

TEHNIŠKI ŠOLSKI CENTER MARIBOR
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA
AVTOSERVISNI MENEDŽMENT

Martin LISJAK

REVIZIJA SEKVENČNEGA MENJALNIKA

DIPLOMSKO DELO

Višješolski strokovni študij

Maribor, 2025

TEHNIŠKI ŠOLSKI CENTER MARIBOR
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA
AVTOSERVISNI MENEDŽMENT

Martin LISJAK

REVIZIJA SEKVENČNEGA MENJALNIKA

DIPLOMSKO DELO

Višješolski strokovni študij

SEQUENTIAL TRANSMISSION REVISION

GRADUATION THESIS

Higher vocational studies

Maribor, 2025

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju za dragocene strokovne napotke ter somentorju za zaupanje in priložnost, da sem pri njem pridobil dragocene izkušnje, ki so mi služile kot podlaga za diplomsko delo.

Družini se iskreno zahvaljujem za vso podporo, pomoč in spodbudo tekom študija.

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Martin Lisjak, rojen 18.03.2002 v kraju Šempeter pri Gorici, študent Tehniškega šolskega centra Maribor, Višje strokovne šole, programa avtoservisni menedžment, izjavljam, da je diplomsko delo z naslovom *Revizija sekvenčnega menjalnika* avtorsko delo.

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

Diplomsko delo je lektorirala Nina Balažek, mag. angl. in mag. prof. slov., ključno dokumentacijsko informacijo je prevedla Nina Balažek, mag. angl. in mag. prof. slov.

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 Petra Cokana.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: _____

Član/mentor: _____

Član: _____

Član/somentor: _____

Datum diplomskega izpita: _____

POVZETEK

Diplomsko delo obravnava teoretične osnove in praktično izvedbo postopka revizije sekvenčnega menjalnika, ki se uporablja predvsem v športnih in dirkalnih vozilih. V teoretičnem delu so predstavljene osnove delovanja menjalnikov, s poudarkom na razlikah med ročnim in sekvenčnim menjalnikom, ter prednosti in slabosti sekvenčnega menjalnika.

V praktičnem delu je podrobno prikazan celoten postopek revizije sekvenčnega menjalnika na vozilu Renault Clio CUP V. Revizija je zajemala: demontažo menjalnika iz vozila, razstavitev in diagnostiko, popravilo, sestavo in ponovno montažo menjalnika v vozilo. Celoten proces revizije sem dokumentiral s pomočjo slik. Diplomsko delo vključuje tudi analizo stroškov, kjer skupni znesek revizije znaša okoli 5.100 EUR, pri čemer so upoštevani neposredni (delo, rezervni deli, specializirana orodja) in skriti stroški (nepričakovani popravki, obrat strojev in delavnice, odpadni materiali).

V zaključku je ugotovljeno, da je revizija sekvenčnega menjalnika kompleksen in finančno obremenjujoč postopek, ki zahteva specifično znanje, izkušnje in opremo, a je nujna za zagotavljanje zanesljivosti in varnosti v motošportu. Diplomsko delo tako povezuje teoretično znanje s praktičnim delom ter ponuja vpogled v področje, ki je širši javnosti pogosto manj poznano, strokovnjakom pa lahko služi kot koristen referenčni vir.

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dd
DK	629.331(043.2)
KG	Menjalnik, ročni menjalnik, sekvenčni menjalnik, revizija sekvenčnega menjalnika
AV	LISJAK, Martin
SA	COKAN, Peter (mentor)
KZ	SI-2000 Maribor, Zolajeva 12
ZA	Tehniški šolski center Maribor, Višja strokovna šola
LI	2025
IN	REVIZIJA SEKVENČNEGA MENJALNIKA
TD	Diplomsko delo (višješolski strokovni študij)
OP	X, 29 str., 2 tab., 23 sl., 10 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	<i>Diplomsko delo obravnava teoretične osnove in praktično izvedbo postopka revizije sekvenčnega menjalnika. V teoretičnem delu so predstavljene osnove delovanja menjalnikov, s poudarkom na razlikah med ročnim in sekvenčnim menjalnikom, ter prednosti in slabosti sekvenčnega menjalnika. V praktičnem delu je predstavljen celoten postopek revizije: demontaža menjalnika iz vozila, razstavitev in diagnostika, popravilo, sestava in montaža menjalnika. Diplomsko delo vključuje tudi analizo stroškov, kjer skupni znesek revizije znaša okoli 5100 EUR, pri čemer so upoštevani neposredni in skriti stroški. V zaključku je ugotovljeno, da je revizija sekvenčnega menjalnika kompleksen in finančno obremenjujoč postopek, ki zahteva specifično znanje, izkušnje in opremo, a je nujna za zagotavljanje zanesljivosti in varnosti v motošportu. Diplomsko delo povezuje teoretično znanje s praktičnim delom ter ponuja vpogled v področje, ki je širši javnosti pogosto manj poznano, strokovnjakom pa lahko služi kot koristen referenčni vir.</i>

KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Dd
- DC 629.331(043.2)
- CX Transmission, Manual transmission, Sequential gearbox, Revision of sequential transmission
- AU LISJAK, Martin
- AA COKAN, Peter (mentor)
- PP SI-2000 Maribor, Zolajeva 12
- PB Technical School Centre Maribor, Higher Vocational College
- PY 2025
- TI SEQUENTIAL GEARBOX REVISION
- DT Graduation Thesis (Higher vocational studies)
- NO X, 29 p., 2 tab., 23 fig., 10 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB *This thesis explores the theoretical foundations and practical implementation of the overhaul process of a sequential gearbox. The theoretical section outlines the principles of gearbox operation, emphasizing the differences between manual and sequential transmissions, along with their respective advantages and disadvantages. The practical section presents the complete overhaul procedure, including gearbox removal from the vehicle, disassembly and diagnostics, repair, reassembly, and installation. A cost analysis is also provided, indicating that the total cost of the overhaul amounts to approximately EUR 5,100, accounting for both direct and hidden expenses. The findings demonstrate that sequential gearbox overhaul is a complex and financially demanding procedure, requiring specialized knowledge, experience, and equipment, yet it is crucial for ensuring reliability and safety in motorsport. By combining theoretical knowledge with practical application, the thesis offers insight into a field often less familiar to the general public while serving as a useful reference for professionals.*

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	2
2 PREGLED STANJA.....	3
2.1 MENJALNIKI.....	3
2.2 ROČNI MENJALNIKI.....	5
2.2.1 Zgradba.....	5
2.2.2 Delovanje.....	6
2.3 RAZLIKE MED ROČNIM IN SEKVENČNIM MENJALNIKOM.....	8
3 REVIZIJA SEKVENČNEGA MENJALNIKA.....	14
3.1 DEMONTAŽA MENJALNIKA IZ VOZILA	15
3.2 RAZSTAVITEV IN DIAGNOSTIKA MENJALNIKA.....	15
3.3 POPRAVILO MENJALNIKA.....	19
3.4 SESTAVA IN MONTAŽA MENJALNIKA V VOZILO	22
3.5 ANALIZA STROŠKOV REVIZIJE.....	24
4 ZAKLJUČEK.....	27
4.1 SKLEPI.....	27
4.2 DISKUSIJA	27
5 VIRI.....	29

KAZALO SLIK

Slika 1: Značilni potek navora in vrtilne frekvence na izstopni gredi menjalnika	4
Slika 2: Enostavna sinhronizacijska naprava z notranjo sinhronizacijo	6
Slika 3: Nevtralna lega	7
Slika 4: Zaporna in sinhronizacijska nastavitvev	7
Slika 5: Vkllop prestave.....	8
Slika 6: Prestavna gred	9
Slika 7: Primarna (levo) in sekundarna (desno) gred ter diferencial in prestavne vilice	10
Slika 8: Zobata sklopka ali "dog ring"	11
Slika 9: Slika vstavljenih vilic v »dog ringe«.....	11
Slika 10: Vozilo Renault Clio CUP V	14
Slika 11: Vozilo na začetku dirke	14
Slika 12: Pozicija potenciometra ter senzorja vzratne prestave	16
Slika 13: Ohišje menjalnika pred čiščenjem naležne površine in menjavo ležajev	16
Slika 14: Očiščen blok sekvenčnega menjalnika z novimi ležaji.....	17
Slika 15: Slika sekundarne gredi	18
Slika 16: Slika poškodovane rampe	18
Slika 17: Slika orodja v slepi izvrtini	19
Slika 18: Slika poškodovanega "dog ringa"	20
Slika 19: Razdrta sekundarna gred	20
Slika 20: Slika satelitnih zobnikov ter veliki plani zobnik.....	21
Slika 21: Poškodovan O-ring.....	22
Slika 22: Slika menjalnika z vstavljenimi gredmi	23
Slika 23: Slika priklopov na menjalniku	24

