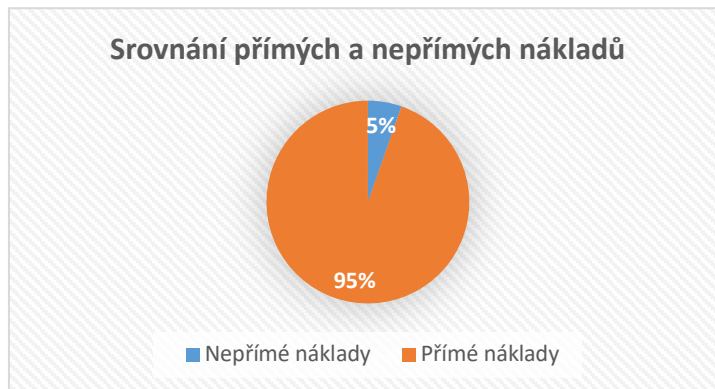
Ostatní díly byly pořízeny nové, či zánovní. Specifická byla volba setrvačnicku a mezikusu mezi motor a převodovku. Návrhu se věnuje samotná kapitola č. 3.3, ale z ekonomických důvodů proběhla výroba těchto dílů ve spolupráci s firmou PMC Motorsport, která dodala i spojkovou sadu.

Veškeré náklady spojené s projektem jsou popsány v tabulce 24, kde jsou rozděleny i přímé a nepřímé náklady.

Celkový součet nákladů se tedy dostal na 373 700,- Kč, kde největší položkou je započtení 350 pracovních hodin náklad 87 500,- Kč. Poměr přímých a nepřímých nákladů je patrný z grafu 4. Většina nákladů na přestavbu je přímých, což je viditelné ze zmíněného grafu a pro individuální přestavby běžný stav.

Obr. 77.: Zakoupený Lexus GS430 z roku 2001 [Zdroj: Autor]





Graf 4 – Srovnání poměru přímých a nepřímých nákladů [Zdroj: Autor]

Tab. 24.: Soupis přímých a nepřímých nákladů

Přímé náklady Kč	
Pořízení vozidla Toyota Supra	30 000,-
Pořízení vozidla pro motor – GS430	43 000,-
Pořízení převodovky	14 000,-
Díly na servis motoru	18 000,-
Spojková sada, setrvačnick a mezikus	26 000,-
Díly na servis podvozku	32 000,-
Lakování karoserie	45 000,-
Díly karoserie	9 000,-
Brzdový systém	13 000,-
Náklady na převozy a distribuci	6 000,-
Mzdové náklady 350 odpracovaných hodin	87 500,-
Výroba držáků a uložení	4 500,-
Výroba a modifikace výfuku	6 500,-
Nové pneumatiky a renovace alu	14 000,-
Součet celkem za přímé náklady	358 500,-
Nepřímé náklady v Kč	
Pronájem dílny	12 000,-
Náklady spojené s vlastnictvím pracovního vozidla	2 400,-
Internet a elektřina	800,-
Celkem za nepřímé náklady	15 200,-
Celkem za náklady	373 700,-

[Zdroj: Autor]

Tab. 25.: Kalkulační vzorec

Kalkulační vzorec	
Přímý materiál	[Kč]
<i>Pořízení vozidla</i>	30 000,-
<i>Pořízení vozidla pro motor – GS430</i>	43 000,-
<i>Pořízení převodovky</i>	14 000,-
<i>Díly na servis motoru</i>	18 000,-
<i>Spojková sada, setrvačnick a mezikus</i>	26 000,-
<i>Díly na servis podvozku</i>	32 000,-
<i>Lakování karoserie</i>	45 000,-
<i>Díly karoserie</i>	9 000,-
<i>Brzdový systém</i>	13 000,-
<i>Nové pneumatiky a renovace alu</i>	14 000,-
Přímé mzdy	[Kč]
<i>Mzdové náklady 350 odpracovaných hodin</i>	87 500,-
Ostatní přímé náklady	[Kč]
<i>Výroba držáků a uložení</i>	4 500,-
<i>Výroba a modifikace výfuku</i>	6 500,-
Výrobní režie	[Kč]
<i>Pronájem dílny</i>	12 000,-
Vlastní náklady výroby	[Kč]
Správní režie	[Kč]
<i>Internet a elektřina</i>	800,-
Zásobovací režie	[Kč]
<i>Náklady na převozy a distribuci</i>	6 000,-
<i>Náklady spojené s vlastnictvím pracovního vozidla</i>	2 400,-
Úplné vlastní náklady výkonu	[Kč]
<i>Celkové náklady výroby</i>	373 700,-
Zisk	[Kč]
<i>Vozidlo po potenciálním prodeji za 457 650,-Kč <small>(Stanovení potenciální prodejní ceny je popsáno v kapitole 4.2)</small></i>	83 950,-

[Zdroj: Autor]

4.2. Analýza trhu z pohledu prodejní ceny

Z nabídek vozidel a jejich technického popisu vyplývá, že většina nabízených vozidel má poničený lak, nebo nejsou uvedeny informace o mechanickém stavu vozidla. Všechna porovnávaná vozidla jsou popsána v tabulce 26 a nejvíce vhodná vozidla, pro srovnání, jsou přílohou II této práce [23].

