

Povijesni razvoj i analiza održavanja cestovnih motornih vozila s unutarnjim izgaranjem

Grgurić, Ivona

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic Nikola Tesla in Gospić / Veleučilište Nikola Tesla u Gospiću**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:107:244955>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-01**



Repository / Repozitorij:

[Polytechnic Nikola Tesla in Gospić - Undergraduate thesis repository](#)



VELEUČILIŠTE „NIKOLA TESLA“ U GOSPIĆU

Ivona Grgurić

**POVIJESNI RAZVOJ I ANALIZA ODRŽAVANJA
CESTOVNIH MOTORNIH VOZILA S UNUTARNJIM
IZGARANJEM**

**HISTORICAL DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF
MAINTENANCE OF ROAD ENGINES OF INTERNAL
COMBUSTION VEHICLES**

Završni rad

Gospić, 2021.

VELEUČILIŠTE „NIKOLA TESLA“ U GOSPIĆU

Prometni odjel

Preddiplomski stručni studij Cestovni promet

**POVIJESNI RAZVOJ I ANALIZA ODRŽAVANJA
CESTOVNIH MOTORNIH VOZILA S UNUTARNJIM
IZGARANJEM**

**HISTORICAL DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF
MAINTENANCE OF ROAD ENGINES OF INTERNAL
COMBUSTION VEHICLES**

Završni rad

MENTOR

mr. sc. teh., mr. oec. Miljenko Bošnjak

STUDENT

Ivona Grgurić

JMBAG: 0296016930

Gospić, rujan 2021.

Veleučilište „Nikola Tesla“ u Gospiću

Prometni odjel

U Gospiću 22. travnja 2021.

Z A D A T A K

za završni rad

Pristupnici Ivoni Grgurić, JMBAG: 0296015996, studentici preddiplomskoga stručnog studija cestovnog prometa izdaje se tema završnog rada pod nazivom:

Povijesni razvoj i analiza održavanja cestovnih motornih vozila s unutarnjim izgaranjem

Sadržaj zadatka:

Istražiti, proučiti i opisati povijesni razvoj i analizu održavanja cestovnih motornih vozila s unutarnjim izgaranjem i automobila s električnim pogonom.

Istražiti, proučiti i objasniti važnije tehničke značajke i procese u motorima s unutarnjim izgaranjem za pogon cestovnih vozila te .

Istražiti i proučiti motorna goriva za pogon cestovnih motornih vozila.

Završni rad izraditi sukladno odredbama Pravilnika o završnom radu Veleučilišta „Nikola Tesla“ u Gospiću.

Mentor:mr.sc.teh.,mr.oec. Miljenko Bošnjak, v. p. zadano: 22. travnja 2021.

Pročelnik odjela: mr.sc. Josip Burazer-Pavešković, predati do 30. rujna 2021.

Student: Ivona Grgurić

primila zadatak: 22. travnja 2021.

Dostavlja se:

- mentoru
- pristupniku
- evidenciji studija – dosje studenta



Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, Ivona Grgurić izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je moj završni rad naslova ***Povijesni razvoj i analiza održavanja cestovnih motornih vozila s unutarnjim izgaranjem***, isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju korištene zabilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Gospiću 05. rujna 2021.

Student:
Ivona Grgurić



Izjava o pohrani diplomskog rada u Digitalni repozitorij

Odjel: Prometni odjel

Student: Ivona Grgurić

Vrsta rada: Završni rad

Ovom izjavom potvrđujem da sam autorica predanoga završnog rada i da sadržaj njegove elektroničke inačice u potpunosti odgovara sadržaju obranjenog rada. Slažem se da se rad pohrani u javno dostupnome institucijskom repozitoriju Veleučilišta "Nikola Tesla" u Gospiću i javno dostupnom repozitoriju Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu (u skladu s odredbama Zakona o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, NN br. 123/03, 198/03, 105/04, 174/04, 02/07, 46/07, 45/09, 63/11, 94/13, 139/13, 101/14, 60/15) i bude rad u

otvorenom pristupu

rad dostupan nakon

rad dostupan svim korisnicima iz sustava znanosti i visokog obrazovanja RH

rad dostupan samo djelatnicima i studentima Veleučilišta „Nikola Tesla“ u Gospiću

U Gospiću, 05. rujna 2021.

Student:
Ivona Grgurić

SAŽETAK

Najutjecajnije tehničke inovacije našeg vremena su motori s unutarnjim izgaranjem i motorna vozila. Potpuno su promijenili naše živote, naš način razmišljanja i način na koji se njima bavimo i cijenimo. Razvoj motora s unutarnjim izgaranjem i kakvoća goriva/maziva međusobno su isprepleteni od izuma prvog motora. Bio je to prvi motor koji je izumljen i namijenjen isključivo za pogon određenom vrstom goriva. Određene vrste goriva. To zahtijeva stalnu i blisku suradnju između inženjera, istraživača i drugih stručnjaka u industriji. Dizelski motor je motor s unutarnjim izgaranjem, koji za pogon koristi dizelsko gorivo i koji radi dizelskim ciklusom. Izumio ga je 1892. godine njemački inženjer Rudolf Diesel. Velika većina dizelskih motora danas koristi sustav koji koristi visokotlačnu crpku za ubrizgavanje goriva, što se može učiniti na različite načine. Starije verzije koristile su mehaničku crpku koju pokreće bregasto vratilo ili jedinstveni pogon iz koljenastog vratila, ali novije verzije uglavnom imaju suvremene *common-rail* ili hidraulične sustave ubrizgavanja visokotlačnom crpkom i raspršivačem integriranim u blok.

Rimac Automobil je hrvatska tvrtka za proizvodnju električkih vozila, pogonskih sustava pogonskih i baterijskih sustava.

Tvrtka je poznata po proizvodnji najbržega električnog automobila *CONCEPT ONE*. Snažan fokus na razvoj vlastitih proizvoda i dugoročne rezultate znači da većina inženjera radi na razvoju vlastitih proizvoda. Društvo je cjelokupnim poslovanjem posvećeno pomicanju granica tehnoloških mogućnosti u segmentu električnih automobila i tehnologija. U sklopu samog razvoja automobila, *Rimac Automobili* razvija veliki broj sustava, komponenata i tehnologija koji će svoju primjenu i tržište pronaći kod drugih proizvođača automobila. Trenutačno tvrtka razvija novu generaciju motora, invertera, baterijskog sustava, mjenjačkog sustava i infotainmenta.

Ključne riječi: motor, motori s unutarnjim izgaranjem, diesel motor

ABSTRACT

The most impactful technical innovations of our time are internal combustion engines and motorized vehicles. They've completely transformed our lives, our ways of thinking, and how we engage with and appreciate them. Internal combustion engine development and fuel/lubricant quality have been intertwined since the invention of the first engine. It was the first engine to be invented and intended to solely run on a specific type of fuel. It necessitates ongoing and close collaboration between engineers, researchers, and other industry specialists. A diesel engine, or diesel engine, is an internal combustion engine that uses diesel as a propellant and which runs on the diesel cycle. It was invented in 1892 by the German engineer Rudolf Diesel. The vast majority of diesel engines nowadays use a system that uses a pump to inject fuel, which can be done in a variety of ways. Older versions used a mechanical pump powered by a camshaft bump or a unique drive generated from the crankshaft, but subsequent versions have mostly contemporary common-rail or hydraulic injection systems with the pump and sprayer integrated into the block. *Rimac Automobili* is a Croatian company for the production of electric vehicles, propulsion systems and battery systems. The company is known for producing the fastest electric car *CONCEPT ONE*. A strong focus on developing your own products and long-term results means that most engineers are working on developing their own products. Throughout its operations, the company is committed to pushing the boundaries of technological possibilities in the segment of electric cars and technologies.

As part of the development of cars, *Rimac Automobili* is developing a large number of systems, components and technologies that will find their application and market with other car manufacturers. Currently, the company is developing a new generation of motors, inverters, battery system, transmission system and infotainment.

Keywords: enginee, internal combustion engines, diesel enginee

SADRŽAJ

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | UVOD | 1 |
| 1.1 | Predmet i problem istraživanja | 1 |
| 1.2 | Svrha i cilj istraživanja | 2 |
| 1.3 | Struktura rada..... | 2 |
| 2 | POVIJESNI RAZVOJ MOTORA I AUTOMOBILA | 3 |
| 2.1 | Razvoj motora | 3 |
| 2.1.1 | Jean Joseph Etienne Lenoir..... | 3 |
| 2.1.2 | Nicolaus August Otto | 4 |
| 2.1.3 | Gottlieb Daimler i Karl Benz | 5 |
| 2.1.4 | Rudolf Diesel..... | 6 |
| 2.2 | Montažna traka | 7 |
| 2.3 | Suvremeniji automobili..... | 9 |
| 2.4 | Kotač..... | 10 |
| 2.5 | Automobil stoljeća..... | 11 |
| 2.6 | Na početku trećeg tisućljeća | 12 |
| 3 | DIZELSKI MOTORI | 15 |
| 3.1 | Konstrukcija | 15 |
| 3.2 | Načelo rada | 15 |
| 3.3 | Radni ciklus dizelskog motora | 15 |
| 3.3.1 | Četverotaktni dizelski motor | 16 |
| 3.3.2 | Dvotaktni motori | 17 |
| 3.3.3 | Prednosti i nedostaci dvotaktnog motora | 19 |
| 3.4 | Prednosti, nedostaci i ostale značajke dizelskih motora..... | 20 |
| 3.4.1 | Prednosti | 20 |
| 3.4.2 | Nedostaci..... | 21 |
| 3.4.3 | Ostale značajke..... | 21 |
| 3.5 | Uređaj za napajanje gorivom dizelskih motora | 21 |
| 3.5.1 | Uređaj za napajanje goriva klipnom crpkom..... | 22 |
| 3.5.3 | Visokotlačna aksijalna razvodna crpka | 23 |
| 3.5.4 | EDC - elektronička regulacija dizelskog motora..... | 23 |
| 3.5.5 | <i>Common Rail</i> ubrizgavanje goriva..... | 24 |
| 3.6 | Sustav za podmazivanje..... | 26 |
| 3.7 | Rashladni sustav | 27 |
| 4 | SUSTAV ODRŽAVANJA CESTOVNIH MOTORNIH VOZILA..... | 29 |
| 4.1 | Značaj i funkcije održavanja cestovnih vozila..... | 29 |

| | |
|--|-----------|
| 4.2. Uzročnici promjene tehničkog stanja vozila | 30 |
| 4.2.1. Trošenje..... | 32 |
| 4.2.2. Zamor | 33 |
| 4.2.3. Korozija..... | 33 |
| 4.3. Koncepti održavanja..... | 33 |
| 4.4. Strategija popravaka prema potrebi | 35 |
| 5. HRVATSKI PROJEKTI BUDUĆNOSTI | 39 |
| 5.1. Megaprojekti na sjeveru Hrvatske | 39 |
| 5.2. Rimac Automobili našim novim projektom | 39 |
| 6. ZAKLJUČAK | 42 |
| LITERATURA..... | 45 |
| SLIKE | 46 |
| TABLICA..... | 47 |

1 UVOD

Gibanje vozila temelji se na kotrljanju kotača, a gibanje motornog vozila ustvari je kotrljanje elastične automobilske gume po podlozi. Poznavajući zakone vozila, osiguravaju se neophodne osnove za njihov uspješniji razvoj, s mogućnostima dovoljno realnoga i pravovremenog predviđanja performansi koje vozilo može ostvariti u određenim primijenjenim uvjetima.

Može se reći to da povijest prijevoznih sredstava počinje otkrićem kotača, kada su ljudi shvatili da će ako postavite deblo ispod tereta koje su vukli, biti potrebna manja snaga da bi se teret premjestio, u najširem smislu riječi počinje s nastojanjem ljudi da stvore prijevozno sredstvo koje će se pokretati kopnom bez pomoći ljudske i životinjske snage.

Već je R. Bacon oko 1250. godine predviđao pojavu takvog vozila s vlastitim pogonom, Leonardo da Vinci je oko 1500. godine izradio i prve nacрте za samohodna kola. Razvoj samopokretnih prijevoznih sredstava započinje izumom parnog stroja što omogućuje nastanak novih izuma i zamisli. Francuz N. J. Cugnot 1769. godine izrađuje prvo vozilo na parni pogon koje se moglo pokretati vlastitom snagom.