KAZALO TABEL

Tabela 1: Primerjava med ročnim in sekvenčnim menjalnikom	12
Tabela 2: Analiza stroškov revizije.....	25

1 UVOD

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Avtomobilaska industrija se v zadnjih desetletjih sooča z nenehnim razvojem tehnologij, ki stremijo predvsem k večji zmogljivosti, varnosti in učinkovitosti vozil. Eden izmed pomembnejših sklopov, ki bistveno vpliva na vozne lastnosti in zanesljivost vozila, je menjalnik. Tradicionalni ročni menjalniki so še vedno prisotni v številnih osebnih vozilih, vendar pa so v športnem avtomobilizmu zaradi zahtev po hitrosti, natančnosti in zanesljivosti vedno pogosteje v uporabi sekvenčni (zaporedni) menjalniki. V primerjavi s klasičnimi ročnimi menjalniki omogočajo hitrejšo, natančnejšo in bolj zanesljivo prestavljanje, kar vozniku omogoča večjo osredotočenost na vožnjo ter boljši nadzor nad vozilom. V tekmovalnem okolju, kjer šteje vsaka stotinka sekunde, prav ti dejavniki odločajo o končnem uspehu.

Kljub njihovi razširjeni uporabi v motošportu pa je strokovne literature o sekvenčnih menjalnikih razmeroma malo. Specializirana podjetja, ki se ukvarjajo z njihovo proizvodnjo in razvojem, svojih znanj in podatkov praviloma ne delijo javno, kar otežuje raziskovanje in razumevanje njihove zgradbe, delovanja, obrabe in vzdrževanja. Posledično se mehaniki, študenti in uporabniki pogosto srečujejo s pomanjkanjem informacij pri razumevanju njihove zasnove, diagnostike in vzdrževanja. Prav iz tega razloga sem se odločil, da v diplomskem delu predstavim revizijo sekvenčnega menjalnika, pri čemer sem imel priložnost sodelovati v praksi pri podjetju Avtoservis Krašna, Rok Krašna s. p., ter tako pridobil dragocene praktične izkušnje.

Revizija oziroma obnova sekvenčnega menjalnika je še posebej pomembna zaradi njegove izpostavljenosti ekstremnim obremenitvam. Med dirkami menjalnik deluje pod velikimi navori, pri visokih vrtiljajih in v zelo kratkih časovnih intervalih prestavljanja. Zaradi tega so obrabe zobnikov, zobatih sklopov (»dog ringov«), ležajev in diferenciala bistveno hitrejšo kot pri običajnih ročnih menjalnikih. Redno vzdrževanje in pravočasno popravilo preprečujeta drage okvare, povečujeta zanesljivost vozila in zagotavljata varnost med vožnjo. Vsaka napaka v delovanju menjalnika lahko namreč vodi do izgube dragocenih sekund na stezi ali celo do popolne odpovedi vozila.

Še en pomemben razlog za obravnavo tega problema je stroškovni vidik. Revizija sekvenčnega menjalnika zahteva specializirana orodja, kakovostne nadomestne dele in visoko stopnjo strokovnega znanja. Stroški so lahko zelo visoki, zato je pomembno, da se lastniki in ekipe zavedajo, zakaj so posamezni postopki nujni in kaj konkretno prispevajo k zanesljivosti vozila. Analiza stroškov tako ne ponuja le vpogleda v finančni vidik revizije, temveč tudi omogoča racionalno odločanje pri nadaljnjem vzdrževanju.

1.2 NAMEN IN CILJI DIPLOMSKEGA DELA

Namen pričujočega diplomskega dela je predstaviti teoretične osnove delovanja sekvenčnega menjalnika in praktičen primer njegove revizije. Namen je dvojni: po eni strani poglobiti razumevanje tehnologije sekvenčnih menjalnikov in njihovih posebnosti, po drugi strani pa s praktičnim prikazom revizije ponuditi uporaben vir informacij za mehanike, študente in vse, ki se srečujejo s tovrstnimi sistemi.

Cilji diplomskega dela so:

- Pregledati literaturo in razumeti delovanje sekvenčnega menjalnika,
- Analizirati prednosti in slabosti sekvenčnih menjalnikov,
- Izvesti revizijo sekvenčnega menjalnika,
- Analizirati stroške revizije sekvenčnega menjalnika.

Diplomsko delo je razdeljeno na teoretični in empirični del. V teoretičnem delu so predstavljene osnove delovanja menjalnikov, s poudarkom na razlikah med ročnim in sekvenčnim menjalnikom. Obravnavane so tudi prednosti in slabosti sekvenčnega menjalnika, ki so ključne za oceno njihove uporabnosti v različnih kontekstih.

V praktičnem delu pa je podrobno prikazan celoten postopek revizije sekvenčnega menjalnika na vozilu Renault Clio CUP V, ki je bila izvedena pod nadzorom mentorja in somentorja ter vključuje demontažo menjalnika iz vozila, razstavitev in diagnostiko, popravilo, sestavo in ponovno montažo menjalnika v vozilo. Postopek je za lažjo predstavbo prikazan s pomočjo slik, zajetih med delom. Poseben poudarek je namenjen tudi analizi stroškov, ki predstavljajo enega večjih izzivov pri takšnem projektu.

Diplomsko delo tako združuje teoretična izhodišča s praktičnimi izkušnjami in ponuja vpogled v področje, ki je širši javnosti pogosto manj poznano, strokovnjakom pa lahko služi kot koristen referenčni vir.

2 PREGLED STANJA

2.1 MENJALNIKI

Menjalnik je v pogonski verigi motornega vozila postavljen med sklopko in pogonsko premo ter opravlja naslednje naloge:

- Spreminjati in prenašati navor motorja.
- Spreminjati vrtilno frekvenco motorja.
- Omogočiti delovanje motorja na spodnjem prostem teku med mirovanjem vozila.
- Omogočiti spremembo smeri vrtenja za pogon vozila pri vzvratni vožnji (Fischer, in drugi, 2022).

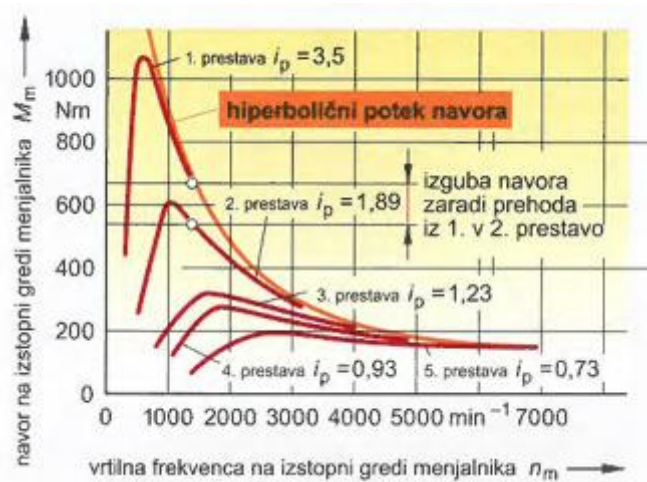
»Vsak pogonski motor lahko deluje v določenem območju vrtilnih frekvenc in tam nudi le omejene vrednosti navora« (Fischer, in drugi, 2022). Področje prožnega delovanja motorja je področje vrtilnih frekvenc motorja med najvišjim navorom in imensko močjo motorja (Fischer, in drugi, 2022).

Razpoložljive značilnosti motorjev, kot sta moč in vrtilna frekvenca, lahko izkoristimo za pogon vozila le s spremembo. To omogočajo različna prestavna razmerja v menjalniku in ustrezni prenosni mehanizmi, ki na pogonska kolesa prenašajo želeno hitrost vrtenja in primeren navor (Fischer, in drugi, 2022).

Pretvorbo navora in vrtilnih frekvenc omogočajo zobniki. Ko sta v stiku manjši in večji zobnik, se večji vrtilni počasneje, hkrati pa na izhodu zagotavlja večji navor (Fischer, in drugi, 2022). »Razmerje polmerov zobnikov r_1/r_2 , je enako razmerju števila zob z_2 na gnanem zobniku in z_1 na pogonskem zobniku ter razmerju vrtilnih frekvenc pogonskega zobnika n_1 in gnanega zobnika n_2 . To razmerje imenujemo prestavno razmerje i oziroma prestava in predstavlja stopnjo pretvarjanja (spremembe) navora in vrtilne frekvence. Pri prestavnem razmerju $i > 1$ sledi povečanje navora in znižanje vrtilne frekvence, medtem ko se pri prestavnem razmerju $i < 1$ navor zmanjša, vrtilna frekvenca pa zviša« (Fischer, in drugi, 2022).