Tab. 26.: Srovnání vozidel určených ke stanovení ceny vozidla Toyota Supra MA70

Porovnávaná vozidla Toyota Supra MA70					
Číslo porovnaného vozidla	Rok výroby	Stav (1-10)	Stav tachometru [km]	Cena [€]	Přepočet v Kč
1	1990	6	88 000	19 500	526 500,-
2	1991	7	67 000	23 500	661 500,-
3	1992	4	240 000	13 500	364 500,-
4	1990	5	180 000	12 000	324 000,-
5	1990	9	164 000	31 500	850 500,-
6	1989	1	140 000	1 900	51 300,-
7	1988	3	230 000	9 300	251 100,-

[Zdroj: [22]]

Ve stejném roce výroby jsou srovnatelné 3 vzorky v cenovém rozmezí (13 500 € - 23 500€). Pro další výpočet obvyklé ceny vozidla bude použit průměr těchto cen, kde je průměrná cena nabídky, dále jen COBN, 18 833 € = 508 500,- Kč s DPH. Kurz 27, 01 Kč/ 1€ je platný kurz devizového trhu ke dni 2. 5. 2020 dle ČNB. [21]

COBN bude regulována koeficientem prodejnosti, dále jen KP, který zohlední technický stav vozidla po přestavbě, neoriginalitu a skutečnost, že COBN je cena nabídky, nikoli cena zrealizovaného prodeje. KP je ideální stanovit v intervalu $\langle 0,8;1 \rangle$, kde bude uvážena střední hodnota $KP = 0,9$. Obvyklá cena vozidla, dále jen COB, je cena vozidla, za jakou je na trhu prodejné.

$$COB = COBN * KP$$

$$COB = 508\,500 * 0,9$$

$$COB = 457\,650, - K\check{c}$$

Použitý výpočet vychází z posledního platného standartu znaleckého posudku I, z roku 2005. [22]

4.3. Návržnost z pohledu provozních nákladů či prodeje

Pro srovnání provozních nákladů je vhodné srovnat náklady na provoz, běžný servis a uvážit nejčastější závady. Z pohledu provozních nákladů je nejvíce zajímavý náklad spotřeba vozidla. Pro srovnání je vhodné uvážit více měření ve více vozidlech, což nabízí databáze uživatelských spotřeb paliva Spritmonitor.de. Pro srovnání původního vozidla je nutné uvážit omezující podmínky pro srovnání: 7M-GTE motor, vyloučit vozidla s upraveným motorem, přestavbou na LPG a spotřeby měřené na sportovních akcích. Vozidlo po úpravě prakticky odpovídá hodnotám Lexusu GS430 – v závislosti na výbavě přibližně je stejná hmotnost, má stejný součinitel aerodynamického odporu, stejné rozměry kol a je osazeno převodovkou, která je technický nástupce převodovky ve vozidle Toyota Supra MA70. [18]

Při srovnání průměrné spotřeby je vybráno 18 vzorků měření pro původní vozidla Toyota Supra MA70 a 20 vzorků vozidla Lexus GS430. [23]

Výsledkem výběru je spotřeba v kombinovaném cyklu pro původní vozidlo 12,63 l/100 km a 11,59 l/100 km pro vozidlo po úpravě. I přes významný nárůst výkonu vozidla po přestavbě dojde ke snížení spotřeby, což je z jedné části zapříčiněno modernější pohonnou jednotkou a tím, že původní motor je přeplňovaný, kde je spotřeba více závislá na jízdním stylu. [23]

Náklady na údržbu a nejčastější závady jsou klíčovým pilířem celé přestavby. Při srovnání nákladů je zřejmé, že přestavba nemá zá cíl jen modernizaci pohonu vozidla, či snížení spotřeby paliva, ale především nahrazení pohonu spolehlivějším. V tabulkách níže jsou nejvíce běžné náklady charakteristické pro vozidlo před přestavbou a po přestavbě nájezd 200 000 km nebo dobu 10 let (podle toho, co nastane dříve).

Výchozím stavem se předpokládá motor po běžném servisu, podobně jako byl proveden v rámci údržby během přestavby. Veškeré specifické náklady na provoz jsou popsány v tabulce 27 pro vozidlo před přestavbou a v tabulce 28 jsou vyjádřeny specifické náklady na provoz po přestavbě. Při srovnání celkových nákladů je patrné, že vozidlo po přestavbě bude významně levnější na provoz. Rozdíl činí 71 010,- Kč, dále je počítáno s rozdílem 1,04 l/100 km. Rozdíl spotřeby může znamenat při průměrné ceně paliva 30,- Kč/l úsporu 62 400,- Kč. [14]

Tab. 27.: *Soupis specifických nákladů na provoz vozidla před přestavbou na 200 00 km/10 let*

Náklady na provoz před přestavbou vozidla Toyota Supra MA70 na 200 000 km/10let		
	Cena za jednotku [Kč]	Množství [ks]
<i>Olej + olejový filtr (výměna 9000 km/12měsíců)</i>	1 470,-	22
<i>Rozvodová sada po 120 000 km</i>	4 250,-	1
<i>Zapalovací svíčky</i>	220,-	6
<i>Turbodmychadlo (reparse)</i>	12 800,-	1
<i>Cívky</i>	1 250,-	6
<i>Kluzná ložiska – kliková hřídel</i>	3 900,-	1
<i>Kluzná ložiska – ojnice</i>	2 560,-	1
<i>Těsnící sada</i>	4 950,-	1
<i>Hlavové šrouby</i>	1 800,-	1
<i>Oprava hlavy motoru</i>	7 000,-	1
<i>Rovnění bloku motoru</i>	3 200,-	1
<i>Hodinová sazba servisní práce</i>	250,-	110
<i>Chladicí kapalina</i>	750,-	1
Celkem specifické náklady na provoz	109 870,-	

[Zdroj: [9]]

Tab. 28.: *Soupis specifických nákladů na provoz vozidla po přestavbě na 200 00 km/10 let*

Náklady na provoz vozidla po přestavbě Toyota Supra na 200 000 km/10let		
	Cena za jednotku [Kč]	Množství [ks]
<i>Olej + olejový filtr (výměna 12 000 km / 12 měsíců)</i>	1 230,-	16
<i>Rozvodová sada po 150 000 km</i>	3 950,-	1
<i>Zapalovací cívký 8 ks</i>	750,-	8
<i>Zapalovací svíčky</i>	185,-	8
<i>Chladicí kapalina</i>	750,-	1
<i>Hodinová sazba servisní práce</i>	250,-	28
Celkem specifické náklady na provoz	38 860,-	

[Zdroj: Autor]

Při prodeji vozidla lze vycházet z výsledku v předchozí kapitole, kde vycházel COB 457 650,- Kč a náklady na celou realizaci byly 373 700,- Kč.