Cugnotovi modeli, kao i kasnije konstruirani parni automobili Murdora, Evansa, Tervithcka, Gordona, Jamesa i Gurneva, nisu imali većeg uspjeha, prvenstveno zbog njihove glomaznosti i tehničke nedorečenosti. Parni automobili su osim toga imali velikog konkurenta u željeznici, koja se u tim vremenima pokazala daleko naprednijim prometnim oblikom.

Bez obzira na brojne pokušaje usavršavanja parnog automobila, uvijek se kao zapreka pojavljivala činjenica da su bili jako teški i nespretni za rukovanje. Premošćivanje toga problema i velik početak za cestovna prijevozna sredstva počinje izumom J. J. Lenora i njegovim dvotaktnim plinskim motorom na električno paljenje (1860), zatim 1867. godine N. A. Otto konstruira četverotaktni plinski motor, a S. Marcus je izumio prvi automobil na benzinski pogon s električnim paljenjem (1876).

1.1 Predmet i problem istraživanja

Predmet istraživanja ovoga završnog rada je razvojna raščlamba cestovnih motornih vozila, njihove vučne sile i teorije njihovog pogona prilikom gibanja vozila.

Problem istraživanja je cjelokupan cestovni prometni sustav u Republici Hrvatskoj, njegov utjecaj na zagađenje okoliša i uvođenje u promet suvremenih prijevoznih sredstava s minimalnom emisijom štetnih tvari u ispušnim plinovima.

1.2 Svrha i cilj istraživanja

Svrha ovoga istraživanja je upotrijebiti sva stečena znanja tijekom obrazovanja, te ga integrirati i interpretirati kroz ovaj rad za poboljšanje efikasnosti cestovnog prometa korištenjem alternativnih izvora pogonske putem suvremenih hibridnih cestovnih vozila.

Cilj istraživanja je upoznati studenta sa štetnim utjecajem cestovnog prometa na okoliš uporabom fosilnih izvora pogonske energije i poduzimanjem odgovarajućih mjera za njegovu zaštitu uporabom tzv. *čiste energije* i *čistih vozila*.

1.3 Struktura rada

Ovaj završni rad strukturiran je u pet dijelova kroz koje su opisani povijesni razvoj cestovnih motornih vozila prometa Republike Hrvatske i u svijetu, te njihove dobre i loše strane. Proučeni su vučna sila, teorija gibanja, reakcija i otpori podloge, te štetni utjecaji zbog korištenja fosilnih goriva i odgovarajuće zaštitne mjere od navedenih utjecaja.

U prvome, uvodnom dijelu prikazani su predmet i problem, svrha i ciljevi istraživanja, te struktura rada.

U drugom poglavlju pod naslovom *Povijesni razvoj cestovnog prometa* proučen je i opisan razvoj cestovnog prometa u Hrvatskoj i u svijetu. Istraženi su i detaljno objašnjeni povijesni i statistički podatci o razvoju cesta i cestovnih motornih vozila.

U trećem poglavlju pod naslovom *Dizelski motori*, opisana je konstrukcija i načela rada te je opisana usporedba četverotaktnog i dvotaktnog dizelskog motora.

U četvrtom poglavlju pod naslovom *Sustav održavanja cestovnih motornih vozila* proučeni su i opisane značajke i funkcije održavanja cestovnih motornih vozila, definirani su uzročnici promjene tehničkog stanja vozila.

U petom poglavlju pod naslovom *Hrvatski projekt budućnosti* opisan je megaprojekt na sjeveru Hrvatske te su opisani projekti Rimac Automobila.

Šesto, završno poglavlje sinteza je svega navedenoga u ovome završnom radu.

2 POVIJESNI RAZVOJ MOTORA I AUTOMOBILA

Prvo motorno vozilo sagradio je francuski vojni inženjer Nicolaus Joseph Cugnot (1725-1804). On je 1769. i 1770. izradio dva vozila na parni pogon za vuču topova. Pokušaj je uspio, ali se odustalo od proizvodnje zbog brojnih nedostataka. Tek je James Watt (1736-1819), škotski inženjer i pronalazač, svojim konstrukcijskim poboljšanjima omogućio prvu praktičnu uporabu parnog stroja krajem 18. stoljeća.

Prvi klipni motori s unutarnjim izgaranjem razvili su se iz parnih strojeva. Krajem 18. stoljeća parni stroj bio je jedini toplinski stroj koji je davao mehanički rad. U to su doba parni strojevi, iako već prilično dobro razvijeni, bili izuzetno skupi, a osim toga morali su ispunjavati opsežne i stroge zakonske propise. Zbog toga oni nisu odgovarali potrebama tadašnjih malih proizvodnih pogona i obrtnika. Za proizvodnju pare bio je potreban parni kotao, kojega je morao opsluživati ložič, a za pogon kotlovskog postrojenja bilo je potrebno policijsko odobrenje. Međutim razvoj tehnike i tehnologije izradbe parnih strojeva doveo je do kvalitetnijeg lijevanja, kovanja i dobre mehaničke obradbe kompliciranih strojnih dijelova. Bitan događaj za daljnji razvoj toplinskih strojeva bio je jednodijelni klipni prsten izrađen 1854. godine. Na taj način omogućeni su visoki tlakovi u cilindru i daljnja poboljšanja tih strojeva.

2.1. Razvoj motora

2.1.1. Jean Joseph Etienne Lenoir

Francuz Jean Joseph Etienne Lenoir (1822 – 1900) godine 1860. izradio je prvi primjerak svoga motora pogonjenoga rasvjetnim plinom. Ta konstrukcija predstavljala je veliki tehnički napredak. Lenoir je živio u Parizu. Radio je kao konobar, a u slobodno vrijeme bavio se raznim tehničkim problemima. Njegova konstrukcija u velikoj mjeri se oslanjala na provjerene konstrukcije parnih strojeva toga doba. Po načinu rada bio je to dvoradni (proces se odvija s obje strane, tj. iznad i ispod klipa) dvotaktni motor. Snaga mu je bila od 0,4 do 2,2 kW, uz potrošnju rasvjetnog plina od $4 \text{ m}^3/\text{kWh}$ ($\eta_e \approx 4,4\%$). U radu motor je bio vrlo bučan, ali je unatoč tomu vrlo brzo postao popularan i veoma tražen jer ga je bilo lakše postaviti i opsluživati nego parni stroj.

2.1.2. Nicolaus August Otto

Ubrzo je Nicolaus August Otto (1832 – 1891) saznao za novi motor. U to je doba radio u Koelnu kao trgovac. Isto kao Lenoir i Otto po zanimanju nije bio tehničke struke, ali ga je unatoč tomu tehnika vrlo interesirala. Otto je uvidio da je parni stroj presložen i prezahtjevan za mala postrojenja pa je želio napraviti motor koji će popuniti prazninu na tržištu. Osnova za daljnji razvoj bio mu je Lenoirov plinski motor. Najprije ga je želio poboljšati, tako da više ne bude nužan plinski priključak. Umjesto rasvjetnog plina, u rasplinjaču se tekuće gorivo trebalo miješati sa zrakom za izgaranje. Otto je želio patentirati to poboljšanje, ali mu je patentni zahtjev odbijen. Nakon toga Otto je napustio tu zamisao i dao je izraditi jedan Lenoirov plinski motor kao podlogu za daljnji razvoj. Nakon što je bio izrađen, Otto je tijekom pokusa ustanovio da motor radi vrlo grubo i glasno te da česta detonantna izgaranja jako opterećuju dijelove mehanizma. Da bi riješio te probleme, promijenio je način punjenja svježom smjesom. Prilikom rada na tim poboljšanjima Otto je otkrio da na kraju radnog takta u cilindru nastaje podtlak, te je iz toga razvio svoj atmosferski plinski stroj. Na razvoju toga novog stroja s Ottom je radio i inženjer Eugen Langen (1833-1895). Da bi se u cijelosti mogao posvetiti razvoju, Otto je prestao raditi kao trgovac, a 1864. godine je s Langenom osnovao tvrtku *Otto&Cie*. Nakon zajedničkog rada i usavršavanja, Otto i Langen su svoj atmosferski plinski stroj 1867. godine izložili na Svjetskoj izložbi u Parizu i dobili prvu nagradu.

Snaga prvog Otto-Langen-ovoga atmosferskoga plinskog stroja iznosila je 0,7 kW, a motor je bio visok 2 m. Kasniji motori dosezali su snagu od 2,2 kW ali se zbog svojih mjera više nisu mogli ugrađivati u radionice, a daljnji razvoj je stao. Proizvedeno je preko 3000 takvih motora od kojih je jedan bio u uporabi više od 50 godina. Kako su kupci zahtijevali veće snage motora, bilo je potrebno razviti novi stroj. Od velikog broja pokušaja izradbe "novog" motora treba izdvojiti nekoliko ključnih događaja. Prve radove na razvoju četverotaktnog motora Otto je započeo još 1861. godine ali ih je napustio zbog rada na razvoju dvotaktnih motora. U isto vrijeme francuski inženjer Beau de Rochas objavio je rad *Nouvelles recherches* u kojem je razrađena zamisao o četverotaktnom procesu u motoru. Do praktičnih pokušaja ipak nije došao. Prvi četverotaktni motor sposoban za samostalan rad izradio je 1873. godine urar Reithmann iz Münchena. Njegov je motor bio u pogonu osam godina.

U razvoj novog stroja veće snage uključili su se Otto i Langen te su 1876. godine izradili novi motor kod kojega su prvi put primijenili četverotaktni radni proces. Otto je smatrao da će izravan spoj između klipa i koljenastog vratila spriječiti jake udarce koji su

se javljali prilikom izgaranju u atmosferskom plinskom motoru. Osim toga, smjesa zraka i plina trebala je biti slojevito raspoređena tako da je od točke paljenja do čela klipa bivala sve siromašnija (manji udio rasvjetnog plina u smjesi). Time je želio postići *mekano* izgaranje. Otto je tada vjerovao da je najznačajnija novost na tom motoru slojevito punjenje, a ono genijalno bio je ustvari četverotaktni radni proces. Prvi motor iz 1876. razvijao je snagu od 2,2 kW pri 180 min⁻¹.

Iste, 1876. godine motor je uspješno provjeren u tvornici plinskih motora *Deutz*. Na svjetskoj izložbi 1878. njihov motor zastupale su 32 različite tvrtke, a svojim su izumom ponovno osvojili nagradu *Grand Prix*.

Svi ti motori bili su stacionarni i vezani uz priključak rasvjetnog plina. Međutim, za pogon vozila bio je potreban manji plinski motor ili motor na tekuće gorivo. Razvoj takvih motora potrajao je nekoliko godina i prve zrele konstrukcije pojavile su se godine 1886. Tada su, neovisno jedan od drugoga, svoje motore predstavili Gottlieb Daimler i Karl Benz.

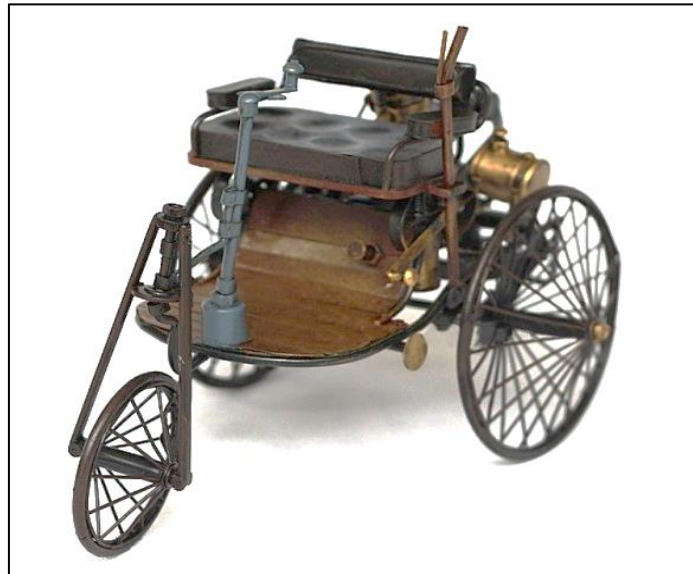
2.1.3. Gottlieb Daimler i Karl Benz

Gottlieb Daimler (1834-1900), njemački inženjer i industrijalac, izradio je prvi motocikl (sl. 2.5.) koji je 1885. g. položio ispit vožnjom od Cannstatta do Untertürkheima i natrag (sve u blizini Stuttgarta). Pogonjen benzinskim motorom sa stranim paljenjem, snage 0,4 kW, motocikl mase 90 kg, s drvenim kotačima i malim potpornim kotačima sa strane zbog kojih je tada bio još nazvan *Reitwagen* (u prijevodu: jahaća kola), razvijao je najveću brzinu od 6 do 12 km/h, što je ovisilo o omjeru remenskog prijenosa na pogonski kotač.



