

TEHNIŠKI ŠOLSKI CENTER MARIBOR
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA
AVTOSERVISNI MENEDŽMENT

Žan GOLJEVŠČEK

PREDELAVA VOZILA OPEL ASTRA K 1.4 T (B16)

DIPLOMSKO DELO

Višješolski strokovni študij

Maribor, 2025

TEHNIŠKI ŠOLSKI CENTER MARIBOR
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA
AVTOSERVISNI MENEDŽMENT

Žan GOLJEVŠČEK

PREDELAVA VOZILA OPEL ASTRA K 1.4 T (B16)

DIPLOMSKO DELO

Višješolski strokovni študij

MODIFICATION OF VEHICLE OPEL ASTRA K 1.4 T (B16)

GRADUATION THESIS

Higher vocational studies

Maribor, 2025

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, g. mag. Benu Arbitru u.d.i.s., za vso pomoč pri opravljanju diplomskega dela.

Prav tako bi se rad zahvalil kolektivu podjetja Avtovleka Smiljan Tomažič s.p. in njihovi drugi poslovalnici Chipan za posredovanje potrebnih podatkov, znanja in nudenje pomoči pri izvedbi diplomskega dela.

Zahvalo bi rad posvetil tudi staršem, da so mi ves čas stali ob strani in mi to omogočali.

Posebno zahvalo pa bi rad namenil eni in edini, moji puncici, ki je prenašala moje dobre in slabe dni, tudi tiste napore, in ni nikoli obupala nad mano.

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Žan Goljevšček, rojen 26. 1. 2001 v Mariboru, študent Tehniškega šolskega centra Maribor, Višje strokovne šole, programa avtoservisni menedžment izjavljam, da je diplomsko delo z naslovom *Predelava vozila Opel Astra K 1.4 T (B16)* avtorsko delo.

V diplomskem delu so vsi uporabljeni viri in literatura konkretno navedeni; teksti niso prepisani brez navedbe avtorjev.

Diplomsko delo je lektorirala Nina Krajnc, mag. slov., ključno dokumentacijsko informacijo sem prevedel Žan Goljevšček.

Kraj in datum: _____

Lastnoročni podpis študenta/-ke: _____

MENTORSTVO

Diplomsko delo je zaključek Višješolskega strokovnega študija, smer avtoservisni menedžment, opravljeno je bilo na Tehniškem šolskem centru Maribor, Višji strokovni šoli.

Študijska komisija Tehniškega šolskega centra Maribor, Višje strokovne šole je za mentorja diplomskega dela imenovala Bena ARBITRA.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: _____

Član/mentor: _____

Član: _____

Član/somentor: _____

Datum diplomskega izpita: _____

POVZETEK

Diplomsko delo se nanaša na obnovo in predelavo vozila Opel Astra 1.4 T K (B16) v osebno vozilo, ki bo namenjeno za vožnjo po dirkalni stezi. V teoretičnem delu so predstavljeni delovni sklopi, ki so bili predmet predelave, in njihove funkcije. Ti sklopi so tlačno-polnilni sistem, izpušni sistem in program motornega računalnika. V praktičnem delu je predstavljen strokoven postopek vgradnje materiala, njegovega preizkusa in nadgradnje obratovanje motorja. Novo vgrajeni ali predelani deli so bili sredinski glušnik, zadnji glušnik, tlačni polnilnik (turbo), cevi tlačnega sistema, temperaturni izmenjevalnik polnilnega zraka (intercooler) in program motornega računalnika. S temi predelavami je bilo vozilo občutno hitrejše, zvišala se je tudi njegova končna hitrost.

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dd
DK	629.331:005.591(043.2)
KG	izpušni sistemi/tlačni sistemi/predelava/programiranje
AV	GOLJEVŠČEK, Žan
SA	ARBITER, Beno (mentor)
KZ	SI-2000 Maribor, Zolajeva 12
ZA	Tehniški šolski center Maribor, Višja strokovna šola
LI	2025
IN	PREDELAVA VOZILA OPEL ASTRA K 1.4 T (B16)
TD	Diplomsko delo (višješolski strokovni študij)
OP	X, 42 str., 11 tab., 37 sl., 16 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	<i>V diplomskem delu je predstavljena predelava vozila Opel Astra K 1.4 T (B16) s ciljem povečanja zmogljivosti motorja, pri tem pa poskrbeti, da bo vozilo ostalo primerno tudi za cestno vožnjo. Postopek predelave vključuje nadgradnjo pogonskega agregata z uporabo prisilnega polnjenja, prilagoditev elektronske krmilne enote (ECU), nadgradnjo izpušnega sistema in prilagoditev vozila novim zahtevam.</i>

KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Dd
- DC 629.331:005.591(043.2)
- CX exhaust systems/pressure systems/modification/programing
- AU GOLJEVŠČEK, Žan
- AA ARBITER, Beno (mentor)
- PP SI-2000 Maribor, Zolajeva 12
- PB Technical School Centre Maribor, Higher Vocational College
- PY 2025
- TI MODIFICATION OF VEHICLE OPEL ASTRA K 1.4 T (B16)
- DT Graduation Thesis (Higher vocational studies)
- NO X, 42 p., 11 fig., 37 tab., 16 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB *The thesis presents the modification of an Opel Astra K 1.4 T (B16) with the goal of increasing the engine's power while ensuring that the vehicle remains suitable for road use. The modification process includes upgrading the powertrain with forced induction, adjusting the electronic control unit (ECU), upgrading the exhaust system, and adapting the vehicle to meet new requirements.*

KAZALO VSEBINE

ZAHVALA.....	II
IZJAVA O AVTORSTVU.....	III
MENTORSTVO.....	IV
POVZETEK.....	V
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	VI
KEY WORDS DOCUMENTATION	VII
KAZALO VSEBINE.....	VIII
KAZALO SLIK.....	IX
KAZALO TABEL.....	X
1 UVOD.....	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2 NAMEN IN CILJI DIPLOMSKEGA DELA	1
2 PREGLED STANJA.....	2
2.1 PREDSTAVITEV VOZILA OPEL ASTRA K 1.4 T (B16).....	2
2.2 PREDSTAVITEV POGONSKEGA AGREGATA B14XFL	4
2.2.1 O pogonskem agregatu	4
2.2.2 O izpušnem sistemu.....	6
2.2.3 Tlačni polnilnik na izpušne pline	10
2.3 VARJENJE.....	12
2.3.1 Varjenje v zaščitni atmosferi (MIG-MAG).....	12
2.3.2 Varjenje z žlahtnim plinom (MIG).....	12
2.4 ZAHTEVE ZA VOZILO ZA TEKMOVANJA 'ADRIA DRIFT SERIES'	14
2.4.1 Pravilnik Adria Drift Series (povzetek).....	14
3 PREDELAVA OSEBNEGA VOZILA	16
3.1 PREDELAVA POGONSKEGA AGREGATA B14XFL	16
3.1.1 Predelava tlačno-polnilnega sistema.....	16
3.1.2 Predelava izpušnega sistema – lonec/glušnik.....	25
3.1.3 Predelava izpušnega sistema – predhodni glušnik	29
3.1.4 Programiranje motornega računalnika	34
3.2 PRILAGODITEV VOZILA OPEL ASTRA K 1.4 T (B16)	37
3.3 POSTOPEK ODOBRITEV VOZILA ZA TEKMOVANJA ‘ADRIA DRIFT SERIES’	38
3.4 STROŠKOVNA ANALIZA	38
4 ZAKLJUČEK.....	41
5 VIRI.....	42

KAZALO SLIK

Slika 1: Motor model B14 XFL.....	5
Slika 2: Dinamometer originalne moči in navora ter primer 'čipiranja'	5
Slika 3: Zgradba izpušne naprave.....	7
Slika 4: Odbojni glušnik	8
Slika 5: Interferenčni glušnik	9
Slika 6: Absorpcijski glušnik.....	9
Slika 7: Kombinirani odbojno-absorpcijski glušnik	10
Slika 8: Varilni aparat	13
Slika 9: Varilni gorilnik	13
Slika 10: Registracija na dirko.....	15
Slika 11: Naročanje materiala.....	17
Slika 12: Silikonske in aluminijaste cevi, adapterji in objemke.....	19
Slika 13: Primerjava izmenjevalnikov temperature.....	19
Slika 14: Originalni tlačni sistem	20
Slika 15: Zunanji premer originalnega intercoolerja	21
Slika 16: Originalna prirobnica senzorja	22
Slika 17: Notranji premer originalnega intercoolerja	23
Slika 18: Zunanji premer nove cevi.....	23
Slika 19: Nova prirobnica za senzor.....	24
Slika 20: Preizkušanje temperaturnih razlik I.A.T. (intake air temp.).....	24
Slika 21: Vizualno pregledovanje avtomobila in novega glušnika.....	26
Slika 22: Rezanje lonca	27
Slika 23: Zarisovanje linije za rezanje podaljška odbijača.....	28
Slika 24: Končni izdelek, fotografiran od zadaj s strani.....	28
Slika 25: Končni izdelek, fotografiran od spodaj	29
Slika 26: Originalni sredinski glušnik	30
Slika 27: Premer originalnega sredinskega glušnika.....	31
Slika 28: Nova sredinska cev (brez glušnika)	31
Slika 29: Priklop srednje cevi na katalizator	32
Slika 30: Končani popravki srednje cevi	33
Slika 31: Končni izdelek izpušnega sistema	34
Slika 32: Mapa originalnega programa	35
Slika 33: Mapa pred nastavljanjem MAF in vžiga	36
Slika 34: Mapa po nastavljanju MAF in vžiga	36
Slika 35: Mapa predelanega programa	36
Slika 36: Končni izid dinamometra	37
Slika 37: Časovna analiza programiranja motornega računalnika	37

KAZALO TABEL

Tabela 1: Osnovne informacije o vozilu.....	2
Tabela 2: Podatki o vozilu	3
Tabela 3: Zmogljivost vozila	3
Tabela 4: Podatki o motorju.....	6
Tabela 5: Časovna analiza predelave tlačno-polnilnega sistema.....	25
Tabela 6: Časovna analiza predelave izpušnega sistema – lonec/glušnik	29
Tabela 7: Časovna analiza predelave izpušnega sistema – predhodni glušnik.....	34
Tabela 8: Materialni stroški	39
Tabela 9: Stroški storitev	40
Tabela 10: Stroški delovnih ur v lastni režiji.....	40
Tabela 11: Stroški obnove in predelave vozila	40

1 UVOD

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Avto-moto šport me zelo navdušuje, zato sem si zaželel avtomobil z večjo močjo pogonskega agregata, s katerim bi lahko sodeloval na tekmovanjih 'Adria Drift Series'. V lasti imam osebni avtomobil Opel Astra K 1.4 T (B16) letnik 2016, ki pa še ne izpolnjuje mojih želja, zato sem se ga odločil predelati. Pogonskemu agregatu želim povečati moč, navor in odzivnost ter poskrbeti, da bo vozilo po predelavi še zmeraj primerno za udeležbo v cestnem prometu. Predelava vozila bo vključevala nadgradnjo pogonskega agregata s prisilnim polnjenjem, saj želim povečati njegovo moč, prilagoditev elektronske krmilne enote vozila (ECU), nadgradnjo izpušnega sistema ter prilagoditev vozila novim zahtevam. Zaradi povečanja moči motorja še vedno ostaja izziv, kako zagotoviti dolgoročno brezhibnost delovanja vozila oziroma njegovih posameznih sestavnih delov.

1.2 NAMEN IN CILJI DIPLOMSKEGA DELA

Namen dela je prikazati predelavo pogonskega agregata in varno povečati njegovo moč in navor. Ugotovljene bodo zahteve za vozilo, namenjeno nastopu na tekmovanjih 'Adria Drift Series'. Tem zahtevam bo podrejena predelava vozila.

Cilj je varno in učinkovito predelati pogonski agregat tako, da pridobi čim več moči in navora ter temu ustrezno in zahtevam tekmovanja 'Adria Drift Series' prilagoditi vozilo kot celoto. Ugotovljeni bodo za načrtovano predelavo pričakovani stroški.

Predpostavljam, da je vozilo v zdravem in ohranjenem stanju. Pričakujem, da za predelavo vozila na trgu ni na voljo veliko materiala, ki bi bil predpisan za predelavo specifično za ta model vozila, torej bom moral veliko delov naročiti po meri in jih sestavljati, izdelovati ali prilagoditi samostojno. S predelavo vozila pričakujem večjo dinamičnost vozila, večjo moč in bolj konstanten navor v širšem območju obratov motorja.

2 PREGLED STANJA

2.1 PREDSTAVITEV VOZILA OPEL ASTRA K 1.4 T (B16)

Predmet predelave je osebno vozilo kategorije M1, Opel Astra K 1.4 T (B16), letnik 2016. Tabela 1 prikazuje osnovne informacije o vozilu, **Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.** pa informacije o zmogljivosti tipskega, nepredelanega vozila. Tipska oznaka vgrajenega pogonskega agregata motorja je B14XFL. 1.4 T 16V 93 kW (125 hp), model motorja je B14XFL.