Po prodeji by vznikl rozdíl:

$Cena - Náklady = EBIT$ (Earnings before Interests and Taxes, Zisk před zaplacením daní a úroků)

$$457\,650,-Kč - 373\,700,-Kč = EBIT$$

$$83\,950,-Kč = EBIT$$

Zisk na jednom voze po přestavbě je bez odečtení daně 83 950,- Kč. [24]

Výpočet vychází z předpokladu, že vozidlo bude mít srovnatelnou hodnotu s vozidlem před přestavbou, což je realistický pohled. Optimistický pohled by mohl pro určení tržní ceny vycházet z ceny běžné nabídky, povýšený o náklady na přestavbu. V optimistickém případě by mohl být koeficient KP volen v intervalu <1,2;1,4>.

Pesimistický pohled by odpovídal výpočtu s koeficientem KP v intervalu <0,7;0,75>. [25]

4.4. Srovnání SWOT analýzy původního a modifikovaného vozidla

Klíčové vlastnosti byly již popsány, ale v případě projektu je optimální srovnání pomocí SWOT analýzy. V prvním kroku je nutné určit klíčové pomocné a škodlivé vlastnosti vozidla před přestavbou. [20]

Pomocné vlastnosti jsou především:

- Originalita celku, který bude mít svou historickou hodnotu.
- Jednoznačná dostupnost dílů dle VIN vozidla, která umožní snadné dohledání náhradního dílu.
- Možná přestavba na originální 7M-GTE (A), která je vhodná především na historické události.
- Možnost osazení pohonem z JZA70, velká část periferií motoru je shodná.

Škodlivé vlastnosti:

- Spolehlivost pohonné jednotky je velmi špatná.
- Spolehlivost pohonného ústrojí je vůči častým úpravám a stáří omezená.
- Nekomfortní přepákování R154 převodovky neumožňuje komfortní a přesný chod.
- Blok motoru či hlava motoru neplní požadavky pro opravitelnost ve velké části případů a je třeba kupovat další motor a následně jej opravovat.

Sestavená SWOT analýza pro vozidlo před úpravou je v tabulce 29, kde jsou použity výše popsané vlastnosti.

Tab. 29.: Sestavená SWOT analýza původního vozidla Toyota Supra MA70

SWOT analýza původního vozidla Toyota Supra MA70		
	Pomocné	Škodlivé
Vnitřní původ	Silné stránky	Slabé stránky
	Originalita Jednoznačná dostupnost dílů dle VIN vozidla	Nízká spolehlivost pohonné jednotky Nízká spolehlivost pohonného ústrojí
Vnější původ	Příležitosti	Hrozby
	Přestavba na originální 7M-GTE (A) Možnost osazení pohonem z JZA70	Blok motoru či hlava motoru neplní požadavky pro opravitelnost

[Zdroj: Autor]

Pro stav po úpravě byla také sestavena SWOT analýza, viz tabulka 29. Její klíčové prvky jsou popsány níže.

Pomocné vlastnosti jsou především: [9]

- Spolehlivost vozidla jako celku se díky změně pohonné jednotky výrazně zlepšil.
- Možnost dalších úprav je vůči odolnému V8 motoru poměrně oblíbenou volbou mezi uživateli.
- Nižší hmotnost je zapříčiněna především absencí přeplňování a technologicky modernějšímu motoru, který je již vyroben převážně z hliníkové slitiny.
- Snadná udržitelnost je vůči snadnému servisu i přístupu k motoru výhodou, která umožní uživatelům častěji využívat vozidlo.

- Snadná možnost přeplňování nabízí další zvyšování výkonu.
- Dostupnost aftermarket dílů je na zvolenou převodovku i motor perfektní, což umožní další individualizaci vozidla dle potřeb uživatele.
- Umožní po dalších úpravách dosáhnout rozložení hmotnosti na nápravy v poměru 50:50.

Škodlivé vlastnosti:

- Finanční náročnost přestavby je výhodná spíše v případě pořízení levného vozidla s prvotním úmyslem přestavby.
- Složitější opravy v důsledku individuální přestavby jsou především v případě nehody nebo problémům s upravenou elektroinstalací.
- Nejednoznačná dostupnost dílů dle VIN může způsobit problémy při hledání dílů.
- Homologace vozidla je proces závislý na zákonech dané země, v rámci pravidel ČR je nejnadnější přestavbu provést na dovezených vozidlech, která ještě nebyla registrována v ČR a celou úpravu legalizovat v zemi exportu (Německo, Polsko, Rakousko aj.). Poté vozidlo již jen absolvuje dovozovou STK, kam se veškeré údaje zapíše no nově vystaveného technického průkazu.

Sestavená SWOT analýza pro vozidlo po přestavbě je v tabulce 30.