Slika 1. Gottlieb Daimler izradio je 1885. prvi motocikl pogonjen benzinskim motorom

Karl Benz (1844-1929), njemački inženjer i industrijalac, je 1886. g. izradio i patentirao pod nazivom *vozilo s plinskim pogonom*, prvi automobil koji je tada imao samo tri kotača. Već 1884. on je izradio trokolicu s diferencijalnim prijenosnikom na stražnjoj pogonskoj osovini, pogonjenu jednocilindarskim četverotaktnim motorom s električnim paljenjem, snage 0,7 kW. Godine 1926. Bencova i Daimlerova tvrtka udružile su se u *Daimler-Benz A.G.*, proizvođača čuvenih automobila *Mercedes*.



Slika 2. Motorno vozilo Karl Friedrich Benza iz 1885. god.

Tim su dostignućima bili ispunjeni nužni preduvjeti za razvoj vozila i zrakoplova, jer [[je bio pronađen stroj koji pretvara kemijsku energiju u mehanički rad (*motor*) i nositelj energije (*gorivo*) koji za tadašnje pojmove nisu bili preteški i nisu zauzimali previše mjesta.

2.1.4. Rudolf Diesel

Rudolf Diesel (1858-1913) potaknut Carnotovim procesom i spoznajom da su za visoki stupanj korisnosti potrebne visoke temperature, zanosio se još za vrijeme studija mišlju o motoru s unutarnjim izgaranjem, kod kojega bi se visokom kompresijom a za svoju je zamisao dobio patent 1892. godine a 1893. motor je po prvi puta proradio uz zaglušnu grmljavinu u laboratoriju tadašnje Tvornice strojeva (kasnije MAN) u Augsburgu. Konačno, nakon godina upornoga Diesellovog rada i borbe protiv onih koji su mu htjeli ukrasti pronalazak, dovršen je treći pokusni motor koji je mogao raditi bez zastoja tijekom duljeg vremena. Motor je na pokusnom stolu razvio snagu od 13,1 kW kod 154 min⁻¹. Godine 1897. njegov motor imao je snagu od 13,1 kW kod 154 min⁻¹ i specifičnu potrošnju goriva od 324 g/kWh. Time je taj motor po ekonomičnosti ($\eta \approx 26\%$)

daleko nadmašio dotadašnje motore. Tu je prednost njegov motor zadržao je sve do današnjih dana.

Dieselov motor napokon se pokazao dobrim i ekonomičnim strojem za pogon stabilnih strojeva i brodova. No za pogon automobila još uvijek nije bio pogodan. Glavni mu je nedostatak bilo upuhavanje goriva u cilindar pomoću komprimiranog zraka, koje nije omogućavalo postizanje većih brojeva okretaja. Osim toga i sam kompresor je bio velik i težak. Za gradnju malog motora za pogon vozila, jedino se znatnim povećanjem broja okretaja mogla postići dovoljna velika snaga, uz prihvatljivo mali ugradbeni volumen motora. To je postignuto izradbom Boschove crpke za ubrizgavanje goriva. Konačni oblik dobila je 1925., a njezina serijska proizvodnja započela je 1927. godine.

Za uspješan pohod automobila svijetom bila su presudna još dva izuma: kotač s gumom napunjenom zrakom (John Boyd Dunlop, 1888.) i tekuća traka za montažu automobila (Henry Ford, 1913.).

Za uspješan pohod automobila svijetom bila su presudna još dva izuma: kotač s gumom napunjenom zrakom (John Boyd Dunlop, 1888.) i tekuća traka za montažu automobila (Henry Ford, 1913.)

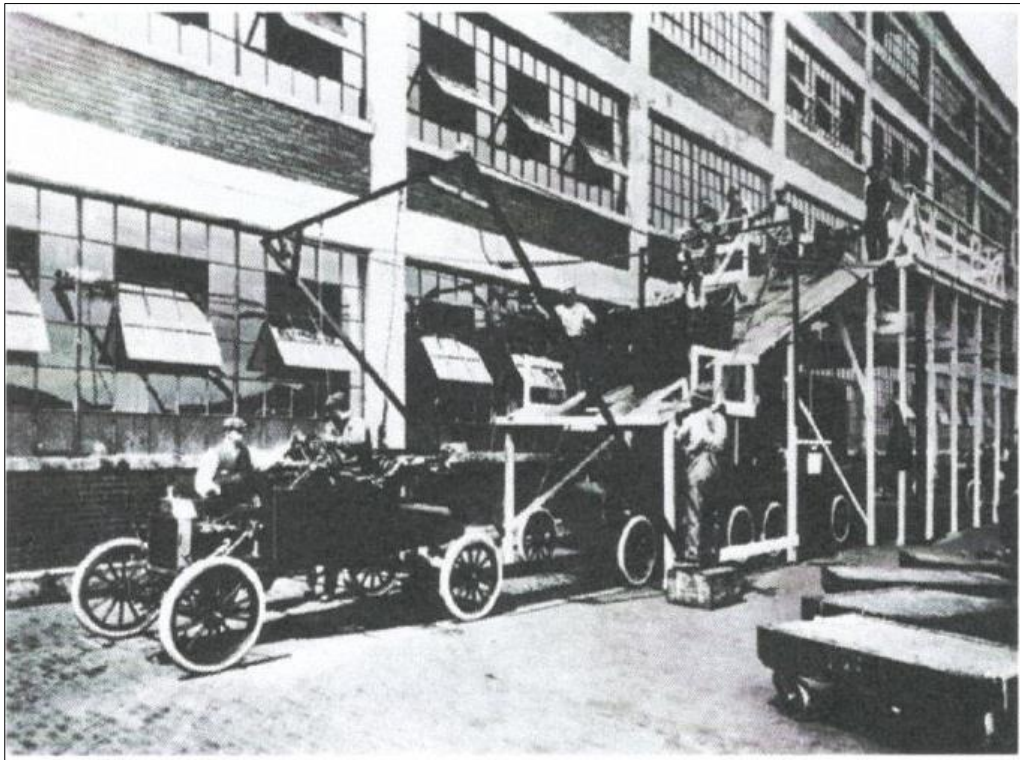
2.2. Montažna traka

Američki industrijalac Henry Ford (1863.-1947.) godine 1913. pustio je u svojoj tvornici *Highland Parku* (blizu Detroitu, SAD) u pogon svoj novi izum: prvu montažnu traku za proizvodnju automobila. U narednim godinama ona je postala osnovnim načelom cjelokupne svjetske industrijske proizvodnje. Prvi automobil koji se proizvodio na taj način bio je Fordov *Model T*. Od 1908. do 1927. proizveden je ukupno u 15 milijuna primjeraka. Reorganizacijom, uvođenjem montažne trake i odlučnom racionalizacijom Ford je uspio optimirati proizvodnju, radnicima je skratio radno vrijeme, a analizom pokreta i studijem rada olakšao im je tjelesne napore te im istovremeno povećao plaće. Sve je to urodilo povećanjem produktivnosti i kakvoće kao i smanjenjem cijene proizvoda. Tako je prodajna cijena *Forda T* 1908. godine bila 850 \$, dok se 1925. prodavao po cijeni od samo 260 \$. Veliku dobit Ford nije zadržao samo za sebe. Njegovi su radnici bili među najbolje plaćenim u Detroitu.

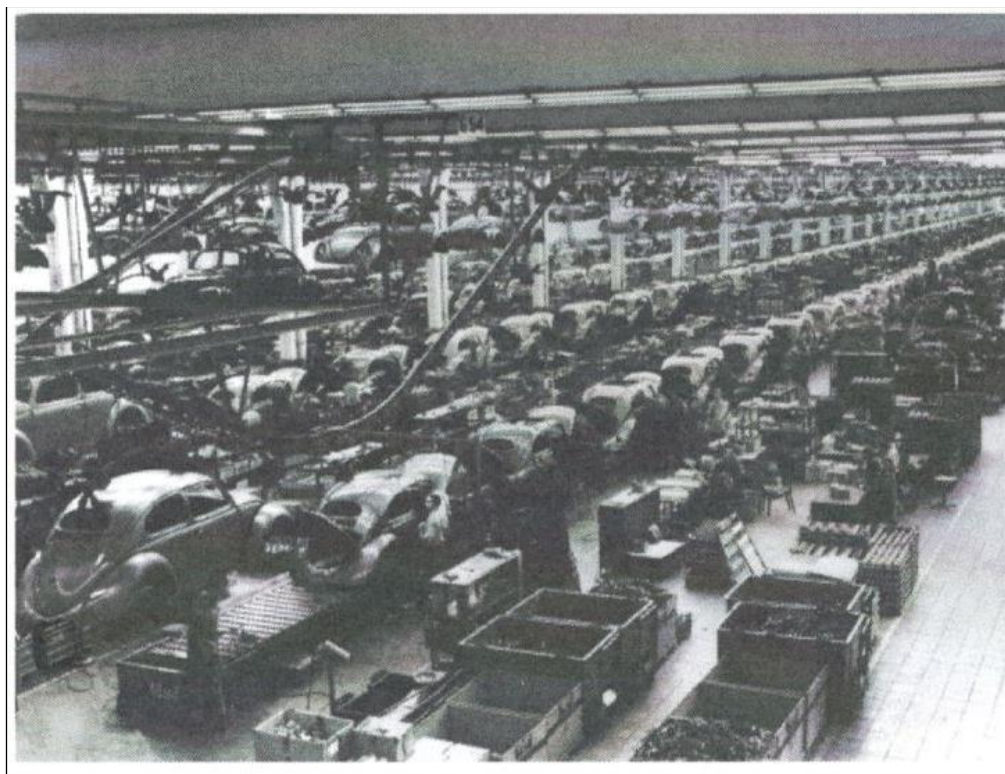
Godine 1914. deset milijuna dolara profita te kompanije bilo je podijeljeno radnicima.



Slika 3. Pokretna traka za proizvodnju Fordovih automobila godine 1914.

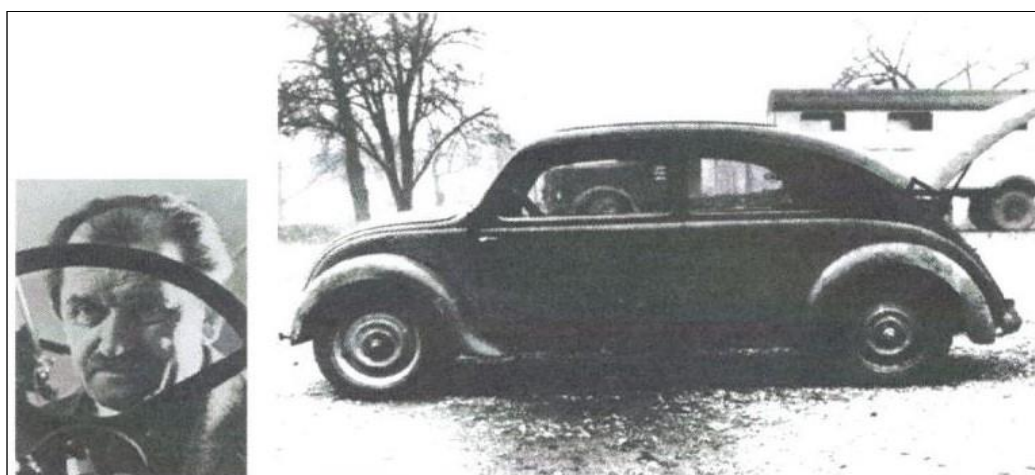


Slika 4. Prva montažna traka (1913.) – pronalazak Henryja Forda (1863-1947). Na slici je završna montaža čuvenog modela T (Tin Lizzie) u Fordovoj tvornici u Highland Parku (blizu Detroitu, SAD)



Slika 5. Traka za proizvodnju popularnih buba u Volkswagenovoj matičnoj tvornici u Wolfsburgu početkom 1960-tih godina

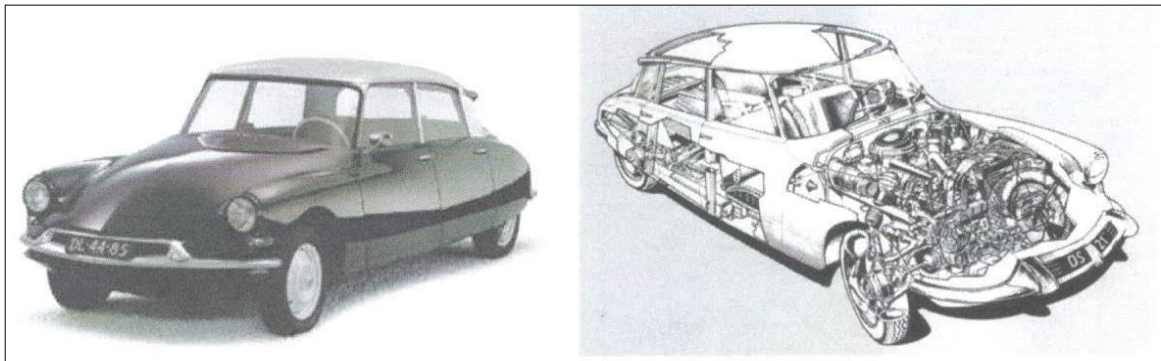
2.3. Suvremeniji automobili



Slika 6. Prof. dr. Ferdinand Porsche (1875-1951) i prototip prvoga Volkswagenovog automobila, kasnije popularne bube, proizveden 1935. godine, zrakom hlađeni 4-cilindrični motor, 985 cm³, 16 kW kod 3000 min⁻¹, masa praznog vozila 600 kg, 103 km/h. Proizvodnja započeta tek nakon 2. svjetskog rata u tvornici Wolfsburgu

Citroën (sl. 4) je svojim automobilom DS19 izazvao pravu senzaciju na automobilskom sajmu u Parizu 1955. godine. Ispod futurističkog okvira s velikim razmakom osovina (3125 mm) bilo je skriveno više tehničkih novina nego ikad ranije: jedinstveni hidropneumatski ovjes, prednji pogon, servo-upravljač, servo-kočnica itd. U prvih 45 minuta bilo je prodano 749, do kraja dana 12.000, a do kraja sajma 80.000 primjeraka toga predivnog automobila.