Z izbiro različnih prestavnih razmerij zobnikov v menjalniku lahko na izstopni gredi dosežemo želene kombinacije navora in vrtilne frekvence. Na ta način dobimo značilne poteke obeh veličin na izstopni strani menjalnika, ki prikazujejo povezavo med izračunanimi vrednostmi navora pri določenih vrtilnih frekvencah in razpoložljivim navorom motorja za posamezna prestavna razmerja zobnikov v menjalniku (Fischer, in drugi, 2022).

Slika 1: Značilni potek navora in vrtilne frekvence na izstopni gredi menjalnika



Vir: (Fischer, in drugi, 2022 str. 425)

Hiperbolična oblika poteka navora (Slika 1): Za premikanje vozila je potreben pogonski navor, ki se z ustrezno vrtilno frekvenco prenese na izhodno gred menjalnika (Fischer, in drugi, 2022).

Za minimalne izgube navora pri prestavljanju med različnimi prestavami morajo biti krivulje izhodnega navora pri posameznih prestavah čim bolj skladne s hiperboličnim potekom navora na izstopni gredi menjalnika. To je značilnost optimalne izbire prestav in prestavnih razmerij menjalnika (Fischer, in drugi, 2022).

Sprememba smeri vrtenja v menjalniku se doseže z vključitvijo vmesnega zobnika, pri čemer prestavno razmerje ostaja nespremenjeno (Fischer, in drugi, 2022).

Menjalnike delimo:

- po poteku sil v menjalniku:
 - menjalnike s soosnim prenosom
 - menjalnike s premaknjeno osjo pogona in odgona
- glede na položaj vgraditve v vozilu:
 - vzdolžne menjalnike (s soosnim prenosom)
 - prečne menjalnike (osi vstopnega in izstopnega navora nista poravnani)
- glede na sestavne dele, ki vklopne pomične zobnike trdno spojijo z njihovimi gredmi:
 - menjalnik z zobniško objemko
 - menjalnik z zobatimi parklji (Fischer, in drugi, 2022).

2.2 ROČNI MENJALNIKI

Čeprav ima vedno več osebnih vozil avtomatski menjalnik, se v diplomskem delu osredotočam na primerjavo sekvenčnega menjalnika z ročnim menjalnikom oziroma menjalnikom z zobniško objemko, saj le-ta predstavlja osnovo za razumevanje sekvenčnega menjalnika.

»Prenos sil čez prostovrteče zobnike na pogonski gredi in odgonski gredi s trdno nasajenimi zobniki se izvede s pomočjo gibljive zobniške objemke oziroma sinhronizacijske naprave, ki izbrani zobnik na pogonski gredi pričvrsti in omogoči prenos navora« (Fischer, in drugi, 2022).

Vse dvojice zobnikov, namenjene pogonu vozila naprej, imajo poševno ozobljenje in so stalno v stiku. Pogon je omogočen, kadar je izbrani zobnik na glavni pogonski gredi trdno spojen z gredjo (Fischer, in drugi, 2022).

Preklapljanje: premik aksialno premične zobniške objemke trdno poveže prosto vrteči prestavni zobnik s pogonsko gredjo. Pri tem notranji zobje objemke vzpostavijo prenos navora med prestavnim zobnikom in pogonsko gredjo (Fischer, in drugi, 2022).

Pri pogonih s prečno postavljenim motorjem uporabljamo menjalnik z zobniško objemko in premaknjeno osjo pogona in odgona. Vse prestave lahko dosežemo z vklopom enega para zobnikov (Fischer, in drugi, 2022).

Naprave za sinhronizacijo vrtenja gredi menjalnikov z zobniško objemko morajo zagotoviti usklajenost vrtenja zobniške objemke in menjalnega (prosto vrtečega) zobnika ter tiho in hitro preklapljanje (Fischer, in drugi, 2022).

Sinhronizacija je postopek izravnave vrtilnih frekvenc, ki se doseže z drsenjem med stožčastimi tornimi površinami sinhronskega obroča in prestavnega zobnika (Fischer, in drugi, 2022).

Poznamo dve vrsti sinhronizacijskih naprav:

- enostavne sinhronizacijske naprave (en torni stožec) z notranjo oziroma zunanjo sinhronizacijo;
- večstranske sinhronizacijske naprave (dva oziroma trije torni stožci) (Fischer, in drugi, 2022).

2.2.1 Zgradba

Enostavne sinhronizacijske naprave z notranjo sinhronizacijo (sistem Borg-Warner) so sestavljene iz zobniške objemke, telesa sinhronizacijske naprave, treh tlačnih obročkov, dveh držalnih vzmeti, sinhronskega obroča in menjalnega zobnika (Fischer, in drugi, 2022). To je prikazano na Sliki 2.

Slika 2: Enostavna sinhronizacijska naprava z notranjo sinhronizacijo



Vir: (Fischer, in drugi, 2022 str. 428)

Zobniška objemka v notranjosti vsebuje sklopno ozobje, ki se poveže z zunanjim ozobjem telesa sinhronizacijske naprave. Telo sinhronizacijske naprave z vzmetmi vodi in pritiska tlačne nastavke, da se zobniška objemka pravilno poravna z njegovim telesom, kar omogoča zanesljiv prenos navora (Fischer, in drugi, 2022).

Telo sinhronizacijske naprave je čvrsto spojeno z gredjo prestavnega (menjalnega) zobnika (Fischer, in drugi, 2022).

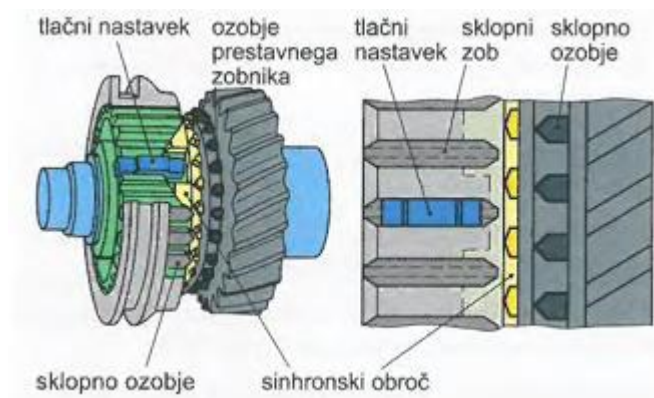
Sinhronski obroč ima v notranjosti stožčasto tornjo površino in zapiraino ozobje na zunanjem obodu. Trije izrezi zagotavljajo omejitev zasuka sinhronskega obroča glede na tlačne nastavke (Fischer, in drugi, 2022).

Prestavni zobnik »ima na zunanji površini, ki je obrnjena proti sinhronskemu obroču, stožčasto tornjo površino, za katero je nameščeno še zunanje sklopno ozobje« (Fischer, in drugi, 2022).

2.2.2 Delovanje

V nevtralni legi (Slika 3) oziroma izključenem stanju je tlačni nastavek zobniške objemke prislonjen ob telo sinhronizacijske naprave, prestavni zobnik pa ostaja prostovrteč (Fischer, in drugi, 2022).

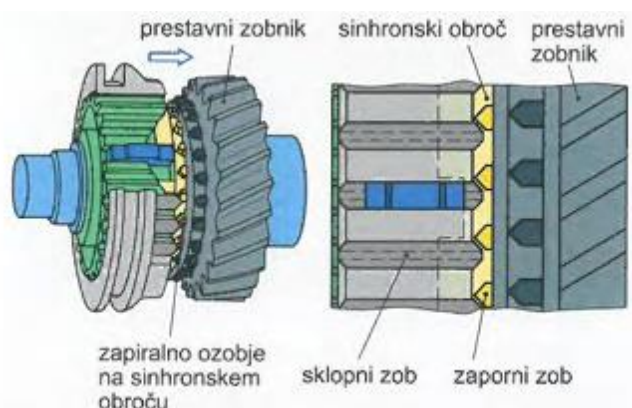
Slika 3: Nevtralna lega



Vir: (Fischer, in drugi, 2022 str. 428)

Zaporna in sinhronizacijska nastavitvev (Slika 4): »Pri vklopu prestave se zobniška objemka z vilicami za preklapljanje pomakne v smeri izbranega prestavnega zobnika. Trije tlačni nastavki so potisnjeni proti sinhronskemu obroču. Obroč se aksialno premakne h konični torni površini prestavnega zobnika. Dokler se zobniška objemka in prestavni zobnik vrtita z različnima vrtilnima frekvencama, se ustvarja navor trenja, ki obrne sinhronski obroč tako, da se tlačni nastavki od strani uležejo v utore. S pomočjo trenja med tornima površinama vrtečega se sinhronskega obroča in prestavnega zobnika se prestavni zobnik pospeši oziroma zavre in izenači vrtilni frekvenci prestavnega zobnika, zobniške objemke in gredi« (Fischer, in drugi, 2022).