Model Astra se je pri Oplu začel razvijati leta 1991 in je bil nadomestek modela Opel Kadet. Trenutno ima Astra 6 modelov, ki se začnejo s črko F in se nadaljujejo po abecednem redu angleškega jezika brez črke i, torej imamo Astra F (1991–03), G (1998–04), H (04–10), J (09–15), K (15–21), L (21–sedanjost). Modeli Astre se prikazujejo v treh tipih oblik karoserije, ki so hatchback (avtomobil z dvižnimi vrati zadaj), limuzina in karavan.

V mojem primeru Opel Astre gre za model K, kjer so bili vgrajeni različni agregati, nekateri tudi od podjetja PSA Group, ki je leta 2018 prevzelo Opel. Agregati so bili bencinski in dizelski, bili so 3- in 4-cilindrski linijski motorji s prostornino od 1,0 l do 1,6 l (Auto-data).

Tabela 1: Osnovne informacije o vozilu

Znamka	Opel
Model	Astra
Generacija	Astra K
Modifikacije (motor)	1.4 EcoTec (125 hp)
Začetek produkcije	2015
Konec produkcije	2018
Tip pogona	Motor z notranjim zgorevanjem
Oblika modela	Hatchback
Sedeži	5
Vrata	5

Vir: (Wiki automotive catalog, 2025)

Tabela 2: Podatki o vozilu

Dolžina	4370 mm
Širina	1809 mm
Višina	1458 mm
Medosna razdalja	2662 mm
Vozna višina	150 mm
Koeficient zračnega upora	0,3 1
Teža avtomobila	1203 kg
Maksimalna teža	1820 kg
Maksimalna otežitev	617 kg
Minimalna prostornina prtljažnika	370 l
Maksimalna prostornina prtljažnika	1210 l
Kapaciteta tanka za gorivo	48 l
Tip pogona	Sprednji pogon
Število prestav in tip menjalnika	6 + R (vzratna), ročni menjalnik
Asis2tenca zaviranja	ABS
Asistenca vožnje	Električna pomoč volana

Vir: (Wiki automotive catalog, 2025)

Tabela 3: Zmogljivost vozila

Poraba goriva (mestna vožnja)	7,3–7,1 l/100 km
Poraba goriva (zunajmestna vožnja)	4,5–4,4 l/100 km
Poraba goriva (kombinirana vožnja)	5,5–5,4 l/100 km
CO₂ emisije	128–124 g/km
Gorivo	Bencin
Pospešek 0–100 km/h	9,2 s
Maksimalna hitrost	205 km/h
Emisijski razred	Euro6
Razmernik teža–moč	9,6 kg/KS
Razmernik teža–navor	4,9 kg/Nm

Vir: (Wiki automotive catalog, 2025)

2.2 PREDSTAVITEV POGONSKEGA AGREGATA B14XFL

2.2.1 O pogonskem agregatu

Motor je razvil GM (General Motors) v sodelovanju s SAIC (Shanghai Automotive Industry Corporation). Izumili so ga Adam Opel AG, SAIC, MG, SGM (Shanghai GM) in PATAC (Pan-Asia Technical Automotive Center. Ta motor spada v skupino GSE (gasoline small engines), ki jo je ustvaril GM, sem spadajo vsi tri- in štiricilindrični motorji do prostornine 1,5 l. Zasnovani so bili za izboljšanje porabe goriva, večanje zmogljivosti in za manj emisij ter hrupa in tresljajev. Za doseg tega ima motor lahko zasnovo in napredne tehnologije, kot so neposredno vbrizgavanje bencina, turbopolnilnik, sesalni razdelilnik spremenljive dolžine in združljivost z alternativnimi gorivi. Uporablja modularni pristop z zamenljivimi komponentami, ki se lahko prilagodijo specifični aplikaciji.

Za zmanjšanje ravni hrupa, tresljajev in grobosti (NVH – noise, vibration and harshness) se tirnica goriva z neposrednim vbrizgom pritrdi na glavo valjev in pokrov ventilov prek puš, ki izolirajo glasno tiktakanje, ki ga povzročajo igle injektorja. GM trdi, da je 1,0-litrski turbo motor za 25 odstotkov (3 dB(A)) tišji od 1,0-litrskega turbo motorja Ford Fieste, 1,4-litrski motor pa je do 50 odstotkov (6 dB(A)) tišji od 1,4-litrskega turbo motorja VW/Audi. Drugi ukrepi za dušenje zvoka vključujejo blok cilindrov na nosilni plošči, ki poveča togost, in ojačen aluminijasti sprednji pokrov odmikača. Trivaljne različice imajo izravnalno gred, ki je integrirana z oljno črpalko in se nahaja znotraj dvodelne aluminijaste oljne posode za preprečevanje oddajanja hrupa. Gred se vrta v nasprotni smeri s hitrostjo motorja. GM trdi, da bo trivaljnik EcoTec tekel bolj gladko v prostem teku kot Fordov trivaljnik, ki ne uporablja gredi.

Vse različice s turbinskim polnilnikom bodo zagotavljale 90 odstotkov največjega navora med 1500 in 5000 vrtljaji na minuto, največja moč pa med 5600 in 6000 vrtljaji na minuto. Turbopolnilniki MHI (Mitsubishi Heavy Industries) so dimenzionirani tako, da zagotavljajo hiter odziv na navor, in so nameščeni zelo blizu valjev, zahvaljujoč glavam cilindrov, ki vključujejo izpušne kolektorje v glavi. Za zmanjšanje mase so motorji kompaktni v vseh smereh, skoraj v celoti izdelani iz aluminija in imajo kompozitne sesalne cevi. S tem se obstoječemu 1,4-litrskemu turbo motorju v Cruzeu odvzame 20 kg in postane 4 kg lažji od 1,4-litrskega VW turbo motorja. GM pravi, da ta motor tehta 98 kg, pripravljen za namestitev.

Prostornina motorja je 1,4 l in ima 4 cilindre. Ima 4 valje na cilinder z dvema odmičnima gredema s tehnologijo DOHC (dual overhead cam) – dve odmični gredi, ki ležita v glavi motorja nad ventili, in DCVCP (dual continuous variable cam phasing) – dvojno neprekinjeno spremenljivo faziranje odmikačev. Blok in glava sta iz aluminija, gnan je preko verige. Ima zaporedno neposredno vbrizgavanje s polnjenjem iz turbopolnilnika skozi hladilnik polnilnega zraka in variabilnim prostorom sesalnega kolektorja. Ima kompresijsko razmerje 10.0:1 z največjo hitrostjo motorja 6500 obratov/min. Originalen motor ima 93 kW oziroma 125 hp moči in 230 Nm navora (Solutions) (GM Authority) (Auto-data) (Adria-drift series, 2015) (Fischer, in drugi, 2014) (Clark, in drugi, 2011) (Kraut, in drugi, 2007)

Slika 1: Motor model B14 XFL



Vir: (365 Engines, 2025)

Slika 2: Dinamometer originalne moči in navora ter primer 'čipiranja'



Vir: (Kreatormocy, 2025)

Tabela 4: Podatki o motorju

Moč	125 KS pri 4000–5600 min ⁻¹
Moč na liter	89,3 KS/l
Navor	245 Nm pri 2000–3500 min ⁻¹
Postavitev motorja	Spredaj prečno
Tip motorja	B14XFL
Prostornost motorja	1399 cm ³
Število valjev	4
Postavitev valjev	Linijsko
Kompresijsko razmerje	10:1
Število ventilov na valj	4
Tip vbrizga	Direktno vbrizgavanje
Polnjenje	Tlačni polnilnik s hladilnikom zraka

Vir: (Wiki automotive catalog, 2025)

2.2.2 O izpušnem sistemu

Naloge izpušnega sistema so:

- 1) dušenje hrupa izpušnih plinov, ki ob pokanju tečejo iz izgorevalnega prostora motorja tako, da ni presežena dovoljena jakost hrupa,
- 2) izpušne pline odvesti iz agregata brez nevarnosti, da bi prodrli nazaj v notranjost vozila,
- 3) s katalitičnim pretvornikom znižati količino škodljivih snovi v izpušnih plinih na raven, ki jo predpisuje ustrezna zakonodaja,
- 4) z dušilniki znižati hrup izpušnih plinov tako, da je izguba moči motorja čim manjša,
- 5) doseči raven hrupa, ki ustreza določeni vrsti vozila.

Pri odpiranju izpušnih ventilov motorja znaša tlak v valju še vedno okrog 3 do 5 barov. Brez uporabe dušilnikov zvoka bi izpušni plini iztekli v okolico z velikim hrupom (okrog 100 dB(A)). Predpisana meja vrednosti hrupa za motorna vozila določa, da osebni avtomobil ne presega 74 dB(A) (Fischer, in drugi, 2014) (Kraut, in drugi, 2007).

Obremenitve, ki jih izpušni sistem prenaša:

- 1) visoke temperature in temperaturne spremembe obremenjujejo predvsem sprednji del izpušne naprave,
- 2) zunanja korozija nastaja po celotni dolžini izpušne naprave zaradi vremenskih vplivov in soljenja cest pozimi,
- 3) korozija notranjih površin izpušne naprave nastaja zaradi kondenzacije vode in produktov zgorevanja (voda, žveplova kislina), še posebno na zadnjem, hladnejšem delu izpušne naprave,
- 4) velike mehanske obremenitve, ki so posledica udarcev s kamni, premikanja karoserije in vibracij motorja.

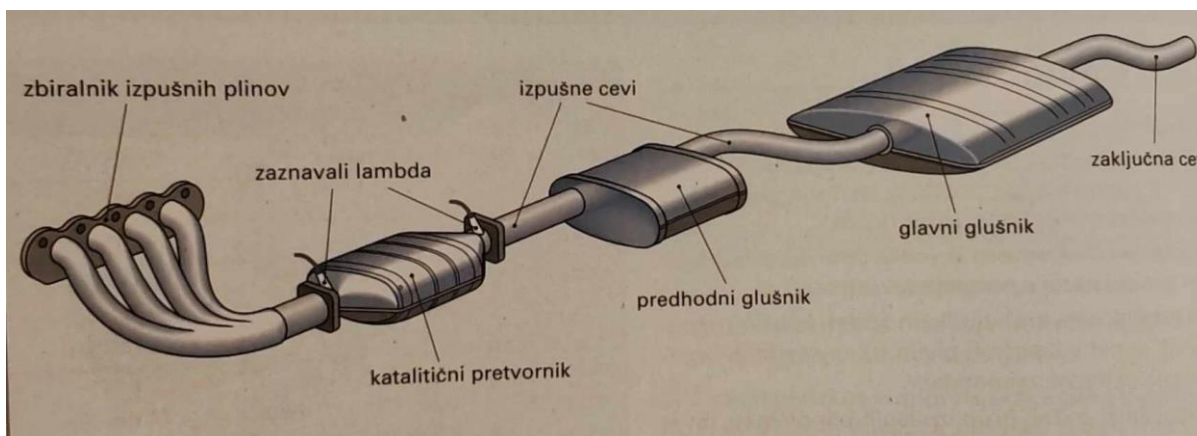
Da bi izpušna naprava zdržala naštete obremenitve, so posamezni deli izdelani iz različnih materialov. Sprednji deli izpušne naprave so zaradi visokih temperatur običajno iz nerjavnih jekel, odpornih proti temperaturi in oksidaciji, ter dodatno odporni proti koroziji pri visokih temperaturah.

Dušilniki hrupa imajo navadno dvojne stene v izvedbi 'sendviča'. Notranja stena je zaradi odpornosti proti kemično agresivnim snovem v izpušnih plinih izdelana iz nerjavne pločevine, zunanja stena pa iz nelegirane jeklene pločevine, ki je proti zunanjim vplivom zaščitena z aluminijevo prevleko. Tudi izpušne cevi v zadnjem delu izpušne naprave so zaščitene z aluminijevo prevleko (Fischer, in drugi, 2014) (Kraut, in drugi, 2007) (Clark, in drugi, 2011).

a. Sestava izpušnega sistema

Izpušni sistem sestavljajo izpušne cevi, katalitični pretvornik in eden ali več glušnikov, npr. predglušnik in glavni glušnik. Sprednja cev je pritrjena na izpušni zbiralnik ali na ohišje tlačnega polnilnika in vodi v katalitični pretvornik, ki je povezan s cevmi z glušniki. Iz glušnikov tečejo izpušni plini skozi izstopno cev v okolico (Fischer, in drugi, 2014).