Konstruiran je tako da svojim putnicima pruži najveću moguću udobnost povezanu s ljepotom i elegancijom, drugačiji od svih ostalih. DS je bio daleko ispred svog vremena. Nikada dva slova nisu bila bolje odabrana za oznaku automobila (DS se u francuskom jeziku izgovara *Deese* što znači božica), pa čak ni danas on nije izgubio svoje draži. U raznim se inačicama proizvodio punih 30 godina.



Slika 7. Citroen DS 19 iz 1955. godine []

Suvremene tehnologije su umnogome izmijenile onaj nekadašnji automobil: učinile su ga sigurnijim, udobnijim i ekonomičnijim.

2.4. Kotač

Može se reći to da povijest prijevoznih sredstava počinje otkrićem kotača, kada su ljudi shvatili da će ako postave deblo ispod tereta koje su vukli, biti potrebna manja snaga da bi se teret premjestio, u najširem smislu riječi počinje s nastojanjem ljudi da stvore prijevozno sredstvo koje će se pokretati kopnom bez pomoći ljudske i životinjske snage.

Već je R. Bacon oko 1250. godine predviđao pojavu takvog vozila s vlastitim pogonom, Leonardo da Vinci je oko 1500. godine izradio i prve nacрте za samohodna kola. Razvoj samopokretnih prijevoznih sredstava započinje izumom parnog stroja što omogućuje nastanak novih izuma i ideja. Francuz N. J. Cugnot 1769. g. izrađuje prvo vozilo na parni pogon koje se moglo kretati vlastitom snagom (slika 11.).

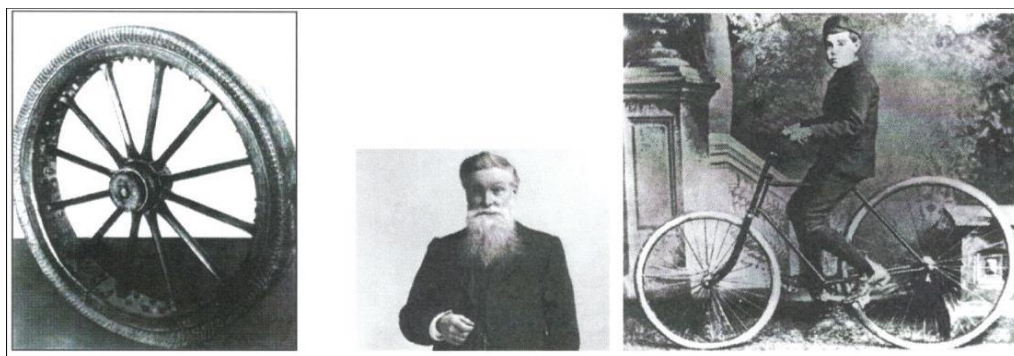
Cugnotovi modeli, kao i kasnije konstruirani parni automobili Murdora, Evansa, Tervithcka, Gordona, Jamesa i Gurneva, nisu imali većeg uspjeha, prvenstveno zbog

njihove glomaznosti i tehničke nedorečenosti. Parni automobili su osim toga imali velikog konkurenta u željeznici, koja se u tim vremenima pokazala daleko naprednijim prometnim oblikom.

Bez obzira na brojne pokušaje usavršavanja parnog automobila, uvijek se kao zapreka pojavljivala činjenica da su bili jako teški i nespretni za rukovanje. Premošćivanje toga problema i velik početak za cestovna prijevozna sredstva počinje izumom J. J. Lenora i njegovim dvotaktnim plinskim motorom na električno paljenje (1860), zatim 1867. g. N. A. Otto konstruira četverotaktni plinski motor, a S. Marcus je izumio prvi automobil na benzinski pogon s električnim paljenjem (1876).

Na slici 5. prikazana je guma napunjena zrakom. Prva guma napunjena zrakom koju je godine 1846. izradio Britanac Robert W. Thomson (*lijevo*). John Boyd Dunlop (*u sredini*) je 1888. napravio gume napunjene zrakom za bicikl svoga sina (*desno*).

Guma napunjena zrakom (zračnica) bila je jedan od osnovnih preduvjeta uspješnog razvoja automobila. Prva, koju je još 1846. izradio Britanac Robert W. Thomson za kotače kola, došla je prerano i pala u zaborav. Tek 1888., 42 godine kasnije, John Boyd Dunlop (1840-1921), irski veterinar i pronalazač, napravio je gume napunjene zrakom, za bicikl svoga sina da bi mu povećao udobnost i brzinu. Dunlop je 1889. u Londonu osnovao tvrtku Dunlop Rubber Company Ltd. koja je u početku proizvodila gume za bicikle i automobile, a kasnije i druge gumene proizvode. Njegov se pronalazak ubrzo počeo primjenjivati na kotačima cestovnih vozila širom svijeta.



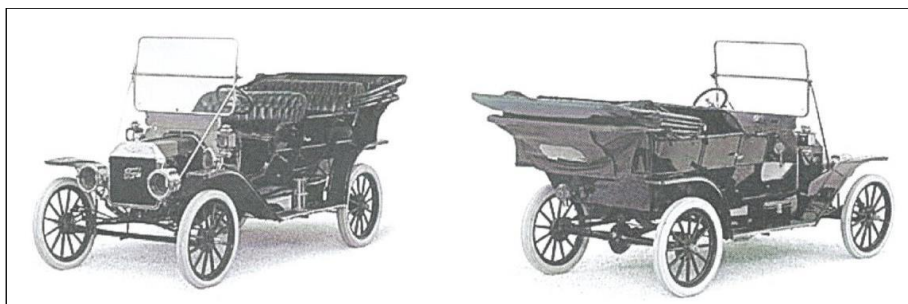
Slika 8. Prvu gumu napunjenu zrakom izradio je 1846. Robert W. Thompson (*lijevo*). John Boyd Dunlop izradio je gume napunjene zrakom za bicikl svoga sina (*desno*)

2.5. Automobil stoljeća

Krajem 20. stoljeća organiziran je izbor automobila stoljeća: *Car of the Century*. Odabir je bio vrlo dugotrajan. Glasovanje je započelo nekoliko godina ranije s popisom od 200 automobila. Taj je broj godine 1997. smanjen na 100 i potom 1999. na 27 automobila. Konačno ih je s toga popisa odabrano pet sa sljedećim poretkom:

1. *Ford Model T* 742 boda
2. *Mini*, svi tipovi 617 bodova
3. *Citroen DS* 567 bodova
4. *Volkswagen Beetle* 521 bod
5. *Porsche 911* 303 boda.

Međunarodnu prosudbenu skupinu sačinjavalo je 126 automobilskih novinara i stručnjaka iz 32 zemlje. Kriteriji su bili: stupanj inventivnosti u trenutku nastupa na tržištu, konstrukcija, utjecaj na automobilsku industriju i na samo ljudsko društvo općenito.



Slika 9. Ford Model T (1908.-1927.) automobil stoljeća (Car of the Century): četverocilindrični motor, radni obujam 290 cm³, snaga 15 kW, snaga 15 kW, mjenjač s dvije brzina, najveća brzina 68 km/h.

2.6. Na početku trećeg tisućljeća

Posve je neizvjesno kako će automobil izgledati krajem 21. stoljeća. Ako bi se za pogon koristili samo motori na klasična goriva, a naftne bušotine se iscrpljivale u iznosu od danas uobičajenih 40%, zalihe na Zemlji trajati će do približno 2060. godine. Tako će manje od dva stoljeća biti dovoljna čovjeku da izumi motor i motorno vozilo te njima potroši sve danas isplative zalihe dragocjenoga crnog zlata na zemlji. Proglasivši novac mjerilom svih stvari, taj je *homo sapiens* osim neospornog napretka na gotovo svim područjima ljudskih djelatnosti pritom na žalost poremetio okoliš u dotad neviđenim razmjerima, a sve to ostavlja svojoj djeci u naslijeđe. Hoće li novine, koje se naslućuju na pragu novog milenija biti popraćene i drugačijim odnosom prema prirodi, pokazat će budućnost. U području automobilske tehnike razvoj će vjerojatno krenuti u dva smjera: tehnološki visoko dotjerana za bogate i ona sasvim jednostavna za ostale. Klasično strojarstvo koje je čvrsto držalo automobil u svojim rukama tijekom prve polovice 20. stoljeća ustupa pred mehatronikom, kombinacijom mehanike, elektronike i informatike.

Sustavi za komunikaciju i za određivanje zemljopisnog položaja vozila te za njegovo navođenje prema željenom cilju uz satelitsku pomoć, postat će standardnom

opremom u bogatim zemljama. Težnja za što boljim iskorištenjem goriva dovest će do toga da će uobičajeni mehanizmi biti zamijenjeni elektromehaničkima pa ni sam motor više neće biti čisto mehanički sklop.

Na slikama 10. 11. i 12. prikazani su automobili budućnosti tvrtke *Rimac Automobili*.



Slika 10. Mate Rimac, vlasnik tvrtke Rimac Automobili



Slika 11. Automobil budućnosti tvrtke Rimac Automobili, svjetsko čudo iz Hrvatske



Slika 12.. Automobil budućnosti tvrtke Rimac Automobili

3. DIZELSKI MOTORI

Dizelski motor je stroj s unutarnjim izgaranjem koji pretvara toplinu u mehanički rad. Dizelski motori za cestovna vozila spadaju u skupinu brzohodnih motora, s brojem okretaja do 5500 min^{-1} . Zbog znatno povoljnije potrošnje goriva ugrađuju se u osobna i laka teretna cestovna vozila. U Europi se za pogon teških teretnih vozila primjenjuju isključivo srednjohodni dizelski motori (do 2200 min^{-1}).

3.1. Konstrukcija

Dizelski motor načelno je jednake konstrukcije kao i Otto-motor i čine ga četiri temeljne konstrukcijske cjeline i dodatni pomoćni sustavi:

- kućište motora (uljno korito, kućište koljenastog vratila, cilindarsko kućište, motorna glava i poklopac glave)
- klipni mehanizam (klipovi, klipnjača i koljenasto vratilo)
- razvodni mehanizam (ventili, bregasto vratilo, podizači ventila, opruge i pogon visokotlačne crpke)
- sustav dobave i ubrzavanja goriva
- pomoćni sustavi (hlađenje, podmazivanje, ispuh, uređaj za hladno pokretanje motora).

3.2. Načelo rada

Proces izgaranja u dizelskom motoru bitno je različit od onoga u Otto-motoru. Dizelski motor uvijek radi s unutarnjim stvaranjem smjese i samopaljenjem gorive smjese. Motor usisava i potom komprimira samo zrak. U jako komprimirani zrak ubrizgava se pod visokim tlakom točno odmjerena količina goriva, kod osobnih vozila između 4 i 60 mm^3 po ubrizgavanju. Gorivo se pali samo od sebe (samopaljenje).