Tab. 30.: Sestavená SWOT analýza vozidla Toyota Supra MA70 po přestavbě s motorem 3UZ-FE a převodovkou GS6-53BZ

SWOT analýza vozidla po přestavbě s motorem 3UZ-FE a GS6-53BZ převodovkou		
	Pomocné	Škodlivé
Vnitřní původ	Silné stránky	Slabé stránky
	Spolehlivost Možnost dalších úprav Nižší hmotnost Snadná udržitelnost	Finanční náročnost Složitější opravy v důsledku individuální přestavby
Vnější původ	Příležitosti	Hrozby
	Snadná možnost přeplňování Dostupnost aftermarket dílů Umožní po dalších úpravách dosáhnout vyvážení náprav 50:50	Nejednoznačná dostupnost dílů dle VIN Homologace

[Zdroj: Autor]

Po srovnání obou SWOT analýz je patrný praktický přínos vozidla po přestavbě. Tato přestavba řeší nízkou spolehlivost problematického původního pohonu a zlepší provozní vlastnosti vozidla. Oproti tomu přináší škodlivé aspekty specifické použití alternativních dílů zhoršující údržbu vozidla neproškolenou osobou; v některých zemích může být problematický homologační proces úpravy; výše vstupní investice na přestavbu vozidla.

5. ZÁVĚR

Hlavním cílem této práce bylo ekonomicky zhodnotit a popsat přestavbu vozidla Toyota Supra MA70 z technického i ekonomického pohledu. Tento vytyčený cíl byl splněn v plném rozsahu. Motivací pro tuto práci byla víze v instalaci spolehlivého V8 motoru s ideálně manuální převodovkou do MA70 karoserie.

Z literatury a doplňujících zdrojů byly shrnuty základní informace o historii vozidla Toyota Supra a dostupné technické informace o použitých pohonech. Bylo zjištěno, že historicky použité pohonné jednotky dostupné v zemích EU jsou již velmi špatně dostupné vzhledem k závadám, na které původní použité pohonné jednotky 7M-GTE trpí. Dostupnost náhradních dílů se také stává problémem. Tím byl splněn i první dílčí cíl.

Z převodovek použitých v tomto vozidle by dle srovnávací analýzy byla nejlepší automatická převodovka A340e. Tato převodovka je bohužel technicky poměrně zastaralá a neplní aktuální uživatelské požadavky, resp. očekávání od automatické převodovky. Zbylé převodovky jsou dle dostupných informací již složitě udržitelným řešením a opět neplní dnešní uživatelská očekávání na chod kulisy, přesnost řazení a hluk. Z převodovek zařazených do srovnání vycházela nejlépe převodovka od firmy ZF, S6-53 s převody pro benzínové modely. Toto značení se pojí s komerčním značením pro BMW, GS6-53BZ, ve vozidlech BMW 335i a M3. Použití této převodovky při zachování původního stálého převodového poměru bude v kombinaci s pohonnou jednotkou 3UZ-FE vhodným řešením. Ověření proběhlo i pomocí pilového grafu.

Po provedených výpočtech a rešeršní analýze proběhl návrh pro výrobu uložení motoru, převodovky a spojení motoru s převodovkou. To bylo náplní dalšího stanoveného dílčího cíle, který byl rovněž splněn. Přílohou této práce jsou kompletní modely s výkresy zmíněných dílů, čímž byl splněn i poslední stanovený dílčí cíl. Zhodnocení návrhu ukázalo, že uložení motoru bude z pohledu údržby vhodnější než původní řešení. Uložení převodovky je návrhem shodné s originálním, jen je z ekonomických důvodů použita jiná výrobní technologie. Spojení motoru a převodovky bylo vyřešeno výrobou redukční příruby a setrvačnicku od firmy PMC, jelikož původní návrh setrvačnicku byl výrobně dražší než dodaný od firmy PMC. I přes zmíněný fakt návrh setrvačnicku proběhl a je přílohou

této práce. Vzhledem k tomu, že cílem této práce nebylo popsat v celé šíři návrh setrvačnicku, se i přesto podařilo vytvořit návrh, který by byl funkčním.

Práce rovněž ukázala, že vzhledem k rozměrové kapacitě vozidla je možná i instalace přeplňování a další úprava motoru. Tato volba by při instalaci plně programovatelné jednotky mohla být dalším pokračováním této práce.

Ekonomické zhodnocení nákladů na celou přestavbu se úspěšně podařilo a ukázalo, že veškeré náklady jsou nižší než nákup funkčního vozidla v průměrném stavu, které by i tak vyžadovalo další náklady na servisní úkony, které jsou již započítané v přestavbě. Jediným reálným snížením tržní ceny je zásah do originality vozidla. Před přestavbou byla vytvořena SWOT analýza, která ukázala všechna nevýhody původního vozidla. Závěrem byla vytvořena druhá SWOT analýza vozidla po přestavbě. Po zhodnocení SWOT analýz se jeví vozidlo po přestavbě z praktického vozidla mnohem lepší. Při srovnání nákladů na provoz byly zohledněny úspory spotřebovaného paliva i servisních nákladů, které se v analytické části práce kalkulovaly pro nájezd 200 000 km nebo časový úsek 10 let, dle toho, co nastane dříve. Srovnání provozních a servisních nákladů je uvedeno v souhrnné tabulce úspor, viz tabulka 31. Zde je zřejmé, že součet úspor na daný nájezd vozidla/časový úsek je 141 410,- Kč. Kladným výsledkem je významný nárůst výkonu vozidla po přestavbě a snížení spotřeby paliva, což je z jedné části zapříčiněno modernější pohonnou jednotkou a tím, že spotřeba původního přeplňovaného motoru je více závislá na stylu jízdy.