Slika 3: Zgradba izpušne naprave



Vir: (Fischer, in drugi, 2014)

b. Izpušna naprava mora biti v celoti plinotesna

Izpušni plini ne smejo prodreti v potniški prostor in tudi učinek dušenja ne sme biti okrnjen. Razpored, dolžina in prečni presek povezovalnih cevi mora biti skrbno izbran in usklajen, saj le na tak način lahko raven hrupa znižamo na dovoljeno vrednost. Istočasno je treba pri pretakanju izpušnih plinov zagotoviti tudi ustrezno nizke tlačne izgube, kajti izgube tlaka močno vplivajo na zmanjšanje moči motorja. Energijo izpušnih plinov, ki iztekajo iz motornih valjev in povzročajo hrup, lahko podušimo s pomočjo odbojev in vsrkavanja (absorpcije).

c. Odboj (refleksija) zvoka

Pri blažitvi hrupa z odbojem naleti tok izpušnih plinov na svoji poti na številne ovire. Pri udarcu ob oviro se zvočni valovi odbijejo in spremenijo smer. Odbiti valovi so šibkejši in sčasoma izzvenijo podobno kot odmev. Tudi hitra sprememba pretočne površine (zaslonka) pomaga pri odbijanju zvočnih valov.

d. Odbojni glušnik

Odbojni glušnik sestavljajo prostori različnih prostornin, ki so med seboj povezani z več različno postavljenimi, na obeh straneh odprtimi cevmi. Tako se zvočni valovi pri prehodu skozi glušnik večkrat odbijejo. Povezovalne cevi so lahko tudi preluknjane. Zvočni valovi se ob zunanjih površinah in ob tokovnih ovirah odbijejo in oslabijo. Odbojni glušniki so še posebno primerni za dušenje srednje- in nizkofrekvenčnega hrupa (Fischer, in drugi, 2014).

Slika 4: Odbojni glušnik



Vir: (Fischer, in drugi, 2014)

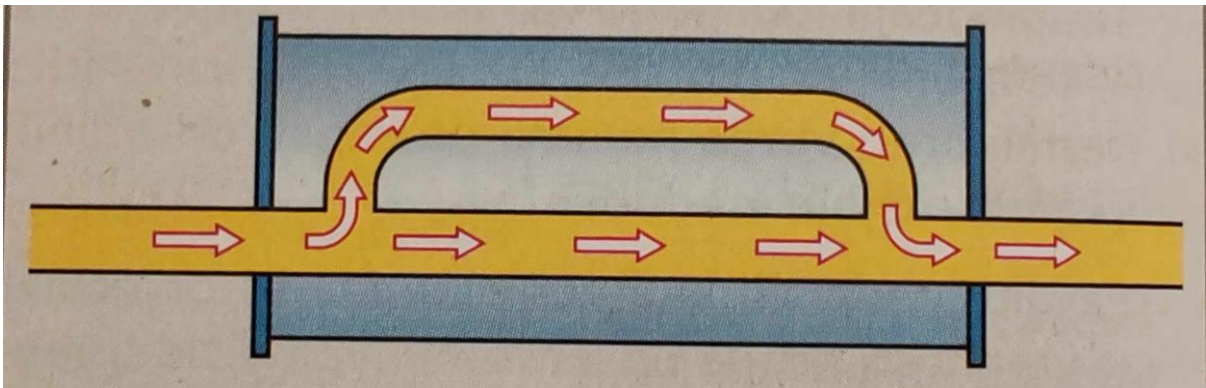
e. Učinek resonance

Med posameznimi mesti v izpušnem glušniku, kjer se presek cevi močno spremeni, se zvočni valovi odbijajo od ovir in povzročijo resonančno nihanje. Če se to nihanje dogaja v glavni povezovalni cevi ali v stranskih cevni odcepkih, govorimo o zaporednem ali stranskem resonatorju. Z glušniki te vrste lahko izdatno udušimo izstopajoče frekvence, ki so v hrupu posebno nadležne.

f. Interferenčni glušnik

Osrednja cev v glušniku je razcepljena na številne različno dolge cevne obvoje, ki se na koncu glušnika spet združijo v eno skupno cev. Zvočna valovanja, ki nastanejo v vsaki sestavni cevi, se ob ponovni združitvi cevi zopet zlijejo, zvočna nihanja pa seštejejo. Zaradi faznih razlik med posameznimi nihanji se amplitude nihanj v posameznih ceveh pri seštevanju medsebojno tudi izničijo (Fischer, in drugi, 2014).

Slika 5: Interferenčni glušnik

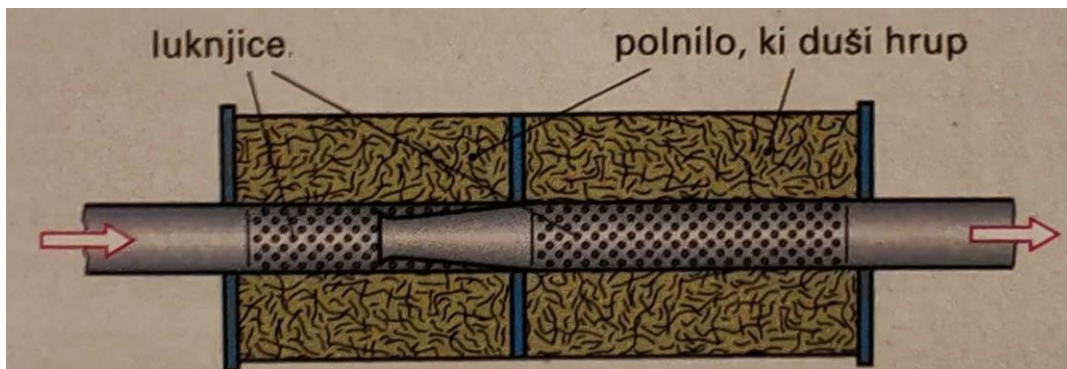


Vir: (Fischer, in drugi, 2014)

g. Absorpcija

Pri dušenju hrupa na osnovi absorpcije – vsrkavanja se hrup posrka v porozni material polnila glušne komore. Energija hrupa se dejansko »posrka« in se potem kot oblika trenja pretvori v toploto. Absorpcijski glušnik je sestavljen iz ene ali več komor, ki so napolnjene s kameno ali stekleno volno. Tok izpušnih plinov teče skozi povezovalno cev skoraj brez upora. Zvočni valovi prodirajo skozi radialne luknjice v notranjost komore, kjer polnilo – mineralna volna – posrka predvsem hrup višjih frekvenc. Absorpcijske glušnike navadno uporabimo v sistemu izpušne naprave kot končne oziroma glavne glušnike (Fischer, in drugi, 2014).

Slika 6: Absorpcijski glušnik



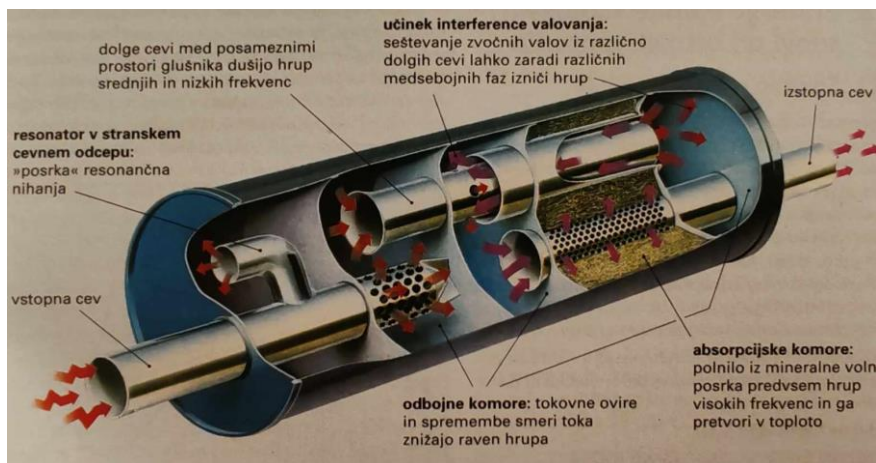
Vir: (Fischer, in drugi, 2014)

h. Kombinirani odbojno-absorpcijski glušnik

Odbojni glušnik lahko uglasimo za učinkovito dušenje nizkofrekvenčnega hrupa, medtem ko absorpcijski glušnik uspešno duši visokofrekvenčni hrup. Zato pogosto obe vrsti glušnikov združimo v eno napravo.

Vsi deli izpušne naprave so medsebojno uglašeni, zato jih ne smemo spreminjati. Vsaka sprememba na izpušni napravi je lahko vzrok za preklic uporabnega dovoljenja vozila (Fischer, in drugi, 2014).

Slika 7: Kombinirani odbojno-absorpcijski glušnik



Vir: (Fischer, in drugi, 2014)

2.2.3 Tlačni polnilnik na izpušne pline

Energijo izpušnih plinov izkoristimo za dovajanje sveže polnitve v valj. Učinke tlačne polnitve lahko zaznamo šele pri srednjih do visokih vrtilnih frekvencah motorja. Poleg tega tlačni polnilniki hitrim spremembam položaja stopalke za plin sledijo z manjšo zakasnitvijo, saj izpušni plini zaradi vztrajnosti ne morejo slediti hitrim spremembam obremenitve motorja (turbo luknja). Tlačni polnilniki na izpušne pline delujejo z majhnimi izgubami, saj za pogon ne potrebujejo dodatne mehanske energije z ročične gredi motorja.

Tekalni sklop sestavljajo rotor turbine z gredjo in rotor turbopuhala. Glede na izvedbo in velikost tlačnega polnilnika doseže rotor vrtilno frekvenco od 50.000 vrt/min do 400.000 vrt/min.

Način delovanja. Izpušni plini motorja poganjajo rotor turbine, ki prek gredi poganja rotor turbopuhala. Turbopuhalo vsesa svežo polnitev in jo stisnjeno potisne v valje motorja. Zaradi prehodnega stiskanja se polnilni zrak segreje do približno 180 °C.

Vmesno hlajenje in tlak polnjenja. Segreti zrak, ki ga predhodno stisne tlačni polnilnik, se še pred vstopom v valj lahko ohladi v hladilniku polnilnega zraka. S tem se dodatno poveča gostota sveže polnitve valja. Večja zračna masa v valju omogoči vbrizganje večje količine goriva. Moč motorja se poveča (Fischer, in drugi, 2014).

Prisilno polnjeni motorji, nadtlak v bar:

- 1) brez hlajenja polnilnega zraka 0,2–1,8;
- 2) s hlajenjem polnilnega zraka 0,5–3.

Tlaki polnitve motorja s tlačnim polnilnikom na izpušne pline ne smejo presežati tlaka polnitve, ki ga določi izdelovalec motorja, saj bi ob prekoračitvi tlakov motor lahko pokvarili ali celo uničili.

Uravnavanje tlaka polnitve. Poleg nevarnosti uničenja motorja zaradi previsokega tlaka polnitve je treba določiti velikost tlačnega polnilnika tako, da se doseže učinek polnitve tudi pri srednjih vrtilnih frekvencah in manjših masnih tokovih izpušnih plinov. Ker tlačni polnilnik pri visokih vrtilnih hitrostih dobavlja večje količine zraka ob nesorazmernem povečanem tlaku in celo prekoračitvi najvišjih dopustnih vrtilnih frekvenc, moramo tlačno polnitev primerno uravnavati.

Razlikujemo:

- 1) mehansko-pnevmatsko krmiljenje (uravnavanje) tlačne polnitve,
- 2) elektronsko krmiljenje tlačne polnitve,
- 3) krmiljenje tlačne polnitve z različnim nastavljanjem kota vodilnih lopatic turbine.
- 4) Krmilni ventil za tlačno polnitev je lahko vgrajen na poljubnem mestu izpušnega sistema pred turbino na izpušne pline. Namesto krmilnega ventila za tlačno polnitev lahko uporabimo tudi loputo v obtočnem vodu.

Obtočni vod odpira in zapira loputa, ki je z drogom povezana s krmilno komoro, ki je navadno pritrjena na ohišje turbopuhala. Toplotna obremenitev membrane iz plastične mase ni pretirana, saj je krmilna komora dovolj odmaknjena od vročih delov tlačnega polnilnika, nevarnost poškodbe pa se ustrezno zmanjša. Pri premikanju vozila in zaprti dušilni loputi nastane v turbopuhalu visok zastojni tlak. Ta tlak zavira rotor turbopuhala, tako da se pospeševanje motorja pri nenadni obremenitvi upočasni. Nemoten tek rotorja puhala med premikanjem vozila omogočimo tako, da krmilno napravo za tlak polnitve opremimo z ventilom, ki ga uravnava tlak v polnilni cevi (izpustni ventil, Wastegate). Pri zaprti dušilni loputi je z njim mogoče prečrpati predhodno stisnjeni zrak s tlačne strani turbopuhala na njegovo sesalno stran (Fischer, in drugi, 2014) (Kraut, in drugi, 2007).

Elektronsko uravnavanje tlačne polnitve. Optimalni tlak polnitve pri tlačno polnjenem bencinskem motorju sproti izračunava elektronska krmilna naprava motorja v odvisnosti od položaja dušilne lopute in nagnjenosti h klenkanju. Za korekturne veličine veljajo na primer: temperatura vsesanega zraka, temperatura motorja in vrtilna frekvenca motorja. Nihanja zračnega tlaka, na primer pri vožnji na višjih nadmorskih višinah, se uravnavajo, saj merilnik nadmorske višine v krmilni enoti motorja nenehno preverja tlak okolice in ga upošteva pri izračunu potrebnega tlaka polnitve.