Dizelski motor radi u svim pogonskim uvjetima s viškom (pretičkom) zraka ($\lambda > 1$).

3.3. Radni ciklus dizelskog motora

Dizelski motori mogu biti:

- **četverotaktni** – motorna vozila, posebice osobna i laka teretna i
- **dvotaktni** – prvenstveno veliki brodski i stacionarni motori, ali i za teška teretna vozila i građevinske strojeve, čak i kao model-motori u aviomodelarstvu.

3.3.1. Četverotaktni dizelski motor

1. takt – usis. Kroz otvoren usisni ventil (UV) u cilindar ustrujava čisti, pročišćeni zrak. U usisnoj grani obično nema nikakvog prigušenja (leptira), pa je zbog manjih otpora bolje punjenje cilindra. Usisni ventil otvara između 25° prije i 8° nakon GMT-a. Pritom je ispušni ventil IV otvoren i do 30° nakon GMT-a. Za vrijeme usisa klip u cilindru stvara podtlak od 0,7 do 0,85 bara, a kod motora s turbopunjačem do 2 bara.

2. takt – kompresija. Gibanjem prema GMT klip komprimira usisanu količinu zraka znatno više nego u Otto-motora: kompresijski stupanj ϵ kreće se od 14 do 24, ovisno o konstrukciji motora. Tako visok ϵ dobije se zbog vrlo malog kompresijskog prostora u odnosu na radni volumen cilindra. Konačna temperatura ($700 - 900^\circ\text{C}$) puno je veća od temperature ubrizganog goriva (točka samozapaljenja smjese goriva za dizelske motore cestovnih vozila je $320-380^\circ$), a tlak na kraju kompresije iznosi 30-60 bara..

3. takt – radni takt. Ubrizgano gorivo pod tlakom 90-2500 bara je krajem kompresijskog takta isparilo zbog visokih temperatura, pomiješalo se sa zrakom i zapalilo. Klip je prošao GMT i uputio se prema DMT-u. Ubrizgavanje se nastavlja, a zbog visokih temperatura i tlakova, gorivo praktički izgara trenutno. Izgaranje završava približno 60° nakon GMT-a, pa je na pV-dijagramu vidljivo izgaranje pri konstantnom tlaku ($p = \text{const.}$).

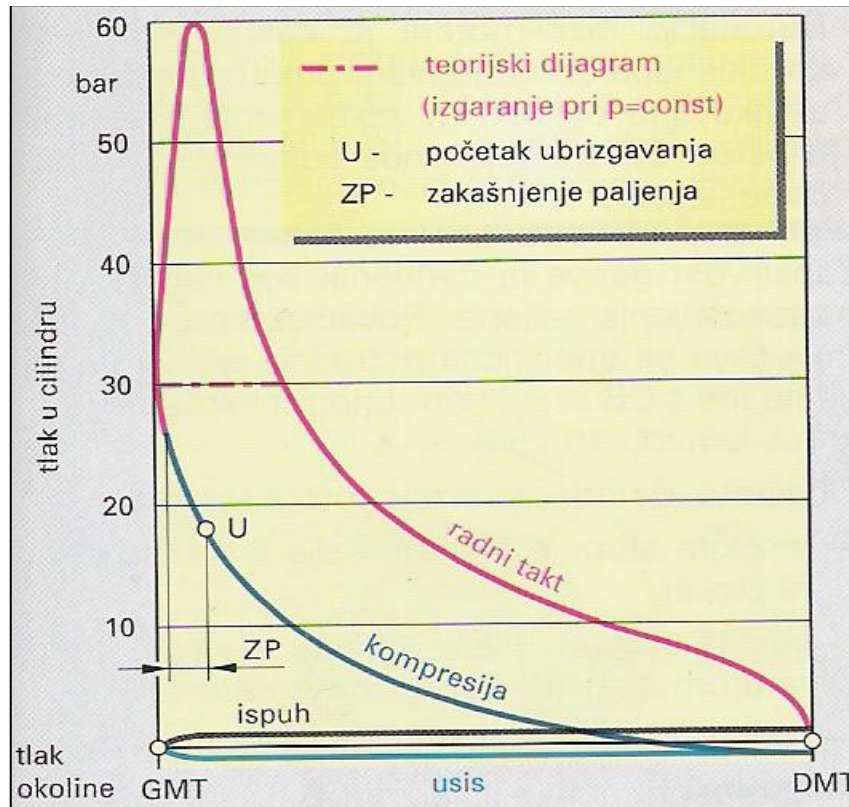
Zbog unutarnjeg stvaranja smjese, dizelski motori raspolažu s vrlo malo vremena za stvaranje homogene smjese goriva i zraka. Unatoč tomu što dizelski motori rade s viškom zraka, postoji opasnost da u područjima s manjkom zraka neizgorene molekule ugljikovodika stvaraju jezgru čađe na koju se lijepe ostale tvari. To su sumpor, metalni oksidi, sulfati, voda i ugljikovodici. Te čestice uz već poznate neizgorene HC, CO, CO₂ i NO_x predstavljaju emisiju štetnih tvari dizelskih motora.

4. takt – ispuh. Ispušni ventil je otvorio još u radnom taktu ($40-50^\circ$ prije DMT-a), pa izgarni plinovi velikom brzinom struje kroz otvor. Kako dizelski motori imaju vrlo visok stupanj kompresije, to se prilikom ekspanzije ispušni plinovi više ohlade, nego kod Otto-motora (pri punoj snazi imaju $550 - 750^\circ\text{C}$).

Temperatura izgarnih plinova u dizelskom motoru jako ovisi o opterećenju: snaga dizelskog motora mijenja se promjenom količine ubrizganog goriva u uvijek jednaku količinu zraka u cilindru (promjena snage promjenom omjera zraka λ (kvalitativna regulacija). Manja količina ubrizganog goriva ne može postići takvu temperaturu kao velika.

Kod Otto-motora manja količina goriva pomiješana je s manjom količinom zraka, pa je temperatura izgaranja gotovo konstantna.

Na slici 13. predstavljen je grafički prikaz pV dijagrama dizelskog motora.



Slika 13. Grafički prikaz pV dijagrama dizelskog motora [2]

Temperatura izgaranih plinova u dizelskom motoru jako ovisi o opterećenju: snaga dizelskog motora mijenja se promjenom količine ubrizganog goriva u uvijek jednaku količinu zraka u cilindru (promjena snage promjenom omjera zraka λ (kvalitativna regulacija). Manja količina ubrizganog goriva ne može postići takvu temperaturu kao velika.

Kod Otto-motora manja količina goriva pomiješana je s manjom količinom zraka, pa je temperatura izgaranja gotovo konstantna.

3.3.2. Dvotaktni motori

Dvotaktni motor je po svojim konstrukcijskim obilježjima mnogo jednostavniji od četverotaktnog motora. Neki dijelovi koji su neophodni za rad četverotaktnog motora, kod dvotaktnog ne postoje; primjer su usisni ventili, zajedno s podizačima i kvrgama, a kod velike većine jednostavnih dvotaktnih motora, bez ventila uopće (nema ni ispušnih). Time se pojednostavljuje i pojeftinjuje izvedba motora. Košuljice dvotaktnih motora su napravljene s kanalima, kroz koje se izmjenjuje medij, tako da kod svakoga dvotaktnog motora postoje ispirne kanali, a kod onih bez ventila i ispušne.

Jedna od značajki dvotaktnih Otto-motora je to da se mogu izvesti i bez ulja u uljnoj posudi, tada rade na mješavinu ulja i goriva, obično u mješavinama 2-4% ulja u njoj, pri čemu ulje u mješavini služi za podmazivanje ležajeva i prstenova.

Kompresija počinje trenutkom zatvaranja ispušnog kanala, kojega zatvara klip u svom gibanju prema gore. Kompresija traje do nešto prije GMT, kada dolazi do paljenja smjese ili ubrizgavanja goriva u cilindar. Klip inercijom prolazi GMT, te se započinje gibati ka DMT u ekspanziji. Ekspanzija završava trenutkom otvaranja ispušnog kanala, kada ispušni plinovi pod tlakom „jurnu“ iz cilindra u ispušnu cijev čime počinje izmjena medija u cilindru. Zatim klip u svom gibanju otvara ispirne kanale i zrak koji je tlačen u podstapnom prostoru ulazi u cilindar i ispire cilindar od preostalih plinova. Tijekom gibanja oko DMT, oba kanala su otvorena, i ispušni i ispirni, te dio zraka (ili smjese) odlazi u ispušnu cijev. Klip svojim gibanjem ka GMT zatvara prvo ispirne kanale, a zatim i ispušne, te počinje kompresija. Ispuh se temelji na istjecanju ispušnih plinova iz cilindra (s većeg na manji tlak), malim dijelom na inerciji, a zatim i na tlaku ispirnog zraka koji ulazi u cilindar.

Dvotaktni motor je u osnovi jednostavan motor bez kompliciranoga razvodnog mehanizma za otvaranje ventila, s relativno jednostavnim održavanjem i dobrom pouzdanošću. Ispiranje cilindra u tom se slučaju izvodi na dva načina, poprečnim sustavom ili obrnutim (petlja) sustavom. Oba sustava postižu otprilike iste rezultate ispiranja i podjednako su u primjeni. Nešto složeniji i kvalitetniji sustav je sustav s uzdužnim ispiranjem, gdje zrak struji uzdužno, ali se u tom slučaju mora imati ventil na glavi motora, što s jedne strane poskupljuje izvedbu, ali omogućava bolje ispiranje motora i poboljšanje ukupnih performansi motora i povećanje ukupnog stupnja iskorištenja na preko 54%, što je najbolji rezultat od svih strojeva koje je čovjek proizveo.

Dvotaktni motor cijeli svoj radni ciklus obavi u dva takta ili jedan krug koljenastog vratila. Time se razlikuje od četverotaktnog koji to obavi za dva kruga. Dva takta dvotaktnog motora su:

- izmjena medija i kompresija
- izgaranje i ekspanzija (radni takt).

Dvotaktni motor prilikom svakog kruga koljenastog vratila ima jedno izgaranje i ekspanziju (radni takt), za razliku od četverotaktnog koji ima jedan radni takt svaka dva kruga koljenastog vratila. Time teoretski dvotaktni motor ima dvostruko veći radni učinak od četverotaktnog. Po svojim konstrukcijskim obilježjima mnogo je jednostavniji od četverotaktnog. Neki dijelovi koji su neophodni za rad četverotaktnog motora, kod

dvotaktnog ne postoje; primjer su usisni ventili, zajedno s podizačima i bregastim vratilom, a kod velike većine jednostavnih dvotaktnih motora, bez ventila uopće (nema ni ispušnih). Na taj način se pojednostavljuje i pojeftinjuje izvedba motora.

Košuljice dvotaktnih motora napravljene su s kanalima, kroz koje se izvodi izmjena medija, tako da kod svakoga dvotaktnog motora postoje ispirni kanali, a kod onih bez ventila i ispušni.

Jedna od značajki dvotaktnih Otto-motora je to da se mogu izvesti i bez ulja u uljnoj posudi. Tada rade na mješavinu ulja i goriva, obično u mješavinama bude 2-4% ulja, pri čemu ulje u mješavini služi za podmazivanje ležajeva i prstenova.

Kompresija počinje trenutkom zatvaranja ispušnog kanala, kojeg zatvara klip u svom gibanju prema gore. Kompresija traje do nešto prije GMT, kada dolazi do paljenja smjese ili ubrizgavanja goriva u cilindar. Klip inercijom prolazi GMT, te se započinje gibati ka DMT u ekspanziji.

Ekspanzija završava trenutkom otvaranja ispušnog kanala, kada ispušni plinovi pod tlakom *urnu* iz cilindra u ispušnu cijev čime počinje izmjena medija u cilindru. Zatim klip u svom gibanju otvara ispirne kanale i zrak koji je tlačen u podstapnom prostoru, ulazi u cilindar i ispire cilindar od preostalih plinova. Tijekom gibanja oko DMT, oba kanala su otvorena, i ispušni i ispirni, te dio zraka (ili smjese) odlazi u ispušnu cijev. Klip svojim gibanjem ka GMT zatvara prvo ispirne kanale, a potom i ispušne, te počinje kompresija. Ispuh se temelji na istjecanju ispušnih plinova iz cilindra (s većeg na manji tlak), malim dijelom na inerciji, a zatim i na tlaku ispirnog zraka koji ulazi u cilindar.