Tab. 31.: Srovnání provozních a servisních nákladů vozidla po přestavbě a výpočet celkové úspory

	Vozidlo před přestavbou	Vozidlo po přestavbě	Úspora
Servisní náklady na 200 000 km / 10 let [Kč]	109 870,-	30 860,-	79 010,-
Náklady na PHM 200 000 km [Kč]	757 800,-	695 400,-	62 400,-
Celkem [Kč]	867 670,-	726 260,-	141 410,-

[Zdroj: Autor]



Jedna z možností je i prodej takového vozidla, prodejní cena vozidla vychází z výpočtu obecné ceny vozidla. Po odečtení veškerých nákladů na přestavbu je možné předpokládat zisk z prodeje tohoto vozu 83 950,-Kč. Všechny cíle této práce byly úspěšně splněny.

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

<i>GT</i>	Gran Turismo
<i>ECU</i>	Engine control unit
<i>TCU</i>	Transmission control unit
<i>VVT-i</i>	Variable valvew timing - inteligent
<i>BTCC</i>	British Saloon Car Championship
<i>CLT</i>	Teplota chladicí kapaliny
<i>TRD</i>	Toyota Racing Development
<i>COBN</i>	Průměrná cena nabídky
<i>KP</i>	Koeficient prodejnosti
<i>COB</i>	Obvyklá cena vozidla
<i>LPG</i>	Liquid pressured gas
<i>EBIT</i>	Earnings before Interests and Taxes

Seznam veličin a použitých jednotek

Délka	<i>l</i>	[mm, m, inch, "]
Objem	<i>V</i>	[l]
Otáčky motoru	<i>n</i>	[min ⁻¹]
Aerodynamický součinitel	<i>C_x</i>	[1]
Tlak	<i>p</i>	[bar]
Profil pneu	-	[%]
Úhel	-	[°]
Výkon	<i>P</i>	[kW]

Točivý moment	-	[Nm]
Teplota chladicí kapaliny	CLT	[C°]
Tlak oleje	p	[bar]
Koeficient bezpečnosti	k	[1]
Rychlost	v	[km/h]
Dovolené napětí	σ_D	[MPa]
Napětí ve šroubu	σ_s	[MPa]
Skutečné napětí ve stříhu	τ_s	[MPa]
Hmotnost	m	[kg]
Střední průměr maximální	d_{2_max}	[mm]
Střední průměr minimální	d_{2_min}	[mm]
Střední průměr	d_{2S}	[mm]
Střední průměr jádra maximální	d_{3_max}	[mm]
Střední průměr jádra minimální	d_{3_min}	[mm]
Střední průměr jádra	d_S	[mm]
Síla	F	[N]
Síla působící na spojované části	F_p	[kN]
Síla působící na šroub	F_s	[kN]
Poměr tuhosti šroubu k celkové tuhosti spoje	C	[1]
Tuhost sevřených částí	k_p	[kNmm ⁻¹]
Tuhost šroubu	k_s	[kNmm ⁻¹]
Délka šroubu	l_s	[mm]

Seznam použité literatury

- [1] *Toyota Celica Supra (1979 - 1992)*. 6. Londýn: Haynes, 1993. ISBN 9781563920431.
- [2] Toyota Supra History. In: *Story of Supra* [online]. Irsko: Toyota, 2019, s. 1-9 [cit. 1.1.2020]. Toyota Ireland 8/2019. Dostupné z: <https://www.toyota.ie/world-of-toyota/toyotagazooracing/toyotagrsupra/story-of-supra.json>
- [3] LIKER, Jeffrey. *Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce*. Vyd. 1. Praha: Management Press, 2007. Knihovna světového managementu. ISBN 978-80-7261-173-7.
- [4] NAUNHEIMER, Harald. *Automotive transmissions: fundamentals, selection, design, and application*. 2nd ed. Přeložil Aaron KUCHLE. Berlin: Springer, 2011. ISBN 978-3-642-16213-8.
- [5] ZF: Heritage. *ZF* [online]. Fridrichshafen: ZF, 2019 [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: https://www.zf.com/mobile/en/company/heritage_zf/heritage.html
- [6] VLK, František. *Převodová ústrojí motorových vozidel*. 2. vyd. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 80-239-0025-0.
- [7] *Lextreme* [online]. Florida: Lextreme, 2001 [cit. 2020-07-20]. Dostupné z: <https://www.lextreme.com/>
- [8] GREPL, Robert. *Modelování a řízení škrtkící klapky osobního automobilu - současnost a trendy v návrhu mechatronických soustav: Modelling and control of automotive throttle - present and trends in design of mechatronic systems : teze habilitační práce v oboru Aplikovaná mechanika*. Brno: VUTIUM, 2011. ISBN 978-80-214-4288-7.
- [9] KARNOPP, Dean. *Vehicle, dynamics, stability and control*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2013. ISBN 978-1-4665-6085-7.
- [10] IWATA, Takashi, Kyosuke MORI, Taketoki MARUYAMA, Shinobu NAKAMURA, Yusuke YOSHIDA a Toshihiko YAMANAKA. *Development of the Synchronizer-Less System for HV-AMT*. , -. DOI: 10.4271/2016-01-1172. Dostupné také z: <https://www.sae.org/content/2016-01-1172/>
- [11] *Sborník přednášek ... konference kateder dopravních, manipulačních, stavebních a zemědělských strojů: Ústav dopravní techniky, Odbor transportních, stavebních a zemědělských strojů*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, [198-]-. ISBN 978-80-7494-196-2.
- [12] ROSENAU, Milton D. *Řízení projektů*. Praha: Computer Press, 2000. Business books (Computer Press). ISBN 80-722-6218-1.
- [13] WANG, Xu, ed. *Vehicle noise and vibration refinement*. 1st pub. Cambridge: Woodhead Publishing, 2010. Woodhead Publishing in mechanical engineering. ISBN 978-1-84569-497-5.
- [14] PATÁK, Milan R. a Libor ADAMEC. *Podnikové finanční řízení a rozhodování*. Praha: Vysoká