Način delovanja:

- 1) Zaznavalo tlaka izmeri tlak polnitve, krmilna naprava za tlačno polnitev pa krmili izravnalni ventil. S pomočjo istega signala se krmili tudi odprtost obvodnega ventila pred turbino.
- 2) Tlak polnitve je premajhen. Izravnalni ventil odpre povezavo med tlačno in sesalno cevjo. Na krmilni ventil za tlačno polnitev deluje nizek tlak polnitve. Zato ostane obvodni ventil pred turbino zaprt. Turbino poganja celotna količina izpušnih plinov.

- 3) Tlak polnitve je previsok. Zaznavalo tlaka polnitve sporoči krmilni enoti za uravnavanje tlačne polnitve, da je tlak polnitve previsok. Izravnalni ventil zapre povezavo med tlačno in sesalno cevjo. Tlak polnitve v krmilnem vodu se poveča. Krmilni obvodni ventil za tlačno polnitev se odpre, s tem delno preusmeri tok izpušnih plinov mimo turbine, skozi turbino pa teče zmanjšan (energijsko slabotnejši) tok izpušnih plinov.

»Overboost« (doseganje previsokih tlakov sveže polnitve pri pospeševanju). Kadar prehitro pritisnemo na stopalko za plin (kick down), izravnalni ventil zapre krmilni ventil za tlačno polnitev. Celotni tok izpušnih plinov teče skozi turbino, kot posledica pa se tlak polnitve sunkovito poveča. Ko dosežemo zaželeno hitrost vožnje, se spet vzpostavi običajni potek krmiljenja. Prednosti elektronskega krmiljenja tlačne polnitve v primerjavi z mehansko-pnevmatskim krmiljenjem so: boljši odziv motorja, stalna moč, ki je odvisna od zračnega tlaka v okolici (uravnavanje absolutnega tlaka), spremenljivi tlak polnitve, ki se lahko povečuje do meje klenkanja (Fischer, in drugi, 2014).

2.3 VARJENJE

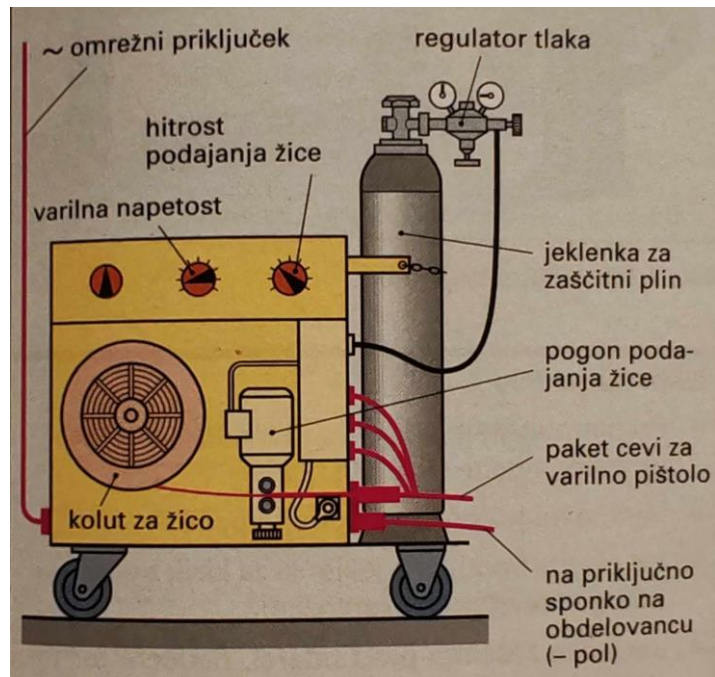
2.3.1 Varjenje v zaščitni atmosferi (MIG-MAG)

Oblok gori med taljivo žično elektrodo in obdelovancem. Žična elektroda je navita na kolut za žico in jo v varilni gorilnik dovaja motor za podajanje žice skozi upogljivo cev v paketu cevi. Za varjenje po postopku MIG se uporablja enosmerni tok, ki se dovaja na žično elektrodo v varilnem gorilniku tik pred oblokom. Pozitivni pol je najpogosteje priključen na žično elektrodo. Majhen presek elektrode omogoča veliko gostoto toka, veliko talilno moč, veliko hitrost varjenja in globok vžig (Fischer, in drugi, 2014).

2.3.2 Varjenje z žlahtnim plinom (MIG)

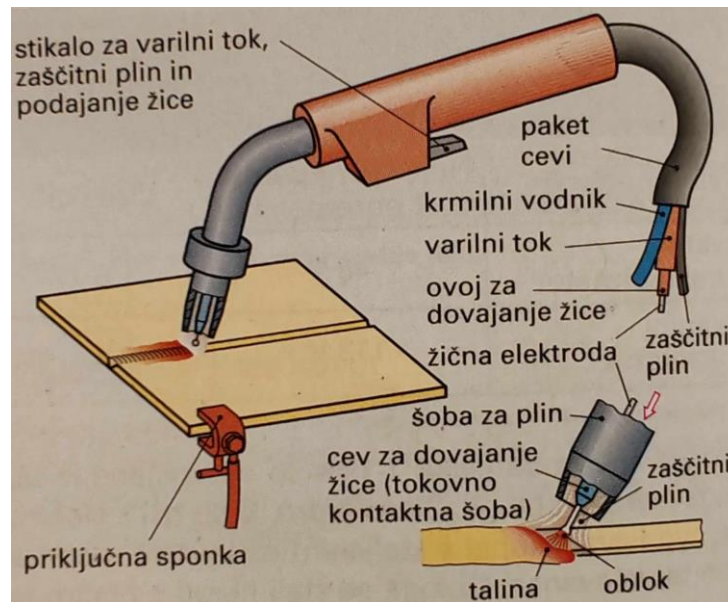
Pri tem postopku se kot zaščitni plin uporablja mešanica argona, ogljikovega dioksida in kisik ali čisti ogljikov dioksid. MAG je postopek varjenja v zaščitni atmosferi, ki je namenjen varjenju nelegiranih in legiranih jekel. Zaščitni plini vsebujejo ogljikov dioksid in dušik, aktivni sestavini, ki reagirata s talino. Žična elektroda zato vsebuje mangan in silicij, pomembna legirna elementa za dezoksidacijo taline. Obe snovi se vežeta s kisikom, ki se bodisi sprosti ob razpadu ogljikovega dioksida ali pa je prisoten kot sestavina plinske mešanice. Varjenje v zaščitni atmosferi se v delavnici za motorna vozila največkrat izvaja samo z enim premerom žične elektrode. Najpogosteje se uporablja elektroda debeline 0,8 mm, morda 1 mm (Fischer, in drugi, 2014).

Slika 8: Varilni aparat



Vir: (Fischer, in drugi, 2014)

Slika 9: Varilni gorilnik



Vir: (Fischer, in drugi, 2014)

2.4 ZAHTEVE ZA VOZILO ZA TEKMOVANJA 'ADRIA DRIFT SERIES'

Pravilnik, ki je še v veljavi in ki sem ga uporabljal, je tehnični pravilnik Adria Drift Series iz leta 2015.

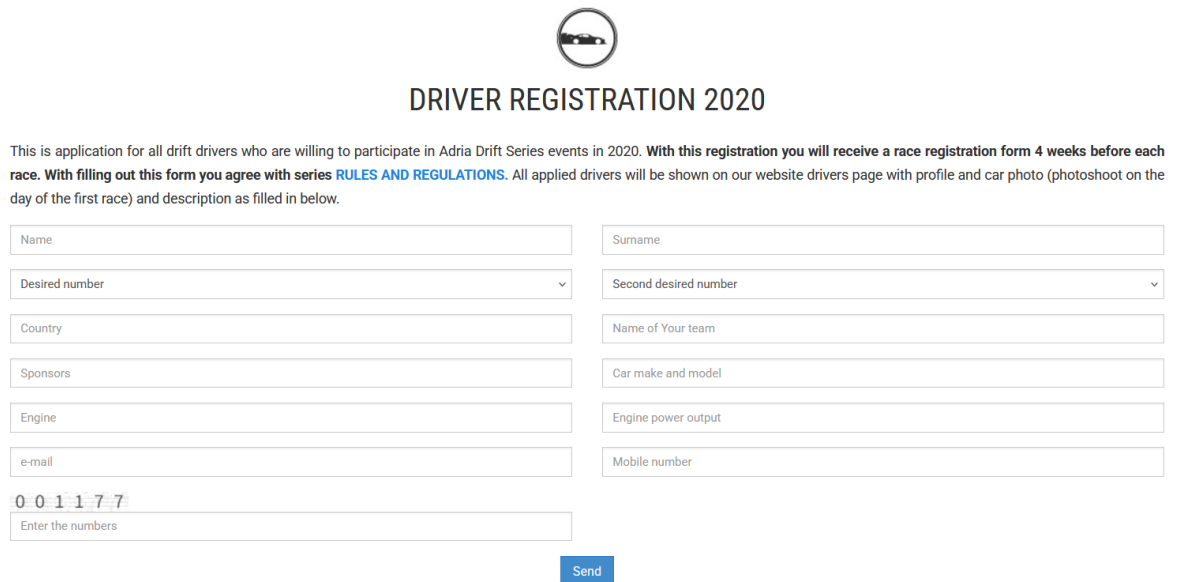
Upoštevati sem seveda moral vse sklope, še posebej pa sem moral paziti na člene varnosti. Ocenili bi namreč lahko, da bi bila za vozilo primerna posebej narejena varnostna kletka. Na varnostni vidik sem bil pazljiv tudi pri predelavi tlačno-polnilnega sistema, saj sem delal nove nosilne dele. Ostale člene je vozilo izvršilo in bil sem prepričan, da bo po predelavah vozilo izpravno za vožnjo po dirkalni stezi.

2.4.1 Pravilnik Adria Drift Series (povzetek)

Pravilnik določa tehnične zahteve in opremo vozil, voznikov ter parkirišča. Kar ni dovoljeno, je prepovedano. Dovoljena so serijska in tekmovalna vozila (tudi z izteklo FIA homologacijo). Tehnično stanje mora biti brezhibno, sicer lahko skladno z 2. členom tehnični komisar vozilo izključi. V pravilniku ni omejitev glede mase. Predelave so po 4. členu dovoljene, motor mora biti varno nameščen, kakršno koli puščanje tekočin ni dovoljeno. Ni omejitev glede izpušnega sistema, tudi katalizator ni obvezen. Največja dovoljena glasnost po 5. členu je 100 dB(A). Ni omejitev tudi glede menjalnika, sklopke in diferenciala. Predelave so dovoljene, vendar mora zavorni sistem delovati na vsa štiri kolesa, obvezna je tudi ročna zavora. 8. člen navaja, da so predelave dovoljene, ampak osnovni princip delovanja mora ostati nespremenjen. Airbag mora biti izklopljen ali odstranjen. Predelave podvozja so dovoljene, vendar ne smejo ogroziti stabilnosti vozila. Kakršne koli nepravilnosti je treba nemudoma odpraviti. Dovoljene so homologirane cestne pnevmatike z vidnim profilom. Po 10. členu so prepovedane tekmovalne, zimske ali poškodovane pnevmatike. Pravilnik v 11. členu navaja, da je obvezna ročna gasilna naprava, odstranitev neobvezne opreme pa je dovoljena. Odstranitev svetlobnih teles je dovoljena, razen zavornih luči, ki morajo delovati. Vsi deli karoserije morajo biti varno pritrjeni. Dovoljena je uporaba alternativnih materialov, brez ostrih robov. Po 14. členu so vizualne predelave dovoljene, vendar ne smejo vključevati ostrih robov ali bistveno presegati serijskih dimenzij. Dovoljeni so nadomestki za stranska in zadnja stekla, vetrobransko steklo pa mora ostati serijsko. Uporaba varnostnih sponk na pokrovu motorja in prtljažnika je priporočena. Po 17. členu mora vozilo imeti vidno označene vlečne kljuge spredaj in zadaj. Dovoljene so predelave voznikovega prostora, vendar brez ostrih robov. Obvezna je uporaba homologiranih dirkaških sedežev z ustrezno čvrsto pritrditvijo. Vozilo mora biti opremljeno z najmanj 3-točkovnimi homologiranimi varnostnimi pasovi. Varnostna kletka je priporočena, obvezna pa pri vozilih brez strehe. Akumulator mora biti čvrsto pritrjen in zaščiten pred premikanjem. Pozitivni pol mora biti tudi ustrezno zaščiten. Električna inštalacija mora biti zaščiten. Priporoča se vgradnja stikala za popoln odklop toka. Dovoljena so vsa goriva razen plina. Rezervoar mora biti dobro zaprt in varno pritrjen. Puščanje goriva ni dovoljeno. Po 26. členu je v primeru poškodb nadaljevanje vožnje dovoljeno le s soglasjem tehničnega komisarja. Izhod na progo brez določenih karoserijskih delov je dovoljen samo, če to ne predstavlja varnostnega tveganja. Vozilo mora imeti nameščeno tekmovalno številko in ime voznika. Nalepke sponzorjev se lahko zavrnejo proti plačilu. Obvezna je uporaba homologirane zaščitne čelade in FIA homologiranega (lahko pretečenega) negorljivega kombinezona, rokavic in obutve.