3.3.3. Prednosti i nedostaci dvotaktnog motora

3.3.3.1. Prednosti

Prvi dvotaktni motor predstavljen je svijetu u isto vrijeme kada i klasični dizelski četverotaktni motor. Relativno nedavno pojavili su se dvotaktni Otto-motori. Ključna značajka je mala masa. Ovdje se može govoriti o smanjenju mase za 40-50% klasičnoga dizelskog motora s turbinom. Vrlo važna značajka za suvremeni automobil automobil jest kada programeri pokušavaju smanjiti masu automobila koliko god je to moguće.

Još jedna prednost je to da je uređaj dvotaktnog dizelskog motora nešto jednostavniji od Otto-motora. Manje dijelova čini održavanje nešto lakšim i jeftinijim. Iako je moguće raspravljati s potonjim, jer nisu svi naišli na tu vrstu motora. Takav pogon može se rekonstruirati i popraviti s minimalnom količinom alata. Zapravo, to je pojednostavljena verzija motora s unutarnjim izgaranjem. Osim toga, prisutnost kompresora može značajno uštedjeti gorivo. Oko 40-50% dizelskog goriva štedi se zbog dvotaktnog dizajna. Naravno,

svi motori imaju svoje prednosti i mane. U nekim slučajevima, nedostaci su važniji, jer su oni koji ograničavaju uporabu.

3.3.3.2. Nedostaci

Osnovni problem je nedostatak radionica u kojima se mogu kvalitetno održavati i popraviti dvotaktni dizelski motor. To je sasvim prirodno i logično jer mnogi proizvođači ne proizvode serijski slične motore, a još manji broj ih instalira na automobile. Ako se automobil redovito održavanje u servisnoj radionici to je vrlo skupo. Osim toga, obično je problematična nabava doknadnih dijelova na koje je često potrebno čekati mjesec ili više dana. Ako je moguće popraviti takav motor s unutarnjim izgaranjem u velikim gradovima i pronaći doknadne dijelove, malo je vjerojatno da će to biti učinjeno u manjim mjestima.

Dvotaktni motori danas se manje upotrebljavaju nego nekada, pogotovo izvedenice koje rade po Otto-procesu. To je stoga što dio gorive smjese izađe neizgoren iz cilindra, te time povećava potrošnju i zagađenja okoliša. Stoga se dvotaktni motori sve više zamjenjuju četverotaktnima, i na uređajima koji su nekada bili rezervirani isključivo za dvotaktne. Takav primjer su izvanbrodski motori kod kojih je došlo do gotovo potpune promjene izvedbe, pa je danas gotovo nemoguće pronaći dvotaktni izvanbrodski motor. Dvotaktni motor gubi utрку i na području strojeva za vrt i polje (kosilice, motokultivatori, motorne prskalica...), gdje se ulažu znatni napor u smanjenju veličina četverotaktnog motora uz povećanje snage.

U automobilskoj industriji dvotaktni motor se više ne upotrebljava, a i u motociklizmu je zamijenjen četverotaktnim. Jedino područje gdje dvotaktni motor dominira je brodski pogon, gdje se velika većina brodova pogoni dvotaktnim sporohodnim motorima, najvećim motorima današnjice.

3.4. Prednosti, nedostaci i ostale značajke dizelskih motora

3.4.1. Prednosti

Prednosti dizelskih motora su:

- znatno niža potrošnja goriva (do 30%)
- manja opasnost od izbijanja požara
- konstrukcija i načelo rada prikladniji za veće snage motora
- niže temperature ispuha
- ravnomjerniji okretni moment u širem području broja okretaja

3.4.2. Nedostatci

Nedostatci dizelskih motora su:

- veća masa i dimenzije za istu snagu
- nisu prikladni za velike brojeve okretaja
- nisu prikladni za rad na malom opterećenju s malim brojem okretaja
- veća bučnost i vibracije
- kancerogene čestice u ispuhu.

3.4.3. Ostale značajke

Neke ostale značajke dizelskih motora su:

- usisavaju i komprimiraju (stlaču) čisti zrak
- nemaju leptira u usisnoj grani, pa imaju ravnomjerniji okretni moment
- snaga se mijenja promjenom omjera zraka λ
- uvijek rade s unutarnjim stvaranjem smjese
- samozapaljenje goriva ubrizgavanjem u vreli komprimirani zrak
- uvijek rade s omjerom zraka $\lambda > 1$
- gorivo je teže hlapljivo, s manjim zakašnjenjem paljenja (mali OB i veliki CB)
- zbog velikoga kompresijskog stupnja plinovi jako ekspandiraju, temperatura ispuha je znatno niža i iskorištenost stroja veća (pogotovo na praznom hodu i djelomičnom opterećenju)
- izgaranje se odvija jednim dijelom pri $V = \text{const.}$, drugim dijelom pri $p = \text{const.}$

(tzv.

Sabathe proces)

- od trenutka ubrizgavanja goriva u cilindar do početka izgaranja smjese neminovno mora proteći određeno vrijeme, taj interval naziva se *zakašnjenje paljenja*
- zakašnjenje paljenja traje od trenutka početka ubrizgavanja goriva u cilindar do trenutka mjerljivog porasta tlaka i temperature (obično traje oko 1 ms (1/1000 sek.).

3.5. Uređaj za napajanje gorivom dizelskih motora

Uređaj za napajanje gorivom dizelskih motora treba ubrizgati točno određenu količinu goriva u cilindre motora s točnim početkom ubrizgavanja. Ubrizgano gorivo kratko nakon ubrizgavanja počinje izgarati zbog samozapaljenja u vrućem zraku. Da bi ubrizgano gorivo potpuno izgorjelo bez stvaranja taloga i s minimalnom količinom čađi, ono mora ispariti i izmiješati se sa zrakom. Gorivo će brže isparavati ako je vrtloženje zraka u cilindru veće, te ako se gorivo fino rasprši prilikom ubrizgavanja. Zbog toga su tlakovi ubrizgavanja u cilindre motora vrlo visoki i kreću se čak i do 2.500 bara. Završetak

ubrizgavanja mora biti brz i bez naknadnog kapanja kako bi se pridonijelo kakvoći izgaranja.

Uređaj za napajanje gorivom može biti izveden na različite načine, a u osnovi se razlikuje prema vrsti crpke za ubrizgavanje goriva. Tako se razlikuju uređaji za napajanje gorivom s:

- klipnom crpkom
- distribucijskom crpkom
- jedinstvenim sklopom crpke i brizgaljke i
- stalnim tlakom.

3.5.1. Uređaj za napajanje goriva klipnom crpkom

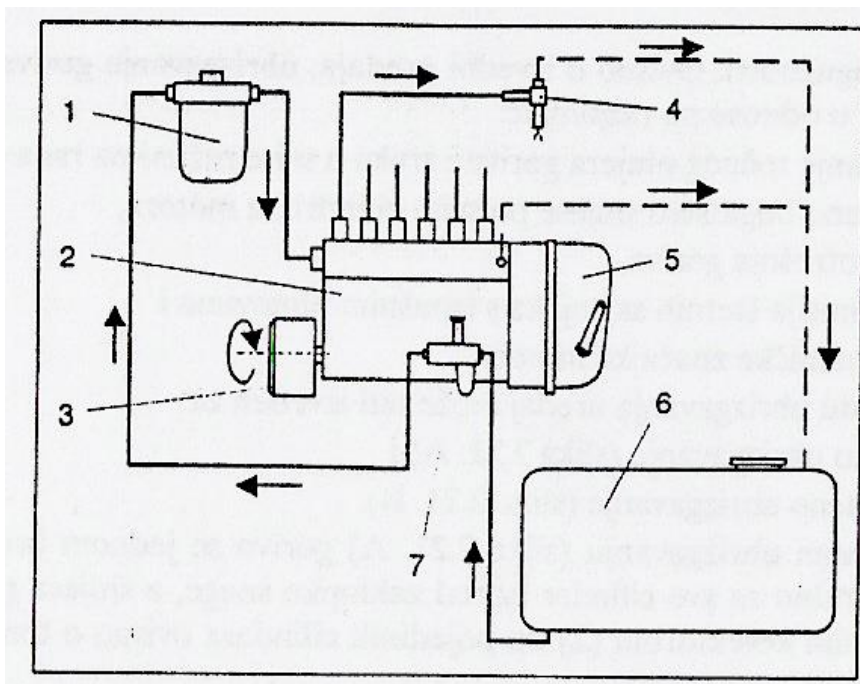
Shematski prikaz načelne sheme jedne izvedbe uređaja za napajanje gorivom dizelskih motora klipnom crpkom prikazan je na slici 37.

Dobavna crpka (7) povlači gorivo iz spremnika (6) i potiskuje ga kroz pročištač (1) do klipne crpke za ubrizgavanje (2). Klipna crpka potiskuje gorivo pod visokim tlakom do brizgaljke (4). Iz brizgaljke gorivo se ubrizgava u cilindar motora. Broj brizgaljki jednak je broju cilindara. Na glavu svakog cilindra postavljena je po jedna brizgaljka. Klipna crpka (visokotlačna) ima također onoliko sekcija, odnosno izvoda za gorivo koliko motor ima cilindara (na slici je prikazana klipna crpka sa šest sekcija). Svaki izvod iz klipne crpke spaja se pomoću cijevi s jednom brizgaljkom.

Dobavna crpka ima veći kapacitet od potrebnog pa se višak goriva vraća prestrujnim vodom iz klipne crpke u spremnik (isprekidana crpka). Tako se odstranjuju eventualno nastali mjehurići para goriva i zraka, koji bi visokotlačnom sustavu otežavali ubrizgavanje.

Prilikom ubrizgavanja goriva, u brizgaljci se jedan dio goriva zbog nepotpunog brtvljenja probije u njezin gornji dio. Da ne bi ometalo normalan rad brizgaljke, to se gorivo odvodi povratnim vodom u spremnik (isprekidana crta).

Na klipnu crpku vezan je regulator broja okretaja (5). On štiti motor od prevelikog broja okretaja i sudjeluje u upravljanju motorom. Na ulazu pogona u klipnu crpku često je smješten regulator početka ubrizgavanja (3). On ima ulogu početka podešavanja ubrizgavanja (3). On ima ulogu početka ubrizgavanja goriva kada se motoru mijenja broj okretaja.



- 1 – pročištač
- 2 – klipna crpka za ubrizgavanje
- 3 – regulator početka ubrizgavanja
- 4 – brizgaljka
- 5 – regulator broja okretaja
- 6 – spremnik

Slika 14. Shematski prikaz uređaja za napajanje gorivom klipnom crpkom []

Visokotlačna radijalna razvodna crpka primjenjuje se u klasičnim i elektronički upravljanim klasičnim sustavima za ubrizgavanje goriva. Upotrebljava se na osobnim vozilima zbog kompaktnosti, a sastoji se od crpnog dijela, količinskog regulatora, regulatora kuta ubrizgavanja i napojne crpke.

3.5.3. Visokotlačna aksijalna razvodna crpka

Visokotlačna aksijalna razvodna crpka sadrži dobavnu crpku s regulacijskim ventilom, crpni dio s razvodnim klipom, količinski regulator, regulator kuta ubrizgavanja i elektromagnetski isključni ventil. Od radijalne razvodne crpke razlikuje se uzdužno postavljenim razvodnim klipom za razvođenje goriva, dok kod radijalnog to obavljaju dva klipa postavljena poprečno. Aksijalno postavljeni klip nalazi se na bregastoj ploči. Sadrži uzdužne kanale za usisavanje, poprečni provrt za razvođenje goriva, te uzdužni i poprečni provrt za povrat viška goriva. Uzdužnim gibanjem klipa stvara se visoki tlak, a kružnim gibanjem, razvođenje goriva.

3.5.4. EDC - elektronička regulacija dizelskog motora

Primjena elektronički reguliranih sustava za ubrizgavanje dizelskog goriva omogućuje:

- točnu regulaciju točke ubrizgavanja
- osobito precizno odmjeravanje količine ubrizganog goriva
- regulaciju praznog hoda

- ograničenje količine goriva punog opterećenja u ovisnosti o tlaku nabijanja, temperaturu zraka i goriva
- ograničenje maksimalnog broja okretaja
- regulaciju količine goriva prilikom pokretanja motora
- regulaciju povrata ispušnih plinova i regulaciju tlaka nabijanja.