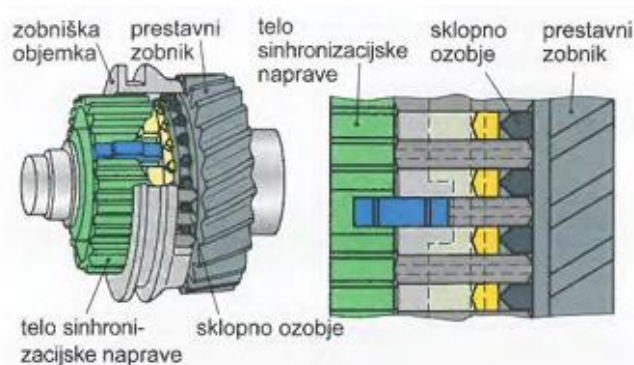
Slika 4: Zaporna in sinhronizacijska nastavitvev



Vir: (Fischer, in drugi, 2022 str. 428)

Vklop prestave (Slika 5): ko se vrtilni frekvenci zobniške objemke in prestavnega zobnika izenačita, sinhronski obroč ne prenaša več torne sile. Zaradi bočnega posnetja sklopnih zob zobniške objemke se sinhronski obroč rahlo zasuka, kar omogoči aksialni pomik sklopnih zob objemke med sklopno ozobje prestavnega zobnika. To omogoči vzpostavitev trdne povezave med pogonsko gredjo in izbranim prestavnim zobnikom (Fischer, in drugi, 2022).

Slika 5: Vklon prestave



Vir: (Fischer, in drugi, 2022 str. 429)

2.3 RAZLIKE MED ROČNIM IN SEKVENČNIM MENJALNIKOM

Sekvenčne menjalnike se uporablja predvsem v dirkalnih vozilih in motociklih. V sodobnem dirkanju preprostih ročnih menjalnikov skorajda ne uporabljajo več – ostali so le v nižjih tekmovalnih razredih. V Formuli 1 so jih opustili že pred več kot dvema desetletjema. Od takrat naprej so standard postali sekvenčni menjalniki, ki so prisotni v večini vrhunskih avtomobilskih športov, kot so reli, DTM, Formula 1, skoraj vse kategorije enosedeljnikov, WTCC, Indy in celo tovornjakarske dirke (Shanker, 2025). V osebnih vozilih navadno ni vgrajen, ga je pa mogoče dograditi za izboljšanje zmogljivosti avtomobila, predvsem pri avtomobilih višjega cenovnega razreda (Hickman, 2022).

Tehnologija za sekvenčnimi menjalniki ima svoje začetke v motošportu. Zanje je značilen zelo glasen, prasketajoč zvok, ki ga povzroča uporaba ravno rezanih zobnikov. Pri dirkalnih avtomobilih, kot so tisti v Formuli 1, pa gre za izpopolnjene različice teh menjalnikov, saj so zahteve v tekmovalnem okolju povsem drugačne kot pri običajni cestni vožnji (Bartoszewicz, 2025).

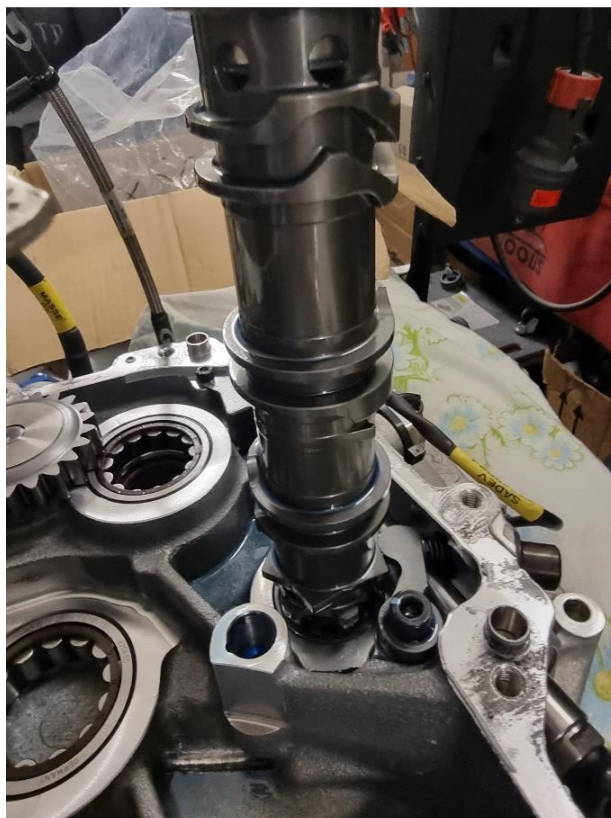
Sekvenčni menjalnik v osnovi deluje podobno kot klasični ročni menjalnik. Voznik s potiski in potegi prestavne ročice spremeni način interakcije zobnikov na vhodni gredi menjalnika z zobniki na izstopni gredi, kar omogoča prenos moči z motorja na diferencial in pogonska kolesa. Kljub temu, da so zobniki v sekvenčnem menjalniku robustnejši in trpežnejši od običajnih, se obrabljajo hitreje, zato je pri dirkalnih vozilih po nekaj tisoč kilometrih pogosto potrebna obnova. Vožnja v običajnih cestnih razmerah povzroča še večjo obrabo teh menjalnikov (AvtoTachki, 2022).

Tradicionalni ročni menjalniki uporabljajo zaporedje prestav v obliki črke »H«, pri čemer se prva prestava nahaja zgoraj levo in se običajno zaključuje z vzvratno ali šesto prestavo spodaj desno (Kaspa transmissions, 2025). V športnem avtomobilizmu, kjer šteje vsaka sekunda, pa se v bolj konkurenčnih prvenstvih vedno več uporablja sekvenčne menjalnike, kjer se namesto prestavljanja v obliki črke »H« uporablja premik ročice le naprej in nazaj skozi prestave (Kaspa transmissions, 2025). To omogoča dirkaču hitrejše in natančnejše prestavljanje med prestavami.

Prestavljanje prestav sekvenčnega menjalnika omogoča rotacija prestavne gredi (Slika 6) (ang. »Ratcheting drum«), na katerem so vrezani utori, ki lahko opravljajo eno od dveh funkcij:

- Če je prestavna gred nameščena stran od zobnikov menjalnika, utori upravljajo standardne vodilne vzvode.
- Če je prestavna gred nameščena ob zobnikih, utori neposredno premikajo prestavne vilice in vodilni vzvodi niso potrebni. Ta tehnika se zdi pogostejša, saj ima manj delov in je bolj kompaktna (Brain, 2025).

Slika 6: Prestavna gred



Vir: (Lisjak, 2025)

Ko premaknemo ročico, se prestavna gred obrne za določen kot obrata (na primer za 50 stopinj). Ta zasuk povzroči, da se vodilni vzvodi ali vilice premaknejo glede na utore na prestavni gredi, s čimer se spremenijo prestave (Brain, 2025).

Zaradi prestavne gredi je potrebno prestavljanje zaporedno oziroma v sekvenci, torej lahko voznik izbira samo višjo ali nižjo prestavo. Tako prestav ni mogoče preskakovati, na primer iz prve v tretjo prestavo, kakor pri navadnih ročnih menjalnikih. Vedno morate skozi drugo prestavo, da pridete do tretje. Enako velja pri prestavljanju navzdol. Prednost tega sistema je, da so napake pri prestavljanju nemogoče – vedno se prestavi v naslednjo prestavo (Brain, 2025).