Priporoča se tudi uporaba negorljivega spodnjega perila. Pod vozilom v boksu mora biti ponjava. Neupoštevanje tega določila v 28. členu pomeni izključitev s tekmovanja. Voznik je sam odgovoren za morebitno škodo, nastalo zaradi kršitev tega pravilnika (Adria-drift series, 2015).

Slika 10: Registracija na dirko



The image shows a web form titled "DRIVER REGISTRATION 2020" for the Adria Drift Series. At the top, there is a circular logo featuring a car. Below the title, a paragraph explains that the form is for drift drivers participating in 2020 events, and that registration includes a race registration form 4 weeks before each race. It also states that users agree to the series rules and regulations. The form itself consists of several input fields arranged in two columns. The left column includes fields for Name, Desired number (a dropdown menu), Country, Sponsors, Engine, e-mail, and a CAPTCHA field with the numbers "0 0 1 1 7 7" and the instruction "Enter the numbers". The right column includes fields for Surname, Second desired number (a dropdown menu), Name of Your team, Car make and model, Engine power output, and Mobile number. A blue "Send" button is located at the bottom center of the form.

Vir: (Adria-drift series, 2015)

3 PREDELAVA OSEBNEGA VOZILA

3.1 PREDELAVA POGONSKEGA AGREGATA B14XFL

Pred začetkom dela sem na spletnih straneh (Chipan, 2022; Muchboost, 2025) preveril postopke predelave motorja oziroma vozila. Pogovoril sem se z mehaniki, znanci in tudi drugimi lastniki istega vozila, ki so prav tako imeli predelave, o njihovih izkušnjah s temi motorji, njihovih šibkosti in prednostih pri predelavah, da pazim nanje oziroma jih odpravim. Iz pridobljenih informacij sem ugotovil, da praviloma do točke, do katere bom sam predelal vozilo, ni večjih šibkosti razen pričakovane večje obrabe komponent, zato sem se v predelavo podal samozavestno. Na vozilu ni bilo treba nadgrajevati niti zavornega sistema, saj so bili na tem avtomobilu sprednji zavorni diski kar s premerom 300 mm in zadnji 288 mm. To je spredaj in zadaj 24 mm več kot v originalnem avtomobilu in je primerljivo z zavorami na modelih Astra z 1,6-litrskim turbo motorjem, ki ima 147 kW ali 200 hp.

3.1.1 Predelava tlačno-polnilnega sistema

V mojem primeru agregata se ukvarjam specifično s tlačnim polnilnikom brez mehanskega pogona, saj gre za pogon na izpušne pline z elektronskim uravnavanjem tlačne polnitve z loputo v obtočnem vodu.

Avtomobil sem postavil v delavnico na avtodvigalo in ga dvignil toliko, da so se dvignila kolesa in je bilo vzmetenje sproščeno. Naredil sem vizualni pregled, kako odstraniti sprednjo masko avtomobila in komponente, ki so sestavljale tlačno polnjen del motorja (torej od tlačnega polnilnika, od zdaj naprej 'turbo', do lopute za plin na motorju). Ob razstavljanju sem pazil na ločevanje in zarisovanje/označevanje vijakov in komponent, kot so plastični nosilci, stiropor, ki služi kot zaščita proti vetru od spredaj, in plastični usmerjevalniki zraka. Razstavil sem vse karoserijske dele, da sem imel dostop do celotnega tlačno-polnilnega sistema, nato pa sem ga začel previdno odstranjevati in si beležiti/označevati, kje so bile originalne poti cevi in nosilni deli hladilnika polnilnega zraka (od zdaj naprej 'intercooler') in cevi.

Po odstranitvi vseh delov sem začel meriti in zarisovati ter delati sheme na papirju, kako naj bi potekal nov sistem tlačnega polnjenja motorja. Po izmerah potrebnih dolžin cevi in kotov silikonskih cevi sem jih naročil na spletni strani FMIC.EU z objemkami in večjim intercoolerjem. Izbral sem pravilne velikosti oziroma več različnih, kot je bilo treba, da se lahko kasneje prilagajam, če inštalacija ne bi šla pravilno po shemi in bi moral spremeniti potek tlačno-polnilnega sistema. Ob pridobitvi materiala nekaj tednov kasneje sem si najprej ves material razporedil na tla in ga približno sestavil, kot je bil zarisana shema, kasneje sem ga začel sestavljati od tlačnega polnilnika dalje.

inštalaciji, da so vse cevi trdno pritrjene in se ne naslanjajo in drgnejo ob druge dele, sem bil pripravljen zagnati motor. Po poskusnem zagonu motorja je imel sicer malo težavo, ampak je po ponovnem poskusu lepo obratoval. Motor smo pustili, da se segreje, da ne bi ob prisotni vročini začel uhajati zrak ob stiku aluminijevskih cevi s silikonskimi. Posebnih opažanj ni bilo in vozilo smo prestavili v drugo delavnico na dinamometer, kjer smo ga osnovno sprogramirali, da smo lahko kasneje 'mape' popravili neposredno na cesti, kjer je najbolj realistično okolje za motor.

Premer novih cevi se od turbopuhala do sesalne lopute postopno manjša, kljub temu pa je premer ostal večji, kot so bile originalne cevi. Najmanjši notranji premer novih cevi je 7 mm večji, kot je bil največji notranji premer originalnih cevi. Največji notranji premer pa je kar 13 mm večji, že z večanjem premera tlačnih cevi lahko dosegamo minimalno boljše hlajenje tlačnega zraka in boljše odvajanje toplote, ki jo ustvarijo druge komponente motorja in motor sam v prostoru za motor.

Nov intercooler ima dimenzije 550 mm x 230 mm x 65 mm in je cel iz aluminija, originalen pa 600 mm x 110 mm x 95 mm in ima plastične obrobnice. Po tem lahko sklepamo, da sta se površina in volumen drastično povečala, s čimer bom dosegel veliko boljše temperature I.A.T. – intake air temperature oziroma temperaturo vsesanega zraka. Razlika med novim in originalnim intercoolerjem je okoli 2,000,000–3,000,000 mm³ oziroma 2–3 l po volumnu, ki sem ga izračunal po pridobljenih dimenzijah. Po pridobljenih številkah lahko sklepamo, da se bo tlačni zrak za okoli več kot tretjino boljše razporedil oziroma hladil, saj se je povečala hladilna površina.

Zaradi večanja volumna sistema, od cevi do intercoolerja, lahko sklepamo, da bo tlačni sistem dosegal svojo maksimalno napolnjenost kasneje oziroma v višjih obratih motorja kot originalni sistem. S tem smo nehote povečali učinek 'turbo luknje', ki ga bomo s programiranjem čim bolj zmanjšali oziroma znižali v manjše obrate motorja.

Slika 12: Silikonske in aluminijaste cevi, adapterji in objemke



Slika 13: Primerjava izmenjevalnikov temperature



Slika 14: Originalni tlačni sistem



Slika 15: Zunanji premer originalnega intercoolerja



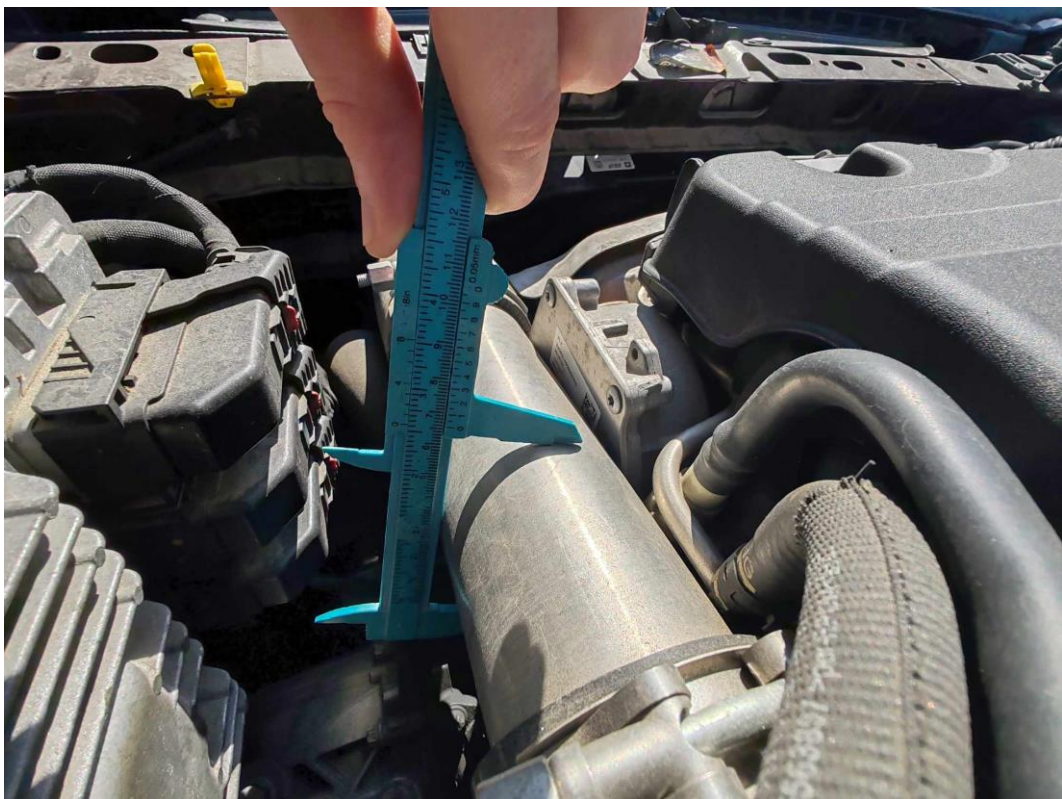
Slika 16: Originalna prirobnica senzorja



Slika 17: Notranji premer originalnega intercoolerja



Slika 18: Zunanji premer nove cevi



Slika 19: Nova prirobnica za senzor



Slika 20: Preizkušanje temperaturnih razlik I.A.T. (intake air temp.)



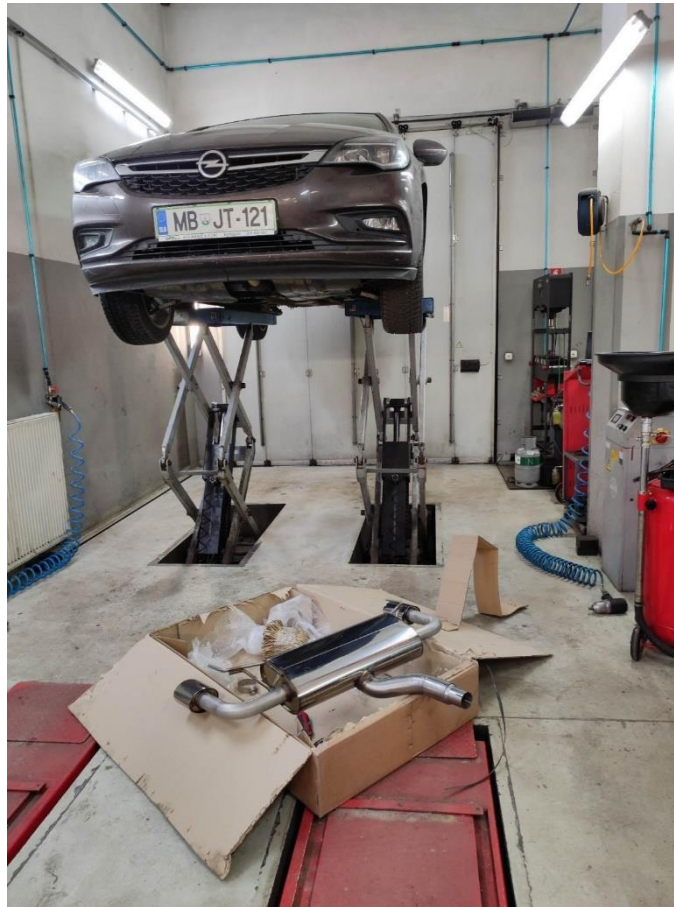
Tabela 5: Časovna analiza predelave tlačno-polnilnega sistema

Vrsta opravila	Porabljen čas	Potrebna oprema za izvedbo opravila
Odstranitev karoserijskih delov, zarisovanje in pisanje ter označevanje	600 min	Kombinirani ključ 10 mm–13 mm, nasadni ključi $\frac{1}{4}$ 8 mm, 10 mm in 13 mm in $\frac{1}{4}$ raglja, udarno kladivo $\frac{1}{2}$, nasadni ključ $\frac{1}{2}$ 13 mm, raglja $\frac{1}{2}$, pomično merilo, zvezek, svinčnik, zaščitna oblačila in oprema
Montaža novega tlačnega sistema	240 min	Ključi 10 mm, 12 mm in 14 mm, nasadni ključi $\frac{1}{4}$ 10 mm, 12 mm in 14 mm, $\frac{1}{4}$ raglja, nasadni ključi $\frac{1}{2}$ 10 mm, 12 mm, 13 mm in 14 mm, raglja $\frac{1}{2}$, pomično merilo, zvezek, zaščitna oblačila in oprema
Montaža karoserijskih delov	180 min	Kombinirani ključ 10 mm–13 mm, nasadni ključi $\frac{1}{4}$ 8 mm, 10 mm in 13 mm, $\frac{1}{4}$ raglja, udarno kladivo $\frac{1}{2}$, nasadni ključ $\frac{1}{2}$ 13 mm, raglja $\frac{1}{2}$, zaščitna oblačila in oprema
Skupaj:	1020 min	