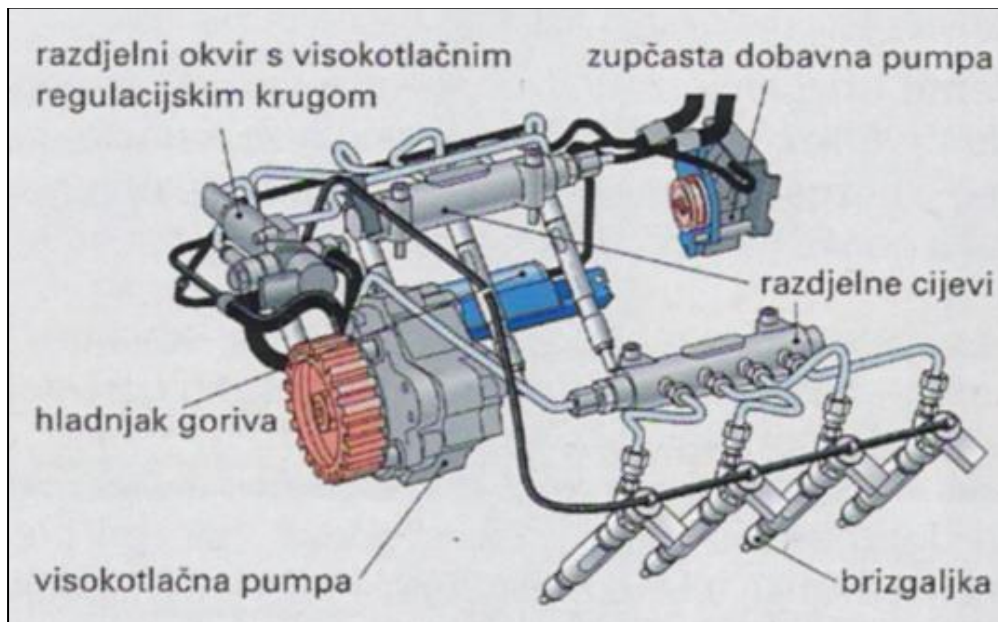
Prednosti EDC su:

- količina štetnih tvari u ispuhu unutar je pooštrenih zakonskih odredbi
- smanjuje se potrošnja goriva, buka i vibracije motora
- optimizirana je snaga i okretni moment motora, bolje *prihvaćanje gasa*
- laka ugradba regulacije brzine vozila
- pojednostavljena prilagodna tipa motora različitim vozilima.

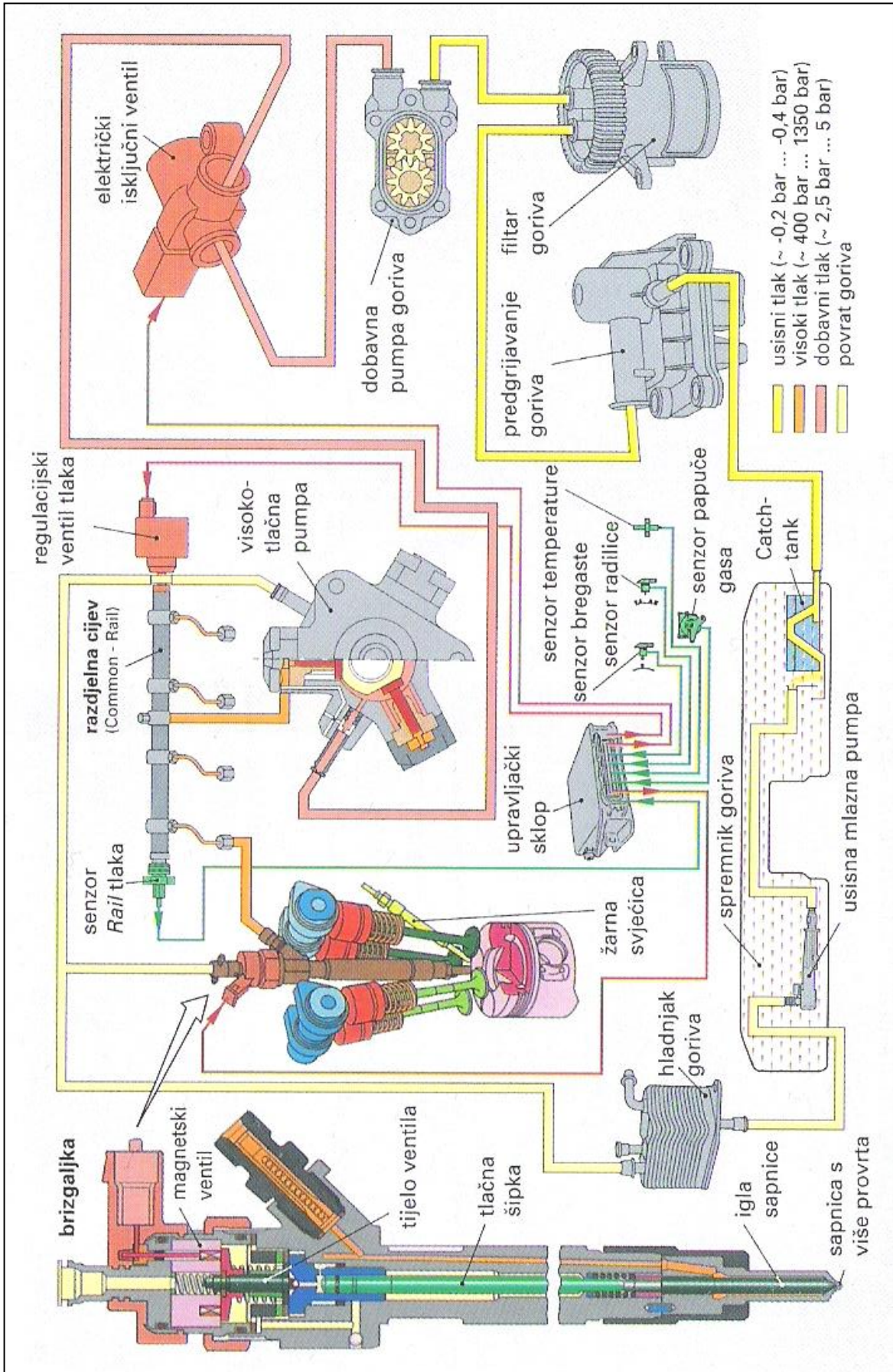
3.5.5. Common Rail ubrizgavanje goriva

Common Rail ubrizgavanje elektronikom je regulirani visokotlačni sustav ubrizgavanja sa zajedničkom razdjelnom cijevi (*Common Rail*). Gorivo se iz razdjelne cijevi razvodi u prostore izgaranja preko brizgaljki upravljanih magnetskim ventilima. Velik kapacitet razdjelne cijevi i velika dobavna količina visokotlačne crpke (VTC) osiguravaju brizgaljkama napajanje bez kolebanja tlaka goriva (pulsacije).

Na slici 15. prikazano je *Rail Common* ubrizgavanje goriva.



Slika 15. Rail Common ubrizgavanje goriva [1]



Slika 16. Shematski prikaz Common Rail sustava za ubrizgavanje dizelskog goriva [1]

Osnovni dijelovi *Common Rail* sustava:

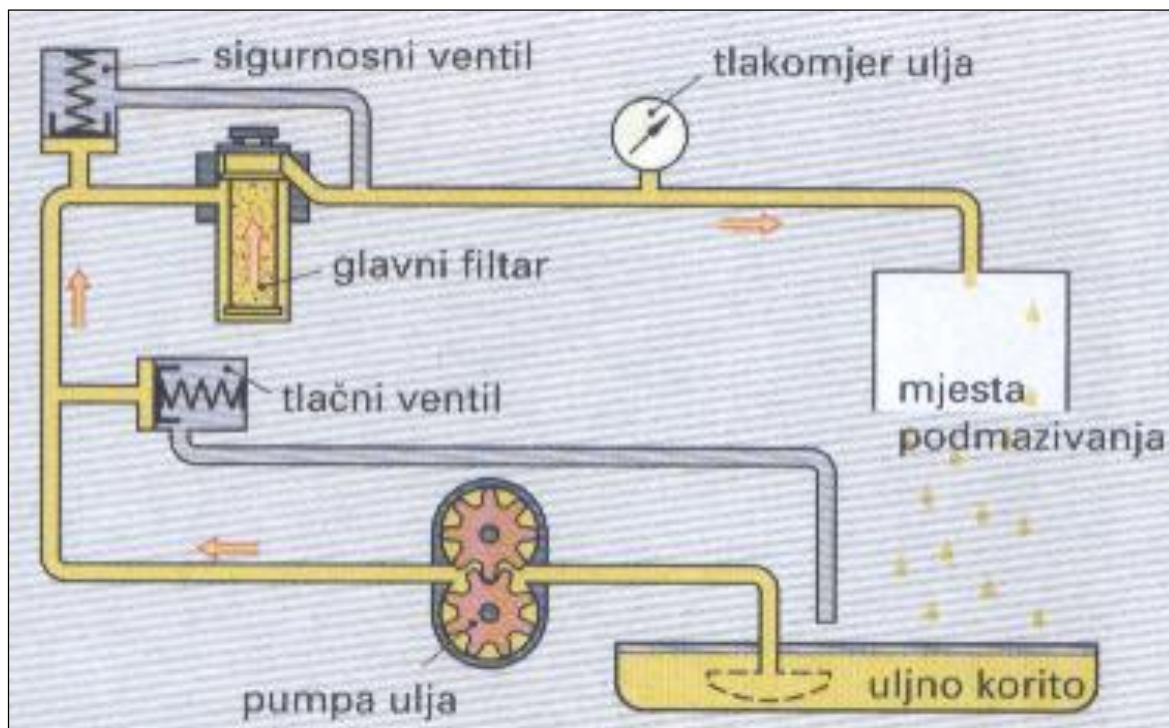
- niskotlačni krug – čine ga krug dobavnog tlaka, krug preddobave i povrat goriva; osnovni dijelovi su spremnik goriva, predgrijavanje goriva, dobavna crpka, pročištač goriva, električni sklopni ventil i hladnjak

- visokotlačni krug – VTC i visokotlačne cijevi, *Rail* i brizgaljke na svakom cilindru
- elektronika – upravljački sklop, senzorski magnetski ventili brizgaljki, isklonni ventili i tlačni senzor *Raila*.

3.6. Sustav za podmazivanje

Sustav za podmazivanje dizelskih motora ima svoje prednosti i nedostatke. On je odgovoran za učinkovito djelovanje rubnih dijelova motora, njihovo hlađenje i pranje od ugljika. U tu svrhu koristi se motorno ulje koje preporučuje proizvođač. Ulje treba trošiti racionalno, ali niti slučajno se ne smije previše štedjeti jer mogu nastati katastrofalne posljedice za motor. Inače, tijekom rada dizelskog motora potrebno je povremeno kontrolirati količinu ulja i dodavati ga u sustav za podmazivanje kako bi se osigurao normalan rad, odnosno funkcioniranje tarnih dijelova.

Učinkovito djelovanje sustava podmazivanja u dizelskom gorivu utječe na kakvoću pokretanja motora, povećava učinkovitost motora i smanjuje razinu toksičnih elemenata u ispušnim plinovima.