Tudi komponente sekvenčnega menjalnika se razlikujejo od komponent navadnega ročnega menjalnika. Sekvenčni menjalnik uporablja zobčasti menjalnik oziroma menjalnik z zobčastimi obroči (ang. »dog box transmission«) in zobato sklopko oziroma zaskočno sklopko (ang. »dog

ring«). »Vilice za izbiro prestav se uporabljajo za prestavljanje menjalnika z vklopom zobate sklopke« (Hickman, 2022). Pri ročnem menjalniku se ob prestavljanju vedno uporablja tudi sklopko, pri sekvenčnem menjalniku pa se sklopke ne uporabljajo, saj zobate sklopke za prestavljanje potrebujejo le trenutek brez navora. Sklopko se uporablja zgolj za speljevanje iz mirovanja (Hickman, 2022).

Slika 7: Primarna (levo) in sekundarna (desno) gred ter diferencial in prestavne vilice



Vir: (Lisjak, 2025)

Izbirni zatič (ang. *the selector pin*) se nahaja na prestavni vilici in pomaga izbirniku (ang. *the selector*) pri krmarjenju po utorih na gredi izbirnika. Prestavne vilice so povezane s to gredjo, sekvenčni izbirnik prestav (ang. *the sequential gear selector*) pa to prestavno gred obrača (Hickman, 2022).

Prestavna gred se lahko ročno obrača z ročico v kabini ali pa ga obračajo elektromagneti, pnevmatika ali hidravlika, ki se sprožajo elektronsko – v tem primeru ima voznik na volanu par obvolanskih prestavnih ročic, s katerimi upravlja mehanizem, pri tem pa mu rok nikoli ni treba umakniti z volana (Brain, 2025).

Sekvenčni menjalnik ne uporablja tradicionalne zobniške objemke (sinhronov) za sinhronizacijo med prestavljanjem, temveč uporablja zobate obroče oziroma zaskočilne obroče (ang. »*dog ring*«) (Slika 8), ki se mehansko zaskočijo v zobnike. Vklonno ozobljenje je večje, zobatih obročev pa je manj, kar omogoča hitrejšo in natančnejšo prestavljanje (Hickman, 2022).

Slika 8: Zobata sklopka ali "dog ring"



Vir: (Lisjak, 2025)

Slika 9: Slika vstavljenih vilic v »dog ring«



Vir: (Lisjak, 2025)

Prednost sekvenčnega menjalnika je predvsem hitrejše, enostavnejše in natančnejše prestavljanje kakor pri klasičnih ročnih menjalnikih, saj ne rabiš paziti na pozicijo posamezne prestave (ker premikaš samo gor ali dol), hkrati pa ne rabiš uporabljati sklopke (Kaspa transmissions, 2025). To je še posebej koristno pri avto-moto športu, kjer lahko dirkač prihrani dragocene sekunde, ki bi jih z ročnim menjalnikom porabil (Hickman, 2022). Prednost

sekvenčnega menjalnika je tudi to, da je nemogoče preskakovati prestave – pri ročnih lahko to poškoduje menjalnik ali predčasno obrabi sklopko, če ni pravilno izvedeno. »Med dirkanjem lahko napake pri prestavljanju pri visoki hitrosti povzročijo blokiranje in odpoved motorja zaradi previsokega števila vrtljajev« (Kaspa transmissions, 2025). Dirkalni avtomobili imajo pogosto na volanu nameščene obvolanske ročice za sekvenčno prestavljanje – leva za prestavljanje navzdol in desna za prestavljanje navzgor. To omogoča, da ima voznik roke na volanu in posledično boljši nadzor nad krmiljenjem (Kaspa transmissions, 2025). Sekvenčni menjalniki tudi tehtajo manj in zavzamejo manj prostora kakor dvo-sklopčni menjalniki, saj so sestavljeni iz manj delov in imajo lažji veliki plani zobnik (Hickman, 2022).

Slabost sekvenčnega menjalnika je predvsem nabavna cena, cena montaže ter cena vzdrževanja, ki je precej višja kot pri klasičnem ročnem menjalniku. Hkrati sekvenčni menjalniki niso ravno praktični za mestno vožnjo, saj so pri nizkih hitrostih navadno nerodni in ne omogočajo preskakovanja prestav. Hkrati so lahko zaradi svoje konstrukcije precej glasnejši kot klasični ročni menjalniki in zahtevajo pogostejše vzdrževanje (Kaspa transmissions, 2025). Sekvenčni menjalnik je po prvih nekaj tisoč prevoženih kilometrih potrebno obnoviti (opraviti revizijo), sej se med dirkami naravno obrablja (Hickman, 2022). Točno to bi rad predstavil v pričujočem diplomskem delu.

V spodnji tabeli (Tabela 1) je prikazana primerjava med lastnostmi ročnih in sekvenčnih menjalnikov.

Tabela 1: Primerjava med ročnim in sekvenčnim menjalnikom

Lastnost	Ročni menjalnik	Sekvenčni menjalnik
Način prestavljanja	Voznik sam izbira prestave; uporaba sklopke je nujna.	Premik prestav samo gor ali dol; sklopka ni potrebna (razen pri speljevanju).
Hitrost prestavljanja	Razmeroma počasnejše, saj zahteva usklajeno delo nog in rok.	Hitro, enostavno in natančno prestavljanje; posebej primerno za športno vožnjo.
Možnost preskakovanja prestav	Možno, a nepravilno izvedeno preskakovanje lahko poškoduje menjalnik ali sklopko.	Nemogoče – prestavljanje poteka samo zaporedno, kar zmanjšuje tveganje za okvare.
Varnost in nadzor	Voznik mora med prestavljanjem umakniti roko z volana.	Pogosto obvolanske ročice omogočajo, da ima voznik roke ves čas na volanu in boljši nadzor nad vozilom.
Teža in velikost	Večja in težja konstrukcija.	Lažji in kompaktnjši od dvo-sklopčnih menjalnikov, saj vsebuje manj delov.
Praktičnost pri mestni vožnji	Prilagodljiv, omogoča preskakovanje prestav in	Manj praktičen; pri nizkih hitrostih je pogosto neroden

	dobro deluje pri nizkih hitrostih.	in ne omogoča preskakovanja prestav.
Hrup	Tišji in bolj udoben za vsakodnevno vožnjo.	Zaradi konstrukcije pogosto glasnejši.
Vzdrževanje in stroški	Nižji stroški nakupa, montaže in vzdrževanja.	Višji stroški nakupa, montaže in rednega vzdrževanja; potrebna revizija po nekaj tisoč kilometrih.
Uporaba	Najpogosteje v osebnih vozilih za vsakodnevno vožnjo.	Najpogosteje v dirkalnih in športnih vozilih, kjer štejejo sekunde.

Vir: (Lisjak, 2025)

3 REVIZIJA SEKVENČNEGA MENJALNIKA

Revizijo sekvenčnega menjalnika smo izvedli na vozilu Renault Clio CUP V (Slika 10), letnik 2024, z močjo 150 kW, prostornino motorja 1330 ccm in 300 Nm navora. Uporablja menjalnik Sadev ST82, kateri ima 5 prestav naprej in vzvratno prestavo. Vozilo je prikazano na Sliki 10 in Sliki 11.

Slika 10: Vozilo Renault Clio CUP V



Vir: (Lisjak, 2025)

Slika 11: Vozilo na začetku dirke



Vir: (Lisjak, 2025)

Revizija je obsegala demontažo menjalnika iz vozila, razstavitev in diagnostiko, popravilo, sestavo in montažo menjalnika ter analizo stroškov celotne revizije. Za boljši prikaz in lažje razumevanje širši publiki, sem celoten potek projekta dokumentiral s fotografijami, zajetimi z osebnim telefonom.

Pomembno je poudariti, da je pred odločitvijo za revizijo ali zamenjavo menjalnika, potrebno razumeti ključno vlogo rednega vzdrževanja. Menjalnik je kompleksen sklop mehanskih delov, katerih naloga je prenašanje moči motorja na kolesa in pretvarjanje energije v gibanje oziroma hitrost. Ustrezno vzdrževanje menjalnika lahko bistveno podaljša njegovo življenjsko dobo (V-Autos, 2024).