3.1.2 Predelava izpušnega sistema – lonec/glušnik

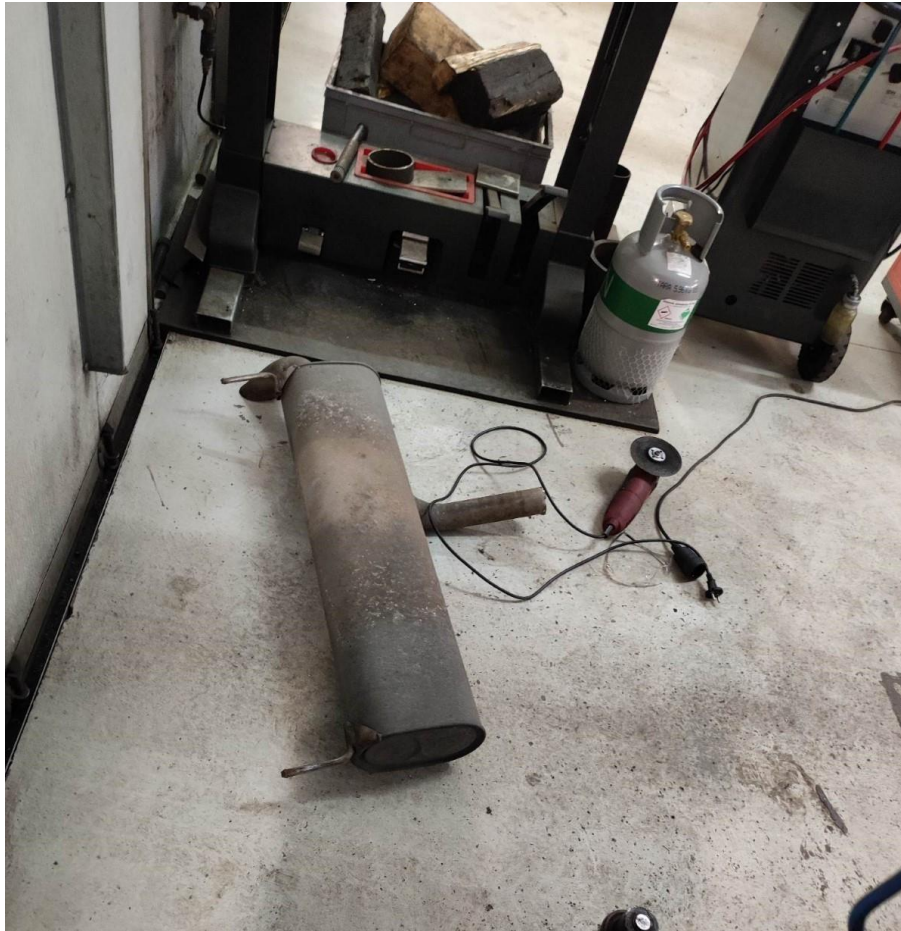
Avtomobil sem postavil v delavnico, iz njega vzel zadnji glušnik ter ga dvignil z avtodvigalom. Ob pregledu avtomobilskega podvozja in tovarniškega izpušnega sistema nisem našel napak ali nepravilnosti. Po pregledu avtomobila sem pogledal tudi novi športni glušnik in ga primerjal s starim, torej da ima približno enake ovinke do srednjega predela lonca, enake nosilce in se prilega zadnjemu odbijaču in drugim predelom karoserije (Slika 20, 21 in 22).

Slika 21: Vizualno pregledovanje avtomobila in novega glušnika



Po oceni, da je novi glušnik zelo podoben staremu in bi bil primeren za vgradnjo na vozilo, sem začel delati meritve za pripravo rezanja starega glušnika. Pomagal sem si z dvižno napravo, ki je držala novi glušnik ob starega, ter si s pomičnim merilom zarisal, kje moram vrezati stari glušnik. Pripravil sem kotni brusilnik, ki je imel primeren Fi plošče za rezanje cevi. Nadel sem si zaščitne rokavice, očala in vstavke za ušesa proti hrupu ter okolico zavaroval proti iskram. Po uspešnem rezanju cevi sem stari glušnik snel z nosilcev pri zadnjem odbijaču ter ga pravilno ločil v odpadke. Vrezano cev sem pobrusil z BIAX-om oz. pnevmatsko brusilko, da ni imela ostrih robov. S tem je bila cev pripravljena na vgradnjo "reducirke", ki je prišla z novim glušnikom.

Slika 22: Rezanje lonca



Na sredinsko cev izpušnega sistema sem nanese pasto za izpušne cevi, ki bo zraven objemke dodatno zavarovala "reducirko" na cev in s tem preprečila uhajanje izpušnih plinov mimo špranj. Ob istem času sem zategnil objemko in pregledal, da se je "reducirka" pravilno "usedla" na cev ter da se cev ni zvila od stiskanja. Ker avtomobil ni bil opremljen za glušnik z dvema izpušnima nastavkoma, sem moral z BIAX-om še zbrusiti podaljšek odbijača. Najprej sem si skredo zarisal namišljeno linijo, kjer naj bi prišel izpušni nastavek, seveda sem pri tem pazil na dimenzije nastavka. Po brušenju podaljška odbijača sem večkrat sproti poskušal vgraditi novi glušnik. Hkrati sem sproti zarisoval nove linije za brušenje in brusil, dokler novi glušnik ni lepo sedel ob podaljšku odbijača in se ni ničesar dotikal tudi ob tresenju oz. možnem premikanju izpušne cevi. Po pravilnem dimenzioniranju podaljška odbijača sem na "reducirko" nanese pasto za izpušne cevi ter vgradil glušnik v "reducirko" in v nosilce glušnika. Po dodatnem pregledu, da se nič ne zvija ali ne "leži", kot bi moralo (npr. da bi celo sredinsko cev od gibljivke zvijalo in s tem dajalo stres na gibljivko), sem zategnil še drugo objemko. Po vgradnji sem odprl vrata delavnice in avtomobil spustil na višino, kjer sem lahko vstopil vanj in ga zagnal. Avtomobil sem kasneje dvignil nazaj na delovno višino ter preveril morebitno uhajanje izpušnih plinov na območju, kjer sem delal. Po preverjanju sem ugotovil, da je bil sistem vgrajen pravilno in kakovostno, delo sem fotografiral za dokazilo ob vpisu homologacije. Avtomobil sem spustil na tla in ven iz delavnice na parkirišče, v delavnici sem počistil in pospravil orodje ter pravilno ločil odpadke.

Slika 23: Zarisovanje linije za rezanje podaljška odbijača



Slika 24: Končni izdelek, fotografiran od zadaj s strani



Slika 25: Končni izdelek, fotografiran od spodaj



Tabela 6: Časovna analiza predelave izpušnega sistema – lonec/glušnik

Vrsta opravila	Porabljen čas	Potrebna oprema za izvedbo opravila
Odstranitev originalnega izpušnega lonca	60 min	Dvižna naprava, pomično merilo, kombinirani ključ 10 mm–13 mm, kotna brusilka, BIAx, zaščitna oblačila in oprema
Montaža novega izpušnega lonca	120 min	Dvižna naprava, kombinirani ključ 10 mm–13 mm, kreda, BIAx, zaščitna oblačila in oprema
Skupaj:	180 min	

3.1.3 Predelava izpušnega sistema – predhodni glušnik

Zaradi želje po še bolj pretočnem izpušnem sistemu (in s tem tudi glasnejšim) sem se odločil za odstranitev predhodnega glušnika in ga nadomestiti z ravno nerjavečo cevjo znamke FOX racing. Cev ima isti premer, kot jo ima cev iz turbine (70 mm), torej ni več zmanjšan premer in ne bi smelo biti restrikcij od katalizatorja dalje. Avtomobil sem postavil na avtodvigalo in

odstranil 3 x 13 mm matice in vijake. Zadaj pri glušniku sem odstranil reducir in vanj vstavil novo sredinsko cev ter jo privijačil in obesil na nosilce izpuha. Ker ovinki niso bili pravilni oziroma je bila cev malomarno narejena, sem zadnji del cevi odrezal ter varil in zviljal svoje cevi, ki so bile kasneje pravilno speljane ob strukturi karoserije in podvozja. Zavore sem kasneje zavaroval s temperaturno odporno črno barvo.

Slika 26: Originalni sredinski glušnik



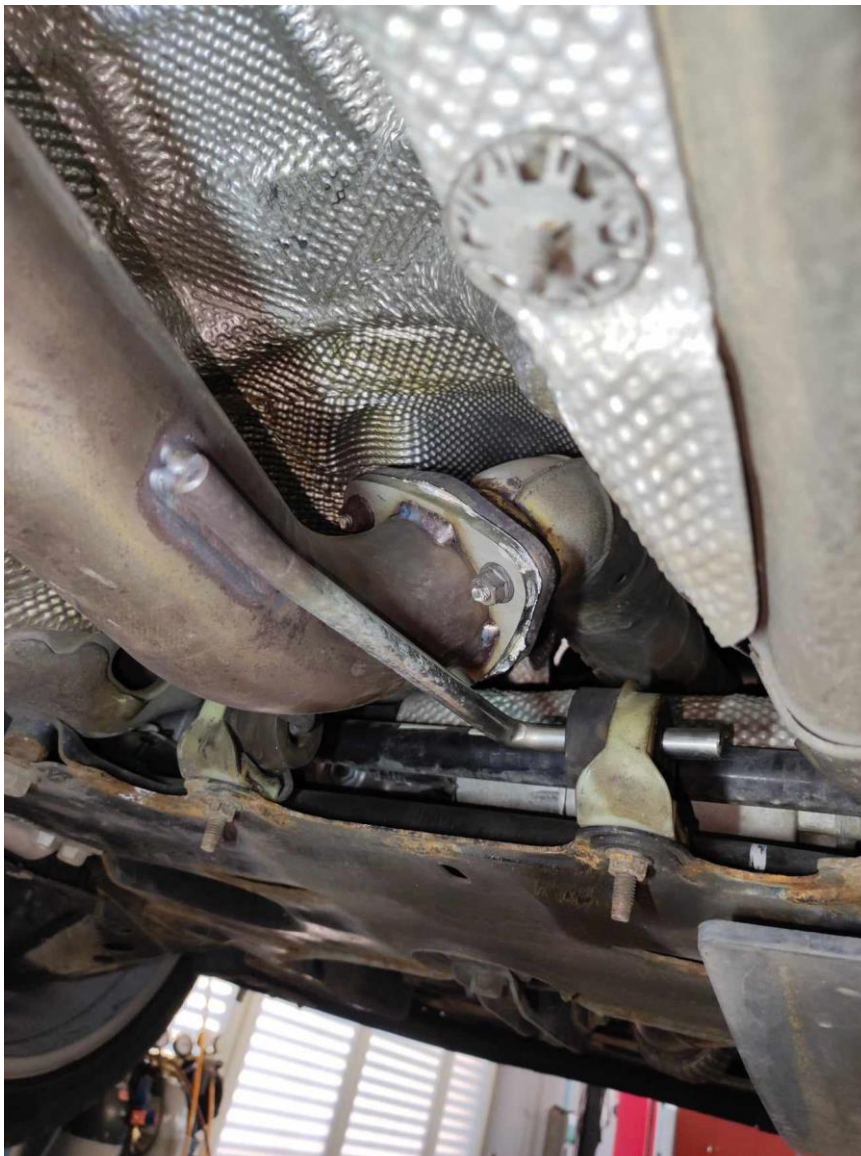
Slika 27: Premer originalnega sredinskega glušnika