- škola chemicko-technologická, 2001. ISBN 80-708-0428-9.
- [15] SVOBODA, Pavel a Jan BRANDEJS. *Základy konstruování*. Vydání sedmé, přepracované a doplněné. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2019. ISBN 978-80-7623-009-5.
- [16] PMC: Motorsport [online]. Kielce: PMC, 2017 [cit. 2020-07-21]. Dostupné z: <https://pmcmotorsport-shop.com/>
- [17] ŠPIČÁK, Milan. *Pokročilé algoritmy řízení pohonných jednotek: Advanced control algorithms of powertrain units : zkrácená verze Ph.D. Thesis*. Brno: [Vysoké učení technické v Brně], 2019. ISBN 978-80-214-5819-2.
- [18] Ecumaster: EMU. *Ecumaster* [online]. Krakow: Ecumaster, 2010 [cit. 2020-07-21]. Dostupné z: <https://www.ecumaster.com/>
- [19] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Výrobek a jeho úspěch na trhu*. 1. vyd. Praha: Grada, 2001. Manažer. ISBN 80-247-0053-0.
- [20] VOLLMUTH, Hilmar J. *Controlling: nový nástroj řízení*. 2., upr. vyd. Praha: Profess, 1998. Poradce controllingu. ISBN 80-852-3554-4.
- [21] Spritmonitor. *Spritmonitor.de* [online]. Mnichov: Fischl GmbH, 2020 [cit. 2020-05-05]. Dostupné z: <https://www.spritmonitor.de/de/uebersicht/26-Lexus/239-GS430.html?powerunit=2>
- [22] *Mobile.de* [online]. Pasov: Mobile.de, 1999 [cit. 2020-07-20]. Dostupné z: <https://www.mobile.de/>
- [23] Devizový trh. ČNB [online]. Praha: ČNB, 2020 [cit. 2020-05-02]. Dostupné z: https://www.cnb.cz/cs/financni-trhy/devizovy-trh/kurzy-devizoveho-trhu/kurzy-devizoveho-trhu/grafy_form.html?mena=EUR
- [24] DÖRFL, Luboš. *Znalec a znalecký posudek v civilním procesu*. Vydání první. V Praze: C.H. Beck, 2020. Beckova edice právní instituty. ISBN 978-80-7400-790-3.
- [25] FOTR, Jiří. *Podnikatelský plán a investiční rozhodování*. Praha: Grada, 1995. ISBN 80-856-2320-X.
- [26] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: učebnice pro školy technického zaměření*. Šesté vydání. Úvaly: Albra, 2017. ISBN 978-807-3611-118.

Seznam obrázků

Obr. 1.: Toyota Celica/Supra A40 [Zdroj: https://blog.toyota.co.uk/wp-content/uploads/2013/07/pro0168_tcm317-295354.jpg]	3
Obr. 2.: Toyota Supra A60 [Zdroj: https://blog.toyota.co.uk/wp-content/uploads/2013/07/1984-toyota-celica-supra.jpg]	4
Obr. 3.: 5M-GE motor použitý v druhé generaci Toyoty Supry [Zdroj: [1]]	5
Obr. 4.: Specifické linie pro Toyotu Supra A60 [Zdroj: https://blog.toyota.co.uk/wp-content/uploads/2013/07/WP_000218.jpg].....	5
Obr. 5.: Sportovní úspěchy Toyoty Supry A60 [Zdroj: [3]].....	6
Obr. 6.: Příchod Toyoty MA70 [Zdroj: https://blog.toyota.co.uk/wp-content/uploads/2013/07/WP_000213.jpg].....	7
Obr. 7.: Modifikovaná technika náprav vozidla Toyota Supra MA70 [Zdroj: Autor].....	8
Obr. 8.: Dobové znázornění pohonu vozidla Toyota Supra MA70 [Zdroj: [2]]	8
Obr. 9.: 7M-GTE motor použitý ve vozidle Toyota Supra MA70 ve verzi Turbo [Zdroj: [1]].....	9
Obr. 10.: Toyota Supra Group A v generaci MA70 [Zdroj: [2]]	10
Obr. 11.: Toyota Celica ST165, čtvrtá generace vozidla Toyota Celica s pohonem všech kol a motorem 3S-GTE [Zdroj: [3]].....	10
Obr. 12.: Značení verzí u Toyota Supra MA70 [Zdroj: https://blog.toyota.co.uk/wp-content/uploads/2013/07/WP_000215.jpg]	11
Obr. 13.: Toyota Supra JZA80 [Zdroj: [2]].....	12
Obr. 14.: Toyota Supra páté generace označená J29 [Zdroj: [1]]	12
Obr. 15.: Diagram použitých převodovek v Toyotě MA70 [Zdroj: [2]]	15
Obr. 16.: Převodovka A340e z Toyoty Supra [Zdroj: Autor]	16
Obr. 17.: Převodovka W58 z vozidla Toyoty Supra [Zdroj: Autor]	17
Obr. 18.: Převodovka R154 z Toyoty Supra [Zdroj: Autor]	18
Obr. 19.: Řez převodovkami W58 a R154 z vozidla Toyoty Supra [Zdroj: [2]]	19
Obr. 20.: Přímé srovnání převodovek z Toyoty Supra W58 a R154 [Zdroj: Autor]	19
Obr. 21.: Diagram použitých diferenciálů ve vozidle Toyoty Supra MA70 [Zdroj: [2]]	20
Obr. 22.: Lamelový samosvorný diferenciál ve vozidle Toyoty Supra MA70 [Zdroj: [4]].....	20
Obr. 23.: Samosvorný diferenciál použitý ve vozidle Toyota Supra JZA70 [Zdroj: [2]].....	21
Obr. 24.: Sada na generální opravu lamelového diferenciálu z vozidla Toyoty Supra obsahující nové lamely a pružinu [Zdroj: [2]].....	22
Obr. 25.: Modifikované kuželíkové ložisko (na levé straně modifikovaná verze a po roce 1989 a na pravé straně původní ložisko) [Zdroj: [7]]	22
Obr. 26.: Převodovka J160 z vozidla Lexus IS200 [Zdroj: Autor].....	23
Obr. 27.: Porovnání rozměrů pojistného kroužku před a po modifikaci u převodovky J160 [Zdroj: Autor].....	24
Obr. 28.: Důsledky konstrukční vady u převodovky J160 [Zdroj: Autor].....	25
Obr. 29.: Nutná modifikace hřídele pro možnost instalace zesíleného pojistného kroužku u převodovky J160 [Zdroj: Autor]	25
Obr. 30.: Rozřazení převodovek od ZF dle BMW značení [Zdroj: [5]]	26
Obr. 31.: Rozměrové schéma, GS6-53DZ [Zdroj: [5]]	27
Obr. 32.: Použitá převodovka z BMW 330d, GS6-53DZ [Zdroj: Autor].....	27
Obr. 33.: Vstupní hřídel převodovky G-53BZ, značené dle BMW S6 [Zdroj: [5]]	28
Obr. 34.: Převodovka z BMW 330d, GS5-53DZ [Zdroj: Autor]	29
Obr. 35.: Popis celé řady UZ-FE [Zdroj: [7]]	30
Obr. 36.: Původní motor 1UZ-FE, s provedeným řezem pro demonstraci použitých mechanismů [Zdroj: [7]].....	31
Obr. 37.: Ojnice mezi generacemi 1UZ i srovnání s 2UZ a 3UZ [Zdroj: [7]]	32
Obr. 38.: Poslední revize 1UZ-FE, opticky naprosto totožná s 3UZ-FE [Zdroj: [7]].....	33