3.1 DEMONTAŽA MENJALNIKA IZ VOZILA

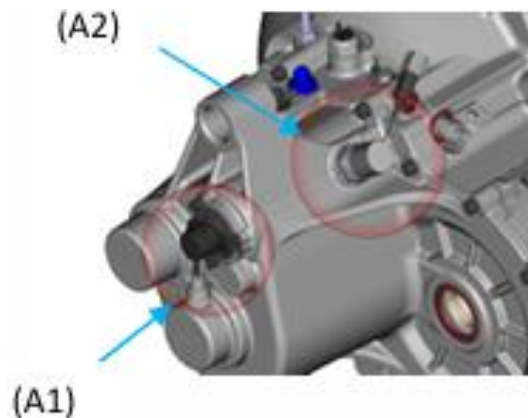
Revizija sekvenčnega menjalnika se začne z demontažo menjalnika iz vozila. Vozilo zapeljemo na dvigalo in podložimo roke dvigala na določenih mestih za dvig vozila. Vozilo privzdignemo na delovno višino ter odklopimo akumulator. Nato odstranimo motorni računalnik ter demontiramo akumulator iz ohišja. Odstranimo še ohišje akumulatorja ter posodo za odzračevanje menjalnika (oddušek). Nato vozilo dvignemo ter odstranimo kolesa vozila. Sledi spust olja iz menjalnika. Nato odvijamo vzvoda stabilizatorja in prednja zgloba vilic na obeh straneh vozila. Sledi demontaža pogonskih gredi iz pesta ter menjalnika. Sledi odstranitev spodnjega nosilca menjalnika ter prednjega mostu vozila. Nato odklopimo konektorje na menjalniku, cev zavorne tekočine, s katero upravljamo potisni ležaj, maso menjalnika, cevi hladilnika olja ter vzvod za izbiro prestav. Nato menjalnik podložimo s posebnim dvigalom za menjalnik in zapnemo, da je varno vpet. Zatem odvijemo še zgornji nosilec menjalnika ter ga malenkostno spustimo, da dobimo zračnost za odvijanje še vijakov okrog menjalnika. Nato podložimo še motor, da ne bi slonel le na enem motornem nosilcu, ter da je fiksen na mestu. Sledi demontaža menjalnika iz vozila.

3.2 RAZSTAVITEV IN DIAGNOSTIKA MENJALNIKA

Nato se začne revizija sekvenčnega menjalnika:

Menjalnik si najprej prenesemo na delovno mesto (delovni pult). Poskrbeti moramo, da je delovno mesto urejeno in čisto, saj bi nečistoče v menjalniku lahko povzročile veliko škode. Na menjalniku odvijamo potenciometer A1 ter senzor vzratne prestave A2 (Slika 12).

Slika 12: Pozicija potenciometra ter senzorja vzvratne prestave



Vir: (Sadev, 2022)

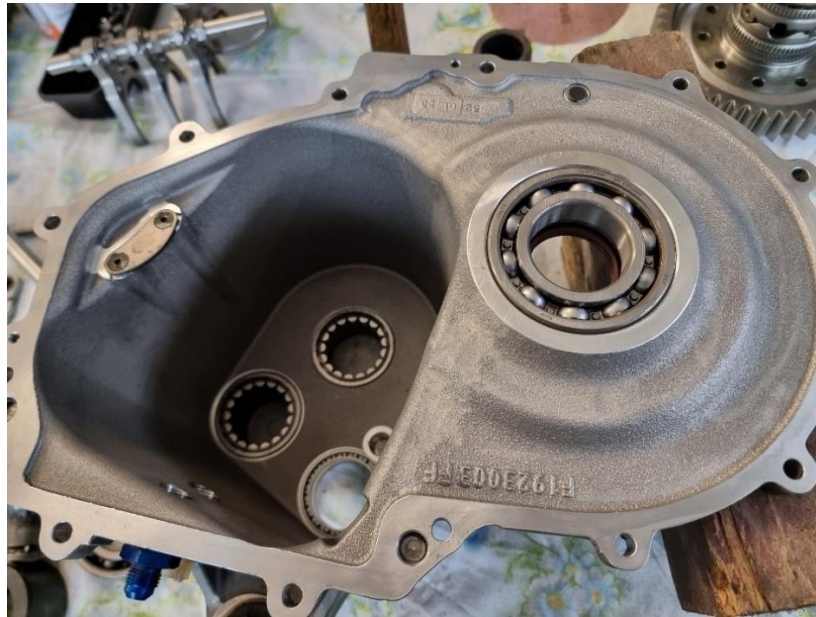
Menjalnik nato razpolovimo z odvijanjem vijakov na pokrovu menjalnika (okrog in okrog menjalnika). Sledi demontaža primarne in sekundarne gredi ter diferenciala. Nato očistimo obe naležni površini, kjer se menjalnik stika skupaj (Slika 13).

Slika 13: Ohišje menjalnika pred čiščenjem naležne površine in menjavo ležajev



Vir: (Lisjak, 2025)

Slika 14: Očiščen blok sekvenčnega menjalnika z novimi ležaji



Vir: (Lisjak, 2025)

Sledi pregled oziroma diagnostika menjalnika. Najprej smo pregledali primarno gred ter zobnike na njej. Med pregledom nismo našli nobenih nepravilnosti. Sledil je pregled sekundarne gredi. Na sekundarni gredi smo opazili poškodbo enega izmed »dog ringov«, in sicer med tretjo in četrto prestavo. Primarna gred ima zobnike prešane na gred, sekundarna pa ima prosto vrteče oziroma vležajane zobnike. To pomeni, da bo potrebno na vrhu sekundarne gredi (Slika 15) odstraniti varovalo ter odvijati matico z levim navojem ter zobnike potegniti z gredi. Ostale prestave smo si podrobno pregledali in ker nismo opazili nikakršnih nepravilnosti, smo jih pustili.

Slika 15: Slika sekundarne gredi



Vir: (Lisjak, 2025)

Nato smo si pogledali diferencial ter LSD (ang. *Limited Slip Differential*). Odločili smo se za zamenjavo lamel v diferencialu ter ramp diferenciala, saj je bila ena od ramp poškodovana na zaviralni strani (Slika 16).

Slika 16: Slika poškodovane rampe



Vir: (Lisjak, 2025)

Nove lamele smo pustili namakati v olju, za boljše delovanje ob prvem vžigu. Nato smo odvijali vijake na velikem planem zobniku diferenciala ter s tem pridobili dostop do kletke

diferenciala. V kletki se nahajajo po vrsti: lamele, planetni zobniki, sateliti (zobniki) ter rampi diferenciala, nato spet v obratnem vrstnem redu sateliti, planeti, lamele. Lamele so kazale minimalno obrabo, poškodovana pa je bila ena od ramp. Pri popravilu LSD je potrebna še dodatna zbranost, saj je pomembno tudi število lamel in plošč (med lamelami) na vsaki strani ter tudi smer ramp diferenciala, saj so različni nakloni za pospeševanje in zaviranje (90/ 29,5 stopinj). Nato kletko diferenciala previdno zložimo ter spet privijamo na veliki plani zobnik diferenciala.

3.3 POPRAVILO MENJALNIKA

V našem primeru smo najprej preventivno zamenjali vse ležaje gredi na ohišju menjalnika. Določene ležaje si pomagamo izvleči s posebnim orodjem (Slika 17), saj jih ni mogoče izbiti, ker je druga stran zaprta. Ostale smo izbili s pomočjo nastavkov določenih mer.

Slika 17: Slika orodja v slepi izvrtini



Vir: (Lisjak, 2025)

Sledilo je pranje in temeljito čiščenje obeh pokrovov menjalnika. Nato smo premerili ležišča ležajev in vprešali nove ležaje v njihova ležišča. Pomagali smo si s toplotno manipulacijo, in sicer smo ležaje iz ohišja menjalnika zamrznili ter ohišje segreli, da se poveča tolerančno območje.

Kot smo ugotovili med diagnostiko, je bila potrebna zamenjava »dog ring« ter tretje in četrte prestave, saj sta zobnika kazala manjše začetne znake obrabe.

Slika 18: Slika poškodovanega "dog ringa"



Vir: (Lisjak, 2025)

Najprej smo vse gredi prestavili ven iz ohišja. Nato na vrhu sekundarne gredi smo odstranili Segerjevo varovalo in varovalno podložko, ter odvijali matico z levim navojem. Nato smo odstranili podložko, sledi: ležaj ter prva prestava, »dog ring« prve in druge prestave, nato druga prestava, podložka, tretja prestava, »dog ring« tretje in četrte prestave, in še četrta prestava (Slika 19).

Slika 19: Razdrta sekundarna gred



Vir: (Lisjak, 2025)

Temeljito si ogledamo nove dele in začnemo s sestavljanjem. Sestavljanje poteka v obratnem vrstnem redu. Matico na vrhu gredi privijamo z navorom 150 Nm, damo nazaj še varovalno podložko in Segerjevo varovalo (Sadev, 2022).