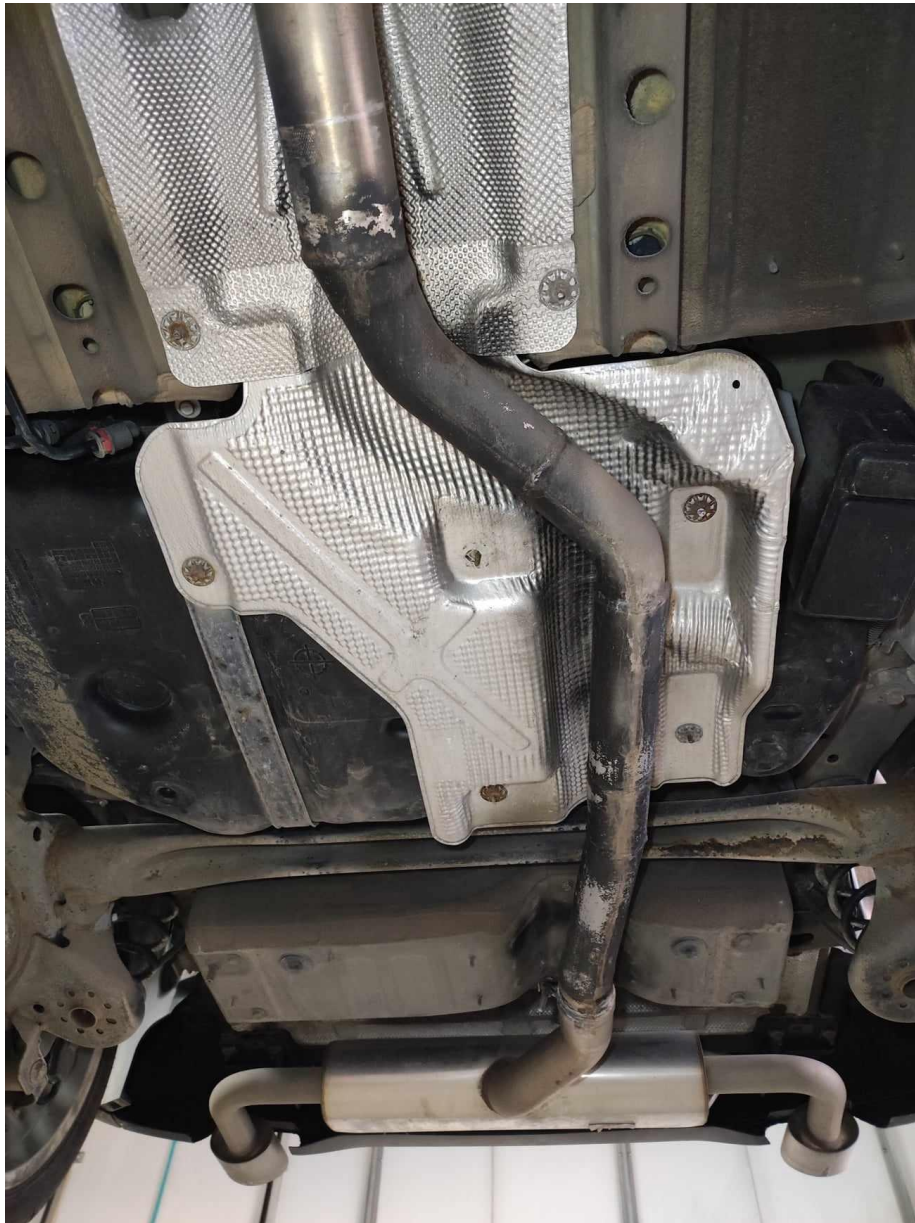
Slika 28: Nova sredinska cev (brez glušnika)



Slika 29: Priklop srednje cevi na katalizator



Slika 30: Končani popravki srednje cevi



Slika 31: Končni izdelek izpušnega sistema



Tabela 7: Časovna analiza predelave izpušnega sistema – predhodni glušnik

Vrsta opravila	Porabljen čas	Potrebna oprema za izvedbo opravila
Odstranitev originalne sredinske cevi	60 min	Kombinirani ključ 10 mm–13 mm, varnostna oblačila in oprema
Montaža nove sredinske cevi	60 min	Kombinirani ključ 10 mm–13 mm, aparat za varjenje, črna temperaturno odporna barva, varnostna oblačila in oprema
Skupaj:	120 min	

3.1.4 Programiranje motornega računalnika

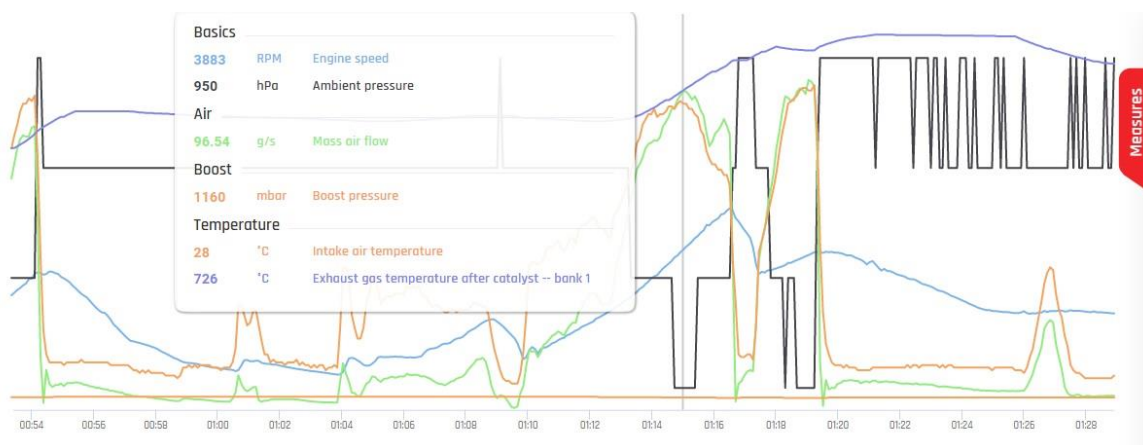
Po končani predelavi tlačnega sistema sem vozilo takoj zapeljal na dinamometer ter ga zavaroval proti premikom in vanj usmeril hladilne ventilatorje, ki simulirajo okolje ceste. Nanj sem priključil računalnik in diagnostiko, s pomočjo katerih bom lahko spremljal obnašanje motorja in ga sproti popravljaj, če zaznam, da bi se lahko stanje izboljšalo. Avtomobil sem začel 'peljati', dokler nisem dosegel četrte prestave, kjer je razmerje prenosa z motorja na kolesa nekje 1:1. V tem prestavnem območju je najlažje programirati in spremljati delovanje motorja.

Iz diagnostičnih podatkov je bilo razvidno, da se je motor začel učiti in prilagajati na nov sistem. Že v osnovi je imel 139 hp pri 4600 min^{-1} in 228 Nm navora pri 3300 min^{-1} , kar je kar 14 hp več, a 2 Nm manj kot original, kar je bilo pričakovano zaradi nadgradnje tlačnega sistema in izpuha. S spreminjanjem 'map' kota vžiga svečk, kota vbrizga goriva, vbrizgane količine goriva, količine svežega zraka (tudi tlačnega) smo dosegli boljše AFR (air fuel ratio) oziroma stehiometrično razmerje. Pomembno je omeniti, da se v avtomobil toči samo še 100-oktanski bencin za najboljše preventivno ukrepanje, da ne pride do detonacij ali klenkanja pri visokih doseženih tlakih in največji moči.

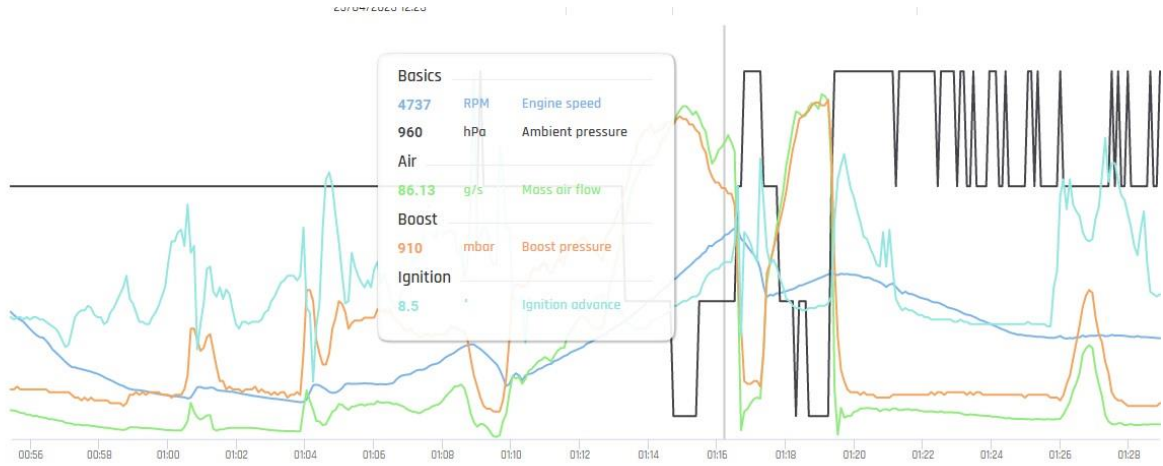
Po končanem programiranju na dinamometru je motor dosegal približno 175 hp/ 5100 min^{-1} in 263 Nm/ 3900 min^{-1} , s tem smo dosegli, da ima motor 50 hp več moči in 33 Nm več navora kot original. Po končanem programiranju na dinamometru sem se s serviserjem iz podjetja Chipan odpravil na cesto, kjer sem nadaljeval s programiranjem na še bolj realistično okolje, ki ga bo vozilo doživelo na progi.

Meritve na dinamometru so bile v primerjavi z originalom veliko bolj enakomerne, kar pomeni lepše obratovanje motorja. Navor in moč smo nasploh povečali v vseh obratih v primerjavi s stanjem pred programiranjem. Sicer je 'turbo luknja' kar opazna v vožnji in tudi na meritvah do nekje 3100 min^{-1} . Kasneje smo jo še bolj znižali z nadgradnjo obtočnega ventila za zrak (DV – diverter valve) na tlačnem polnilniku, ki je pomagal z znižanjem takojšnje sprostitve tlačnega zraka iz sistema med prestavljanjem prestav menjalnika. Originalni obtočni ventil je bil izdelan iz krhke plastike in tudi večkrat nezanesljiv, zato sem ga nadomestil z aluminijasto verzijo znamke GFB z njihovo DV+ serijo obtočnih ventilov zraka. Inštalacija je bila zelo enostavna in učinkovita.

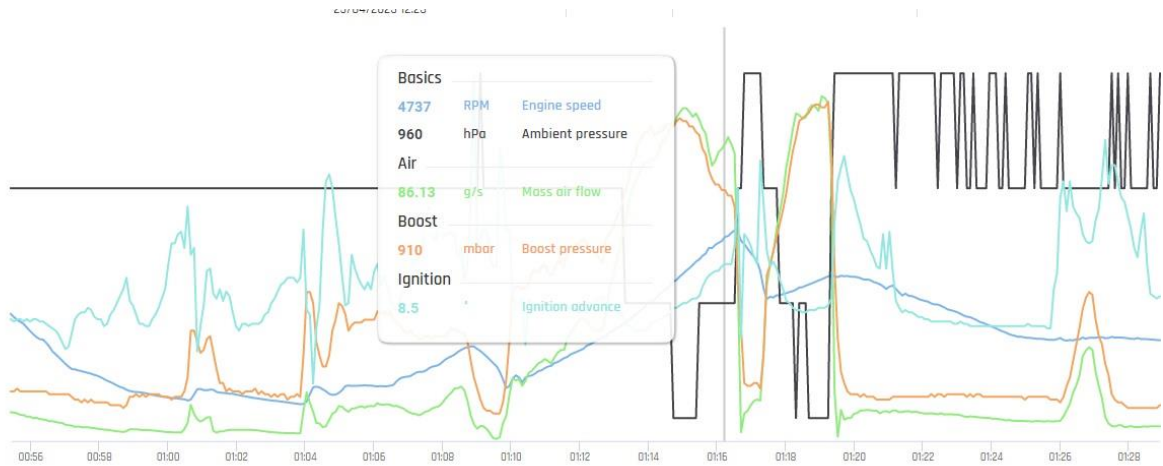
Slika 32: Mapa originalnega programa



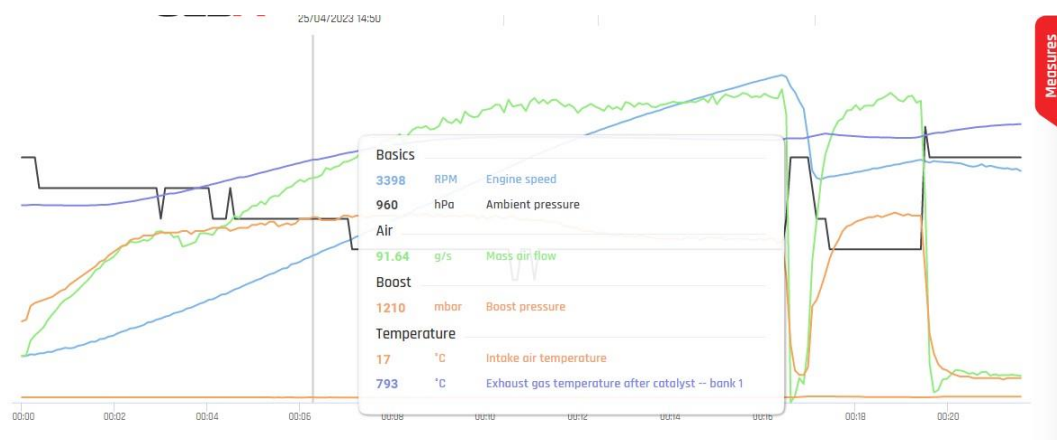
Slika 33: Mapa pred nastavljanjem MAF in vžiga