Obr. 39.: Elektronická škrticí klapka [Zdroj: [7]]	33
Obr. 40.: VVT-i solenoid [Zdroj: [7]].....	34
Obr. 41.: Vzdálenost mezi vložkami válců v bloku motoru 3UZ-FE [Zdroj: [7]].....	35
Obr. 42.: Vzdálenost mezi vložkami válců v bloku motoru 1UZ-FE [Zdroj: [7]].....	35
Obr. 43.: Číslování válců pro motor 3UZ-FE pocházející z vozidla Lexus GS430 [Zdroj: [7]]	37
Obr. 44.: Motor 3UZ-FE uchycený ve stojanu z vozidla Lexus GS430 [Zdroj: Autor].....	39
Obr. 45.: Sada ozubeného řemene včetně vodního čerpadla, kladek a napínáku pro motor 3UZ-FE [Zdroj: Autor].....	39
Obr. 46.: Vačkové hřídele na motoru 3UZ-FE po měření ventilové vůle [Zdroj: Autor]	40
Obr. 47.: Sání motoru, vyčištěné a nalakované s instalovanou klapkou z motoru 3UZ-FE.....	41
Obr. 48.: Pohled na nové těsnění pro sání motoru 3UZ-FE.....	42
Obr. 49.: Kompletně repasovaný alternátor z motoru 3UZ-FE použitým ve voze Lexus GS430.....	42
Obr. 50.: Pohled na viditelné VVT-i členy motoru 3UZ-FE [Zdroj: Autor].....	43
Obr. 51.: Uložení motoru a převodovky na vozidle Toyota Supra MA70 po přestavbě [Zdroj: [7]].....	54
Obr. 52.: Původní uložení motoru pro 3UZ-FE motor z vozidla Lexus GS430 [Zdroj: [7]].....	55
Obr. 53.: Návrh uložení motoru 3UZ do Toyoty MA70 karoserie [Zdroj: Autor]	56
Obr. 54.: Šroubový spoj namáhaný tahem [Zdroj: [15]].....	56
Obr. 55.: Úhel mezi nápravnicí vozidla Toyota Supra MA70 a uložení motoru 3UZ-FE [Zdroj: Autor] 62	
Obr. 56.: Dvoudílná konstrukce pružného uložení s ocelovou vložkou proti stříhu šroubu [Zdroj: Autor].....	63
Obr. 57.: Šroubový spoj připravený na spojení s hliníkovým držákem motoru [Zdroj: Autor]	64
Obr. 58.: Přišroubovaná redukční příruba na bloku motoru [Zdroj: Autor]	65
Obr. 59.: Původní setrvačnick TRD vytvořený v limitované edici pro vozidlo Toyota Supra [Zdroj: [2]]... 65	
Obr. 60.: Zvon pro převodovku R154 z vozidla Toyota Supra MA70 [Zdroj: Autor].....	66
Obr. 61.: Sestava setrvačnicku, redukční příruby a spojkové sady pro motor 3UZ-FE a GS6-53BZ převodovku [Zdroj: [16]]	67
Obr. 62.: Setrvačnick z čelní strany pro alternativní osazení motoru 3UZ-FE převodovkou GS6-53BZ [Zdroj: Autor]	67
Obr. 63.: Setrvačnick ze zadní strany pro alternativní osazení motoru 3UZ-FE převodovkou GS6-53BZ [Zdroj: Autor]	68
Obr. 64.: Setrvačnick včetně redukční příruby a spojkové sady pro alternativní osazení motoru 3UZ-FE převodovkou GS6-53BZ [Zdroj: Autor]	69
Obr. 65.: Návrh setrvačnicku od firmy PMC využívající vlastnosti dvou materiálů pro alternativní osazení motoru 3UZ-FE převodovkou GS6-53BZ	70
Obr. 66.: Návrh držáku převodovky pro alternativní osazení motoru 3UZ-FE převodovkou GS6-53BZ [Zdroj: Autor]	71
Obr. 67.: Srovnání všech olejových van použitých pro motor 3UZ-FE [Zdroj: Autor].....	72
Obr. 68.: Zvolená olejová vana osazená na motoru 3UZ-FE [Zdroj: Autor]	73
Obr. 69.: Výsledné spojení kardanu a převodovky přes pružné uložení ve vozidle po přestavbě [Zdroj: [7]]	74
Obr. 70.: Finální spojení (zelené šipky směřují na pružné uložení) ve vozidle Toyota Supra MA70 po přestavbě [Zdroj: Autor].....	74
Obr. 71.: Upravené potrubí (vyrobené podle předlohy) pro vozidlo Toyota Supra MA70 po přestavbě [Zdroj: Autor].....	75
Obr. 72.: Výstup k tlumiči výfuku vyrobený dle předlohy pro vozidlo Toyota Supra MA70 po přestavbě [Zdroj: Autor].....	76
Obr. 73.: Schéma imobilizéru, které je třeba zachovat pro start motoru na původní ECU z Lexusu GS430) [Zdroj: [7]].....	77
Obr. 74.: Jednotka Ecumaster EMU Black včetně nové zjednodušené kabeláže [Zdroj: Autor].....	79
Obr. 75.: Ecumaster Dashboard software pro zobrazení výstupních veličin motoru 3UZ-FE [Zdroj: [18]]	80