Z velikega planega zobnika odvijamo kletko LSD, pri razdiranju pa smo zelo pazljivi. Najprej odstranimo veliki plani zobnik, nato vzmetno (ukrivljeno) podložko, lamele in plošče, planetni zobnik ter prvo rampo. Sledi satelitski križ s sateliti (Slika 20), druga rampa, drugi planetni zobnik, lamele in plošče, vzmetna podložka ter kletka.

Slika 20: Slika satelitnih zobnikov ter veliki plani zobnik



Vir: (Lisjak, 2025)

Kletko se temeljito prečisti in pregleda za potencialne odrsnine. Po pregledu smo se odločili zgolj za zamenjavo ramp, lamel in plošč. Lamelle smo imeli namočene v menjalniškem olju za boljše delovanje ob prvem vžigu. V očiščeno kletko prvo namestimo vzmetno podložko (pazimo, kako je obrnjena). Nato sledijo lamele in plošče, planetni zobnik, nova rampa, satelitski križ s sateliti, sledi druga nova rampa (pazimo smer vrtenja, zaradi različnih kotov zaviranja in pospeševanja ramp). Sledi drugi planetni zobnik, nato lamele in plošče, druga vzmetna podložka ter veliki plani zobnik. Veliki plani zobnik privijamo na kletko z navorom 100 Nm (Sadev, 2022).

Sledila je pretisnitev potisnega ležaja. Na osovini iz menjalnika v motor odstranimo Segerjevo varovalo. Sledi odstranitev distančnika. Zatem z roko povlečemo potisni ležaj z vodilom dol z gredi. Na notranji strani vodila sta dva različna O-ringa. V našem primeru sta bila že malo obrabljena (razjeta) (Slika 21).

Slika 21: Poškodovan O-ring



Vir: (Lisjak, 2025)

Z ostrim predmetom previdno odstranimo O-ringe. Preverimo točnost novih, jih namažemo z zavornim oljem ter jih previdno namestimo nazaj v utor. Nato preverimo skladnost še novega potisnega ležaja in vodila. Vodilo rahlo namažemo z zavornim oljem ter pritisnemo z roko nazaj na svoje mesto. Sledi montaža distančnika ter Segerjevega varovala. Če bi ta O-ringa spustila olje, bi olje prišlo na lamelo in povzročilo zdrs lamele.

3.4 SESTAVA IN MONTAŽA MENJALNIKA V VOZILO

Delo nadaljujemo s sestavo menjalnika. Najprej vstavimo diferencial s kletko v ohišje menjalnika. Nato istočasno vstavimo primarno ter sekundarno gred (v primeru, da se zobje ne ulovijo, jih malce zasukamo). Sledi vstavitev gredi za prestavne vilice z vilicami na gredi (Slika 22). Istočasno poskusimo uloviti »dog ringe« v vilice. Nato poskusimo ročno obrniti menjalnik.

Slika 22: Slika menjalnika z vstavljenimi gredmi



Vir: (Lisjak, 2025)

Na očiščeno naležno površino namažemo tesnilno maso določenih specifikacij ter določene debeline. Zatem namestimo pokrov menjalnika ter privijamo vijake pokrova menjalnika. Sledi montaža senzorja vzvratne prestave in montaža potenciometra.

Sledi montaža menjalnika nazaj v vozilo. Os menjalnika ulovimo v pogonsko gred motorja. Nato privijamo vijake menjalnika na motor. Menjalnik rahlo privzdignemo z namenskim dvigalom ter privijamo nosilec menjalnika. Zatem odstranimo dvigalo menjalnika. Priklopimo cevi hladilnika olja, maso menjalnika, ostale konektorje, cev zavorne tekočine in vzvod za izbiro prestav (Slika 23). Sledi odzračitev potisnega ležaja. Najprej smo pustili, da nam je olje priteklo s pomočjo gravitacije (posoda višje kot ostali elementi). Ko nam je zavorna tekočina pritekla na odzračevalnem ventilu, smo ga privili. Nato je sodelavec pritiskal na pedal sklopke – ko je dobil povratek na pedal, je držal in istočasno smo odvijali odzračevalni ventil na menjalniku. To je bilo potrebno nekajkrat ponoviti, da smo dosegli to, da v sistemu ni bilo več nič zraka. Nato smo namestili nazaj most vozila in pogonske gredi ter nalili določeno količino olja v menjalnik. Privijali smo spodnji nosilec menjalnika, oba prednja zgloba vilic ter vzvoda stabilizatorja.

Slika 23: Slika priklopov na menjalniku



Vir: (Lisjak, 2025)

Na vozilo namestimo kolesa. Namestimo posodo za odzračevanje menjalnika ter ohišje akumulatorja. Nato vstavimo akumulator ter ga istočasno zategnemo z nosilci, brez da ga priklopimo. Namestimo ter priklopimo motorni računalnik ter priklopimo akumulator. Vozilo spustimo iz delovne višine in zapeljemo z dvigala. Revizija sekvenčnega menjalnika se zaključi z uspešno testno vožnjo.

3.5 ANALIZA STROŠKOV REVIZIJE

Revizija sekvenčnega menjalnika je precej kompleksen proces, pri katerem se pojavljajo različni stroški – tako neposredni kot skriti. Neposredni stroški (jasno vidni) so običajno navedeni v ponudbi servisa ali delavnice in zajemajo: delovni čas mehanika, rezervne dele, maziva in olja ter specializirana orodja. Skriti stroški se pogosto spregledajo, a lahko znatno povečajo končni strošek. Med slednje sodijo: nepričakovani popravki, obrat strojev in delavnice ter odpadni materiali.

Spodnja tabela (Tabela 2) prikazuje podrobno analizo stroškov revizije sekvenčnega menjalnika, vključno z neposrednimi in skritimi stroški. Za stroškovni izračun sem uporabil uradno spletno

mesto Renault Racing Parts (Renault, 2025) ter vsem cenam že prištel davek (splošna stopnja DDV 22%).

Tabela 2: Analiza stroškov revizije

Postavka	Ocena stroška (EUR)	Opombe
Delovni čas mehanika	750	Ure dela za demontažo, razstavitev in diagnostiko, čiščenje, popravilo, sestavo in montažo ter testiranje menjalnika: 15 ur, 50 EUR na uro.
Rezervni deli	3235	Ležaji in tesnila (610 EUR); lamele in diski (220 EUR); vijaki (100 EUR); tretja prestava (750 EUR); četrta prestava (750 EUR); »dog ring« (220 EUR); dva O-ringa (25 EUR); potisni ležaj in vodilo (560 EUR).
Maziva in olja	100	Visoko kakovostno menjalniško olje Sae 75W140, čistila za odstranjevanje starega olja.
Specializirana orodja	330	Potrebno je bilo kupiti dve posebni orodji: nasadni ključ za razstavitev sekundarne gredi Sadev FOUT9003276 (170 EUR); ter 16-delni snemalni set BG-7715 za demontažo ležajev iz slepe izvrtine (160 EUR).
Nepričakovani popravki	615	Med revizijo se je odkrilo skrite poškodbe rampe diferenciala, ki niso bile opazne na začetku. Ker se ne da kupiti ene posamezne rampe, se je kupilo dve novi rampi diferenciala.
Obrat strojev in delavnice	50	Amortizacija strojev, prostorov in opreme, ki jih serviser uporablja, poraba elektrike.
Odpadni materiali	20	Odvoz starih tesnil, olja, filtrov, čistilnih materialov.

Vir: (Lisjak, 2025)

Skupni stroški revizije so znašali okvirno 5100 EUR, z že vključenim DDV po stopnji 22 %. Omeniti je potrebno, da je naša revizija bila precej obsežna in bi lahko znašala tudi bistveno manj.

Na stroške revizije vplivajo tudi starost in model avtomobila (redkejši modeli zahtevajo dražje rezervne dele), stopnja obrabe menjalnika (preprosta revizija ali popolna obnova) in tudi specializacija servisa, saj so visoko specializirani servisi za sekvenčne menjalnike precej dražji.

Za bolj celovit vpogled v ekonomiko posega je smiselno stroške revizije primerjati s stroški nakupa popolnoma nove enote. Cene novih sekvenčnih menjalnikov za Renaultova vozila se

gibljejo v razponu med 10.000 in 15.000 EUR (odvisno od modela, izvedbe in dobavitelja), cena našega menjalnika pa bi znašala 10.000 EUR, z delom mehanika pa minimalno 10.500 EUR. To pomeni, da je v našem primeru revizija z okvirnim stroškom 5.100 EUR približno 2-krat cenejša od nakupa nove enote.