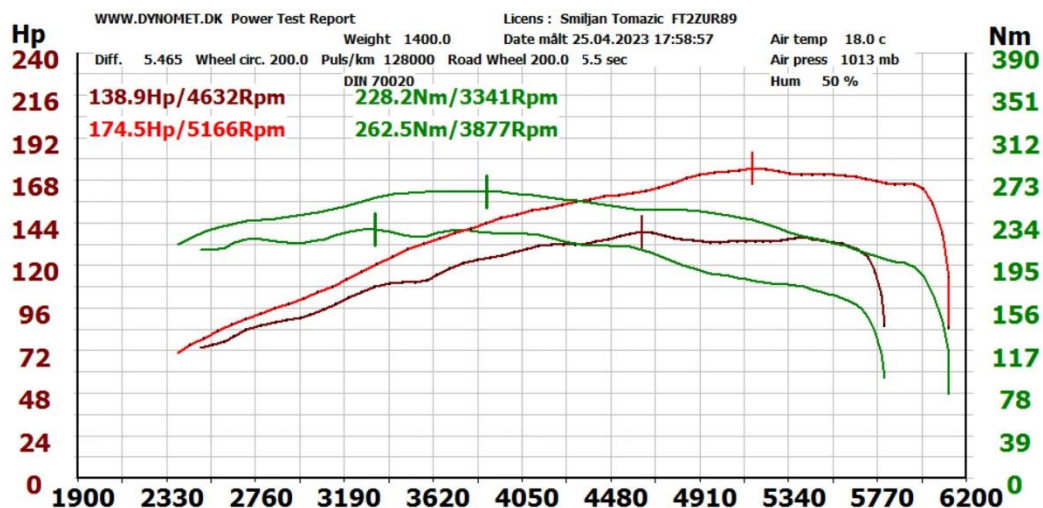
Slika 34: Mapa po nastavljanju MAF in vžiga



Slika 35: Mapa predelanega programa



Slika 36: Končni izid dinamometra



Slika 37: Časovna analiza programiranja motornega računalnika

Vrsta opravila	Porabljen čas	Potrebna oprema za izvedbo opravila
Postavitev in zavarovanje vozila na dinamometer	60 min	Dinamometer, pasovi za privezovanje tovora, zaščitna oblačila in oprema
Izvajanje meritev in 'mapiranje' na dinamometru	120 min	Dinamometer, računalnik in diagnostični priklop, zaščitna oblačila in oprema
Popravljanje mape na cesti	60 min	Računalnik in diagnostični priklop, zaščitna oblačila in oprema
Skupaj:	240 min	

3.2 PRILAGODITEV VOZILA OPEL ASTRA K 1.4 T (B16)

Na vozilu nisem našel nepravilnosti v skladu z zahtevami v pravilniku za tekmovanje, zato mi vozila ni bilo treba posebej prilagajati. Na strokovnem pregledu pa bom moral dokazati, da so bile predelave strokovno vgrajene, sicer ne bom spušen na progo ali pa bom v primeru okvare s proge odstranjen.

Vozilo je iz trgovine z avtomobili prišlo že v skladu s pravilnikom, zato ni bilo treba zaradi nadgrajevanja vozila opraviti nobenih drugih predelav, kot npr. zavorni sistem, ali posebej homologirati posameznih nadgradenj. Na tehničnih pregledih vozila ni bilo najdene obrabe podvožja vozila, zaradi katere vozilo ne bi bilo spuščeno v promet. Pred tekmo bo za dodatno varnost tehnični komisar opravil še poseben pregled.

3.3 POSTOPEK ODOBRITEVE VOZILA ZA TEKMOVANJA 'ADRIA DRIFT SERIES'

Postopek odobritve bom izpeljal na enem od tehničnih pregledov na tekmovanju, kjer bom dobil profesionalne povratne informacije glede predelav, če bi jih bilo treba še izboljšati.

Udeleženci se na tekmovanje Adria Drift Series prijavijo na spletni strani www.adriadriftseries.com z registracijo in izpolnitvijo spletnega obrazca. Rok za prijavo na posamezno dirko v seriji je sedem dni pred dirko v aplikaciji na spletni strani www.adriadriftseries.com. Število prijav je omejeno na 40 tekmovalcev na vsako dirko. Na dan dirke se morajo vsi prijavljeni tekmovalci organizatorju izkazati z veljavnim vozniškim dovoljenjem B kategorije in potrdilom o plačilu prijavnine. Tekmovalci bodo nato napoteni na verifikacijski oziroma tehnični pregled vozila.

Prijavnina se plača na tekoči transakcijski račun organizatorja. Prijavnina za dirke v Sloveniji vključuje tudi dve vstopnici za spremljevalno ekipo tekmovalca. Štartno številko izbere vsak tekmovalec sam izmed številke med 2 do 99, vodstvo Adria Drift Series pa mora to številko odobriti. Izbrano številko ima tekmovalec ves čas tekmovanja v seriji Adria Drift, ne le v posamični sezoni.

Tehnični pregled in verifikacija vozil se opravi na dan dirke pred začetkom treningov. Tehničnega pregleda in verifikacije se morajo udeležiti tekmovalci osebno in z vozilom, s katerim bodo tekmovali.

Pred začetkom posameznega tekmovanja mora organizator v časovnici predvideti sestanek s tekmovalci, na katerem je udeležba obvezna. Sestanek vodi direktor dirke. Na vsaki dirki morata biti zagotovljena dva trening termina, tekmovalcu pa mora biti zagotovljena vsaj ena vožnja na vsakem izmed obeh terminov.

Vsak tekmovalec mora nastopiti na kvalifikacijah. Vsak tekmovalec odpelje vsaj dve vožnji, ki ju sodniki ocenijo (Adria-drift series, 2015).

3.4 STROŠKOVNA ANALIZA

Stroške predelav sem ločil na stroške materiala, dela in storitev.

Tabela 8 prikazuje stroške materiala, in sicer temeljijo na cenah dobaviteljev Fox Exhaust Systems (Fox exhaust systems), GFB (GFB, 2022), Chipan (Chipan, 2022) in Mstyling (Mstyling, 2022). Stroški za potrošni material (žica za varjenje, temperaturno odporna barva itd.) temeljijo na grobi oceni.

Tabela 8: Materialni stroški

Vrsta blaga	Dobavitelj	Znamka	Št. artikla	Količina	Strošek
zadnji glušnik	Mstyling	Bastuck	OLAK- TOVAL 2461	1	690 €
sredinska cev brez glušnika	Fox Exhaust Systems	Fox	145527	1	300 €
obtočni ventil za tlačni sistem	GFB	GFB	T9363	1	152 €
Silikonska cev 90° 63 mm črna	Chipan	Fmic	009063-B	7	7 x 20,58 € 144,06 €
Silikonska cev 90° 57 mm črna	Chipan	Fmic	009057-B	1	18,1 €
Silikonska cev 90° 48 mm črna	Chipan	Fmic	00904800-B	1	13,98 €
Aluminijski adapter cevi 57 mm/63 mm z zavitimi robi	Chipan	Fmic	ALRED57/63- ZG	1	9,67 €
Aluminijski adapter cevi 51 mm/63 mm z zavitimi robi	Chipan	Fmic	ALRED51/63- ZG	1	9,67 €
Aluminijska cev 63 mm 60 cm	Chipan	Fmic	AL006063	1	18,59 €
Nerjaveče jeklo cev 63 mm 60 cm	Chipan	Fmic	KWR6063	1	14,98 €
T-objemka 70– 78 mm	Chipan	Fmic	OBCTL7078	16	16 x 1,68 € 26,88 €
T-objemka 64– 72 mm	Chipan	Fmic	OBCTL6472	2	2 x 1,66 € 3,32 €
T-objemka 58– 65 mm	Chipan	Fmic	OBCTL5865	1	1,65 €
To-objemka 51– 57 mm	Chipan	Fmic	OBCTL5157	1	1,61 €
Prirobnica za MAP senzor	Chipan	Fmic	FL- VAGMAP- KW	1	14,38 €
JR-spec aluminijska cev 180° 63 mm 30 cm	Chipan	Fmic	AL18030063- JR	1	18,59 €
Izmenjevalnik temperature za tlačni sistem	Chipan	Fmic	IC55023065	1	136,14 €

Vrsta blaga	Dobavitelj	Znamka	Št. artikla	Količina	Strošek
550 x 230 x 65 mm Fmic.eu					
Potrošni material (žica za varjenje, temperaturno odporna barva itd.)	-	-	-	-	100 €
SKUPAJ:					1.836,52 €

Vir: (Fmic, 2023) (Fox exhaust systems) (GFB, 2022) (Chipan, 2022) (Mstyling, 2022)

Tabela 9 prikazuje stroške storitev, ki temeljijo na cenah izvajalca Chipan (Chipan, 2022).

Tabela 9: Stroški storitev

Podjetje	Storitev	Strošek
Chipan	'čipiranje'	250 €

Tabela 10 prikazuje stroške dela zaradi opravljenega dela v lastni režiji. Ocena teh stroškov temelji na urni postavki 30 €/h.

Tabela 10: Stroški delovnih ur v lastni režiji

Opravilo	Porabljen čas	Strošek (30 €/1 h)
Iskanje primernih in kvalitetnih delov na spletu (vseh)	5 h	150 €
Servisna storitev zadnji glušnik	3 h	90 €
Servisna storitev sredinska cev	2 h	60 €
Servisna storitev obtočni ventil in polnilni sistem	16 h	480 €
SKUPAJ:	26 h	780 €

Tabela 11 povzema vse stroške obnove in predelave vozila.

Tabela 11: Stroški obnove in predelave vozila

Vrsta stroška	Strošek
Porabljen material	1.836,52 €
Storitve	250 €
Dela v lastni režiji	780 €
SKUPAJ:	2.866,52 €

Iz prikazanega sledi, da so znašali skupni stroški obnove in predelave vozila 3.116,52 €.

4 ZAKLJUČEK

Po predelavi tlačnega sistema in izpušnega sistema ter 'čipiranju' sem bil zelo zadovoljen z dobljenimi rezultati. Avtomobil je veliko bolj dinamičen, odziven in prijeten za vožnjo. Če bi imel na voljo še več finančnih sredstev, bi v vozilo dodal še kletko, športne sedeže s 5-točkovnim pasom, podvozje bi nadgradil z boljšim vzmetenjem in ga tudi znižal. Zamenjal bi tudi vse poli-gumijaste puše s poliestrskimi. S temi predelavami bi dosegel večjo varnost in boljšo vozno dinamiko avtomobila. Po potrebi bi nadgradil tudi zavorni sistem.

5 VIRI

365 Engines. 365 Engines. *365 Engines*. [Elektronski] [Navedeno: 26. 9 2025.] <https://www.365engines.com/>.

Adria-drift series. 2015. Adria-drift series. [Elektronski] 03 2015. [Navedeno: 1. 05 2025.]

Auto-data. Auto-data. [Elektronski] [Navedeno: 1. 05 2025.] <https://www.auto-data.net/en/opel-astra-k-1.4-turbo-125hp-36351>.

Chipan. 2022. Chipan. *Chipan*. [Elektronski] 2022. <https://chipan.si/v2/>.

Fischer, Richard, in drugi. 2014. *Motorno Vozilo: 29 prenovljena izdaja*. [ured.] Miha Zorec. [prev.] Tomaž Terček, Darko Koporčič, Ferdinand Trenc Sašo Avsec. Ljubljana : Tehniška založba Slovenije, 2014.

Fmic. 2023. Fmic. *Fmic*. [Elektronski] 2023. <https://fmic.eu/?srsltid=AfmBOoqXfQtxX9kzYuXno49ZgZMiZZt7WRNgKDPcxtmLYpNdC0on47rL>.

Fox exhaust systems. Fox exhaust systems. *Fox exhaust systems*. [Elektronski] [Navedeno: 26. 9 2025.] <https://www.fox-sportauspuff.de/en/>.

GFB. 2022. GFB. *GFB go fast bits*. [Elektronski] 2022. <https://gfb.com.au/>.

GM Authority. GM Authority. [Elektronski] [Navedeno: 1. 05 2025.] <https://gmauthority.com/blog/gm/gm-engines/le2/>.

Kreatormocy. Kreatormocy. *Kreatormocy*. [Elektronski] [Navedeno: 26. 9 2025.] <https://www.kreatormocy.pl/>.

Mstyling. 2022. *Mstyling.net*. [Elektronski] 2022. [Navedeno: 26. 9 2025.] <https://mstyling.net/>.

Muchboost. 2025. *Muchboost*. [Elektronski] 2025. <https://muchboost.com/product/b14xft-hybrid-turbo-upgrade-opel-astra-k-1-4t-chevrolet-cruze-ii-le2/>.

SEA International. SEA International. *SEA International*. [Elektronski] [Navedeno: 26. 9 2025.] <http://articles.sae.org/12970/>.

Solutions, GM Powered. General motor Powered Solutions. *engine*. [Elektronski] [Navedeno: 1. 05 2025.] <https://poweredsolutions.gm.com/products/engines>.

Van Basshuysen Richard, Schafer Fred. 2004. *Internal Combustion Engine Handbook: Basics, Components, Systems, and Perspectives*. s.l. : Society of Automotive Engineers, , 2004.

Wiki automotive catalog. Wiki automotive catalog. *Wiki automotive catalog*. [Elektronski] [Navedeno: 9. 26 2025.] <https://www.clarksoff.com/p/wiki-automotive-catalog.html>.