Obr. 76.: Zakoupená Toyota Supra MA70 z roku 1992 [Zdroj: Autor]	81
Obr. 77.: Zakoupený Lexus GS430 z roku 2001 [Zdroj: Autor].....	82

Seznam tabulek

Tab. 1.: Množství prodaných vozidel Toyota Supra v letech 1979 až 1999	13
Tab. 2.: Technické informace o pohonech	14
Tab. 3.: Převody převodovky typu A340e použité ve vozidle Toyota Supra MA70.....	16
Tab. 4.: Převody převodovky W58 použité ve voze Toyota Supra ve verzi bez přeplňování.....	17
Tab. 5.: Převody převodovky R154 použité ve vozidle Toyota Supra Turbo.....	18
Tab. 6.: Převody převodovky J160 použité ve vozidle Lexus IS200.....	24
Tab. 7.: Převody převodovky GS6-53DZ, značené dle BMW	28
Tab. 8.: Převody převodovky GS6-53BZ, značené dle BMW.....	29
Tab. 9.: Převody převodovky GS5-39DZ, značené dle BMW	30
Tab. 10.: Hodnoty naměřených tlaků ve spalovacím motoru konkrétního motoru.....	38
Tab. 11.: Soupis servisních prvků měněných při servisu motoru.....	38
Tab. 12.: Soupis servisních prvků měněných při servisu motoru.....	40
Tab. 13.: Vstupní hodnoty pro výpočet převodů	44
Tab. 14.: Tabulka dosažené rychlosti při zvolených převodech.....	45
Tab. 15.: Tabulka dosažené rychlosti při přeřazení a otáček po přeřazení	45
Tab. 16.: Kriteriaální analýza pro převodovku J160.....	48
Tab. 17.: Kriteriaální analýza pro převodovku S6-53BZ	49
Tab. 18.: Kriteriaální analýza pro převodovku S6-53DZ	49
Tab. 19.: Kriteriaální analýza pro převodovku A650e.....	50
Tab. 20.: Kriteriaální analýza pro převodovku A760e.....	51
Tab. 21.: Kriteriaální analýza pro převodovku GS5-39DZ.....	51
Tab. 22.: Kriteriaální analýza pro převodovku A340e	52
Tab. 23.: Tabulka mezních rozměrů pro vnější závit šroubu toleranční třídy 6g	58
Tab. 24.: Soupis přímých a nepřímých nákladů	83
Tab. 25.: Kalkulační vzorec	84
Tab. 26.: Srovnání vozidel určených ke stanovení ceny vozidla Toyota Supra MA70	85
Tab. 27.: Soupis specifických nákladů na provoz vozidla před přestavbou na 200 00 km/10 let	87
Tab. 28.: Soupis specifických nákladů na provoz vozidla po přestavbě na 200 00 km/10 let.....	88
Tab. 29.: Sestavená SWOT analýza původního vozidla Toyota Supra MA70.....	90
Tab. 30.: Sestavená SWOT analýza vozidla Toyota Supra MA70 po přestavbě s motorem 3UZ-FE a převodovkou GS6-53BZ	92
Tab. 31.: Srovnání provozních a servisních nákladů vozidla po přestavbě a výpočet celkové úspory	94

Seznam grafů

- Graf 1 – Znázornění převodových stupňů v závislosti na rychlosti vozidla [Zdroj: [10]]
 Graf 2 – Pilový diagram pro vozidlo s 3UZ-FE motorem a GS6-53BZ převodovkou [Zdroj: [4]]
 Graf 3 – Výsledek srovnávací analýzy [Zdroj: [12], [14]]
 Graf 4 – Srovnání poměru přímých a nepřímých nákladů [Zdroj: Autor]

Seznam příloh

- Příloha I. Výpočty převodů pro převodovky
- Příloha II. Podklady pro srovnání cen vozidel
- Příloha III. A3 rozměr Výkres setrvačníku – A3 rozměr
- Příloha IV. Výkres uložení motoru – A3 rozměr
- Příloha V. Výkres uložení převodovky – A3 rozměr
- Příloha VI. Pilový graf – A3 rozměr