Odločitev med revizijo in zamenjavo menjalnika je v veliki meri ekonomska. Revizija je običajno smiselna, kadar:

- je menjalnik v osnovi dobro ohranjen in gre le za obrabo posameznih komponent,
- so rezervni deli enostavno dostopni,
- je vozilo v aktivni uporabi in lastnik želi zmanjšati stroške v primerjavi z nakupom nove enote.

Revizija pa lahko postane manj smiselna oziroma ekonomsko neupravičena, kadar:

- je menjalnik zelo obrabljen ali ima več ponavljajočih se napak,
- stroški delov in dela presežejo približno 70 % vrednosti nove enote,
- lastnik želi vozilo obdržati dolgoročno in dati prednost garanciji na novo enoto.

Ekonomičnost revizije je tako v večini primerov ugodnejša od nakupa novega menjalnika, zlasti kadar je obraba manjša in ni pričakovati večjih prihodnjih posegov. Kadar pa se pojavijo obsežnejše okvare, ki zahtevajo številne nove dele in visoko število delovnih ur, se finančna razlika zmanjša in lahko postane bolj smiselna zamenjava z novo enoto, ki poleg vsega zagotavlja tudi garancijo.

4 ZAKLJUČEK

4.1 SKLEPI

Diplomsko delo je imelo namen predstaviti teoretične osnove delovanja sekvenčnega menjalnika in praktičen primer njegove revizije. Zastavljeni so bili naslednji cilji: pregledati literaturo in razumeti delovanje sekvenčnega menjalnika, analizirati njegove prednosti in slabosti, izvesti praktično revizijo ter analizirati stroške postopka. Na podlagi izvedenega raziskovalnega in praktičnega dela lahko povzamemo naslednje ključne sklepe:

- Pregled literature je omogočil razumevanje osnov delovanja sekvenčnih menjalnikov in njihovih razlik v primerjavi z ročnimi menjalniki.
- Analiza prednosti in slabosti je potrdila njihovo uporabnost v motošportu, kjer šteje hitrost, natančnost in zanesljivost, hkrati pa omejitve pri vsakodnevni uporabi ter visoke stroške in zahtevnost vzdrževanja.
- Praktični del je prikazal celoten postopek revizije sekvenčnega menjalnika na vozilu Renault Clio CUP V, pri čemer so bili dokumentirani vsi ključni koraki: demontaža, razstavitev, diagnostika, popravilo, sestava in montaža menjalnika. Menjalnik je bil uspešno obnovljen, kar potrjuje ustreznost izvedenih postopkov in metod. Rezultat je bil uspešno obnovljen menjalnik, pripravljen na nadaljnjo uporabo.
- Stroškovna analiza je pokazala, da je revizija sekvenčnega menjalnika finančno zelo obremenjujoča. Skupni stroški so znašali okoli 5.100 EUR, pri čemer neposredni stroški (delo, rezervni deli, orodja) predstavljajo večino, a končno ceno dodatno zvišajo skriti stroški (nepredvideni popravki, obrat strojev in delavnice, odpadni materiali). Revizija je v večini primerov ugodnejša od nakupa novega menjalnika.

S tem so bili vsi cilji diplomskega dela doseženi, saj je bila zagotovljena tako teoretična razlaga kot tudi praktičen prikaz in stroškovna analiza revizije.

4.2 DISKUSIJA

Rezultati diplomskega dela potrjujejo, da je revizija sekvenčnega menjalnika kompleksen, časovno in finančno zahteven proces, ki zahteva strokovno znanje, natančnost in dostop do specializirane opreme. V primerjavi s klasičnim ročnim menjalnikom je revizija bistveno zahtevnejša, saj vključuje več specializiranih postopkov in orodij, hkrati pa je finančno obremenjujoča. Kljub temu je revizija nujna, ker zagotavlja zanesljivost, varnost in konkurenčnost vozila v motošportu, kjer šteje vsaka stotinka sekunde.

Med izvedbo so se pokazale določene omejitve. Največja je bila pomanjkanje strokovne literature, saj proizvajalci menjalnikov redko razkrivajo podrobne tehnične podatke. Pri praktičnem delu je bilo zato potrebno zanašanje na priročnike proizvajalca, mentorjevo in

somentorjevo podporo ter lastne praktične izkušnje. To potrjuje, da je področje sekvenčnih menjalnikov še vedno delno neodprto in predstavlja priložnost za nadaljnje raziskave.

Iz finančnega vidika je analiza jasno pokazala, da je treba pri oceni stroškov revizije vedno upoštevati tudi skrite stroške, ki lahko bistveno vplivajo na končno ceno. Včasih je lahko bolj smiselno zamenjati kar cel menjalnik. Takšne ugotovitve so dragocene za lastnike vozil in ekipe v motošportu, saj omogočajo realnejše načrtovanje stroškov in preprečujejo nepričakovane izdatke.

Delo ima tudi praktično vrednost za širšo strokovno javnost. Prikaz postopka lahko služi kot referenca za mehanike in študente, ki se prvič srečujejo s tovrstnimi sistemi. Hkrati se s tem odpirajo možnosti za nadaljnje raziskave: na primer primerjalne analize stroškov in postopkov revizij različnih tipov sekvenčnih menjalnikov, raziskave o možnostih podaljšanja življenjske dobe ključnih komponent (npr. »dog ringov«, lamel in ležajev) ali optimizaciji stroškov vzdrževanja.

Na podlagi izvedenega dela lahko zaključimo, da so cilji in namen diplomskega dela doseženi. Delo združuje teoretična izhodišča s praktičnimi postopki in nudi celovit vpogled v revizijo sekvenčnega menjalnika. Ponuja strokovno vrednost za prakso in izobraževanje, hkrati pa odpira prostor za nadaljnje raziskave in izboljšave na tem tehnično zahtevnem področju.

5 VIRI

AvtoTachki. 2022. AvtoTachki. *Kaj je sekvenčni menjalnik v avtomobilu in kako deluje.* [Elektronski] 3. 6 2022. [Navedeno: 24. 8 2025.] <https://sl.avtotachki.com/chto-takoe-sekvental-naya-korobka-peredach-v-avtomobile-i-kak-ona-rabotaet/>.

Bartoszewicz, Bartek. 2025. Bar-tek.com. *Sequential Transmissions.* [Elektronski] 2025. [Navedeno: 19. 8 2025.] https://www.bar-tek.com/sequential-transmissions?srsId=AfmBOooJOcSLL1jNiywu_WbN53Lw9V7VwNyX5BcPsIRyYWrf7nAO96_7.

Brain, Marshall. 2025. How stuff works. *How Sequential Gearboxes Work.* [Elektronski] 2025. [Navedeno: 13. 8 2025.] <https://auto.howstuffworks.com/sequential-gearbox.htm>.

Fischer, Richard, in drugi. 2022. *Motorno vozilo.* s.l. : Tehniška založba Slovenije, 2022. str. 425 - 428.

Hickman, Drew. 2022. Book my garage. *What Is a Sequential Gearbox?* [Elektronski] 28. 11 2022. [Navedeno: 14. 8 2025.] <https://bookmygarage.com/blog/sequential-gearbox/>.

Kaspa transmissions. 2025. Kaspa transmissions. *How does a sequential gearbox work?* [Elektronski] 2025. [Navedeno: 16. 8 2025.] <https://kaspa.co.nz/articles/how-does-a-sequential-gearbox-work/>.

Renault. 2025. Renault Sport Racing Parts. *Renault Sport Racing Parts.* [Elektronski] 2025. [Navedeno: 11. avgust 2025.] <https://www.renaultsport-racingparts.com/catalog/RSR%20CUP>.

Sadev. 2022. Sadev. *Technical manual.* [Elektronski] 23. 11 2022. [Navedeno: 9. 6 2025.] <file:///C:/Users/Martin/Downloads/Phone%20Link/E-Bo%C3%A4te%20de%20Vitesse%20ST82-LW-RENAULT-CLIO-5-CUP.PDF.pdf>.

Shanker, Adithya. 2025. Scribd. *Sequential Transmission.* [Elektronski] 2025. [Navedeno: 16. 8 2025.] <https://www.scribd.com/document/251510888/Sequential-Transmission>.

V-Autos. 2024. V-Autos. *transmission-repair-vs-replacement-vs-rebuil.* [Elektronski] 9. 7 2024. [Navedeno: 25. 8 2025.] <https://si.v-autos.com/news/transmission-repair-vs-replacement-vs-rebuil-79017159.html>.