Slika 17. Uljni pročištač u glavnom toku

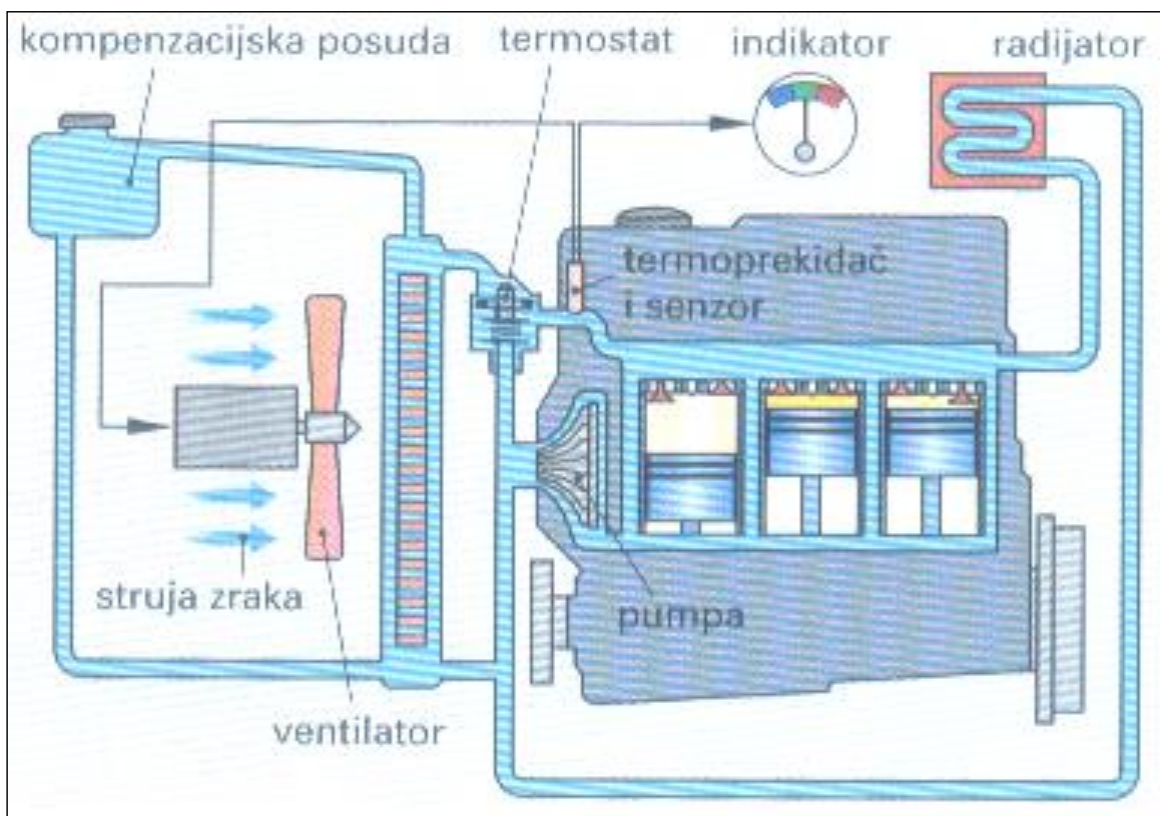
3.7. Rashladni sustav

Zadatci rashladnog sustava motora SUI su brzo zagrijavanje motora na optimalnu radnu temperaturu i odvod prekomjerne topline tijekom pogona. Približno trećina proizvedene toplinske energije stvorene izgaranjem goriva prelazi na dijelove, npr. klipove, ventile, cilindre, glavu motora, turbopunjač i motorno ulje. Toplinska energija ne nastaje samo izgaranjem goriva u izgaranom prostoru. Trenje u motoru i prijenosu snage mehaničku energiju djelomično pretvara u toplinu koja se više ne može iskoristiti za pogon vozila.

Uobičajna radna temperatura rashladne tekućine u motorima cestovnih vozila je od 80 do 90 °C. Toplinska energija ne nastaje samo izgaranjem goriva u prostoru izgaranja nego i trenje u motoru i transmisiji gdje se prijenosom snage mehanička energija pretvara u toplinu koja se više ne može iskoristiti za pogon vozila.

Noviji rashladni sustavi (elektronička regulacija) omogućuju radne temperature i do 120 °C, čime se snižava potrošnja goriva zbog manjeg trenja i poboljšane pripreme smjese na višim temperaturama.

Rashladni uređaj mora osigurati pouzdano i sigurno hlađenje dijelove koji su tijekom rada toplinski vrlo opterećeni te da regulacijskim uređajem održava radnu temperaturu.



Slika 18. Shematski prikaz prinudnoga kružnog hlađenja [1]

4. SUSTAV ODRŽAVANJA CESTOVNIH MOTORNIH VOZILA

Održavanje je upravljanje, nadzor i kakvoća onih aktivnosti koje osiguravaju optimalnu razinu raspoloživosti i realizaciju općih performansi sustava kako bi se zadovoljili poslovni ciljevi. Osnovni cilj održavanja je osigurati maksimalno moguću raspoloživost vozila tijekom eksploatacije uz minimalne troškove održavanja. Osnovni ciljevi koje treba ostvariti procesom održavanja cestovnih motornih vozila susu:

- osigurati maksimalnu razinu pouzdanosti motornog vozila u procesu eksploatacije
- osigurati maksimalan rad vozila sa što manje zastoja (sprječavanje kvarova)
- smanjenje troškova zbog zastoja u radu
- smanjenje ukupnih troškova održavanja (izravnih i posrednih)
- ograničavanje i sprječavanje zastarijevanja sredstva za rad (vozila)
- produljivanje radnog vijeka vozila
- povećanje sigurnosti po okoliš
- skraćivanje vremena potrebnog za popravke
- povećanje motiviranosti na radu u održavanju.

U početku razvoja, aktivnosti održavanja bile su nesređene i zapuštene, bez ikakvih tehničkih i ekonomskih načela. S vremenom, kako su proizvodni procesi postajali sve složeniji tako su aktivnosti koje dopunjuju proizvodnju, a posebice aktivnosti održavanja dobile na važnosti. Kao posljedica tomu uočava se nužnost za povremenim intervencijama (u početku poslije nastanka kvara, a kasnije sve više prije nastanka kvara) čije se organizirano izvođenje uz korištenje sve novijih metoda, donijeti najviše koristi.

4.1. Značaj i funkcije održavanja cestovnih vozila

U početku razvoja, aktivnosti održavanja bile su nesređene i zapuštene, bez ikakvih tehničkih i ekonomskih načela. S vremenom, kako su proizvodni procesi postajali sve složeniji tako su aktivnosti koje dopunjuju proizvodnju, a posebice aktivnosti održavanja dobile na važnosti. Kao posljedica tomu uočava se nužnost za povremenim intervencijama (u početku poslije nastanka kvara, a kasnije sve više prije nastanka kvara) čije se organizirano izvođenje uz korištenje sve novijih metoda, donijeti najviše koristi. Na razvoj održavanja cestovnih vozila u novije vrijeme znatno utječu sve složeniji sustavi, nastali uvođenjem računala.

Na slici 19. prikazani su početni slučajni kvarovi transportnih sredstava.



Slika 19. Početni i slučajni kvarovi transportnih sredstava []

Bitna značajka svih transportnih sredstava je to da im se u eksploatacijskom razdoblju mijenja stanje, a rezultat toga je pojava otkaza ukoliko ne dolazi do poduzimanja ikakvih radnji. Njihov je rad praćen pojavom otkaza koji dovede do poremećaja ili potpunog prekida funkcije prijevoznog sredstva.

Sva transportna sredstva su popravljivi tehnički sustavi kod kojih se odgovarajućim intervencijama može spriječiti, odgoditi ili otkloniti pojava kvara. Značaj održavanja određuje niz čimbenika od kojih se mogu navesti:

- tehničko-tehnološki, u koje spada inoviranje funkcionalnosti, održavanje radne sposobnosti, dulji vijek trajanja, podizanje kakvoće i sl,
- ekonomski, u koje spada udovoljavanje tržištu, doprinos duljem trajanju sredstava za rad, doprinos racionalnom korištenju sredstava za rad i povećanje produktivnosti i ekonomičnosti u samom eksploatacijskom procesu.

4.2. Uzročnici promjene tehničkog stanja vozila

Osnova složenog sustava vozila je mehanički sustav koji osigurava njegovu osnovnu funkciju. Za upravljanje i reguliranje rada mehaničkih podsustava u sustavu vozila nalazi se i veći broj uređaja s električno-elektroničkim komponentama. Promjena stanja komponenata s mehaničkom osnovom bitno utječe na postupke održavanja. Električno–elektroničke komponente često se promatraju kao nepopravljive pa se najveća pozornost posvećuje komponentama s mehaničkom osnovom.

Tijekom eksploatacije, zbog utjecaja različitih fizičko-kemijskih procesa, materijali neizbježno mijenjaju svoja svojstva, mijenjaju se odnosi između spregnutih elemenata što za posljedicu ima pogoršavanje izlaznih značajki elemenata i sklopova vozila. Do promjene radnih sposobnosti dolazi zbog djelovanja različitih oblika energije, i to:

- mehaničke
- toplinske
- kemijske
- svjetlosne
- elektromagnetske
- svjetlosne.

Kao posljedica djelovanja energija nastaju zamor materijala, starenje, trošenje, korozija, deformacije, itd. U puno slučajeva, isti element vozila je istovremeno pod utjecajem većine navedenih energija, ali je po pravilu najintenzivnije djelovanje jedne od njih. Svako vozilo se projektira za određene uporabne uvjete (režim rada) određene raspodjelama opterećenja pojedinih elemenata i sklopova, pa promjena stanja može biti:

- posljedica rada u projektiranim uvjetima i
- posljedica rada u ekscesnim uvjetima.

Čest je slučaj, prilikom uporabe vozila, pojava prekoračenja područja projektiranog režima rada zbog povremenih preopterećenja, koja su posljedica:

- prekoračenja dozvoljene nosivosti
- udarnih neravnina podloge
- nekvalitetnog održavanja
- lošeg rukovanja
- prometnih nesreća itd.

Analiza udjela pojedinih uzročnika neispravnosti najvažnijih elemenata i sklopova vozila pokazuje da je:

- trošenje uzrok preko 30% svih neispravnosti
- oko 40% neispravnosti uzrokuje neodgovarajuća eksploatacija, održavanje i nadzor
- ostali uzročnici su izvan izravnog utjecaja korisnika.

Najvažniji uzroci promjene stanja vozila, kao složenoga tehničkog sustava su:

- zamor (vratila, nosači,...)
- trošenje (kočne obloge, spojke, gume, ležajevi, zupčanici,...)
- korozija
- starenje nemetalnih dijelova

- kemijsko-mehaničke promjene tekućina (ulje, rashladna tekućina)
- ugrađene pogreške i
- preopterećenja.

Još jednom treba naglasiti to da je kod vozila proces trošenja osnovni uzrok promjene stanja i da se na njega, tijekom eksploatacijskog razdoblja, može utjecati.

4.2.1. Trošenje

Trenje nastaje tijekom mirovanja ili relativnim gibanjem između dva susjedna elementa (površine u dodiru). Izražava se silom trenja koja je reakcija (otpor) površine ili sredstva relativnom gibanju tijela. Izravno je proporcionalna normalnoj sili između elemenata u relativnom gibanju i čimbeniku proporcionalnosti (koeficijent trenja μ).

Trenje je, uglavnom, nepoželjna pojava i nastoji se, gdje god je to moguće, spriječiti ili smanjiti. Izuzetak su frikcijski mehanizmi gdje je cilj razviti što veće trenje (kočnice, spojka, ...).

Trošenje je izravna posljedica trenja i, kako je ranije rečeno, jedan je od najvažnijih uzročnika promjene stanja elemenata i sklopova vozila.

Tribologija je područje znanosti koje se bavi proučavanjem trenja, trošenja, podmazivanja i međudjelovanja dodirnih površina prilikom njihovog gibanja. Negativne posljedice trenja su:

- povišene temperature na frikcijskim površinama i
- trošenje frikcijskih površina

Cestovna vozila sastoje se od velikog broja tribomehaničkih sustava koji se mogu podijeliti u tri skupine:

- podsklopovi u kojima se giba jedan elementa po drugom (klizni ležaji i vodilice)
- sustavi kojima se prijenosi energija i rad (zupčasti prijenosnici, remenice, itd.) i
- sustavi kojima se prenose informacije (brijeg i podizač, električni kontakti, itd.).

Suho trenje (vanjsko) nastaje na dodirnim površinama dvaju elemenata. Ono je međudjelovanje koje se suprotstavlja njihovome relativnom gibanju. U tom slučaju ne postoji mazivo između tarnih površina, nego su one prekrivene suhim filmovima (produkti trošenja). Primjer suhog trenja kod vozila su kočnice i spojke. Čisto suho trenje može se ostvariti samo o laboratorijskim uvjetima.

Hidrodinamičko trenje (unutarnje, tekuće trenje s mazivom) javlja se kada su kontaktne površine razdvojene stalnim slojem maziva (ulje). Javlja se kod kliznih ležajeva i koljenastog vratila u stacionarnom režimu rada.

Extended Pressure podmazivanje javlja se u uvjetima ekstremno visokih tlakova.

4.2.2. Zamor

Zamor je proces pogoršavanja značajki materijala zbog višestrukoga djelovanja promjenjivih opterećenja što uzrokuje pojavu pukotina ili krtog loma.

4.2.3. Korozija

Korozija je razaranje materijala pod utjecajem vlažnosti zraka i atmosferskih zagađivača. Nastaje u unutrašnjosti šupljina, zatvorenim profilima, podovima, donjim rubovima vrata, na varenim spojevima, itd. Širi se od unutrašnjosti k vanjskim (vidljivim) dijelovima, te uzrokuje slabljenje vitalnih elemenata i smanjuje čvrstoću cijelog vozila. Prema fizičko-kemijskom mehanizmu nastanka osnovni oblici korozije su kemijska i elektrokemijska.

4.3. Koncepti održavanja

Da bi održavanje vozila tijekom eksploatacije bilo uspješno, treba ispuniti određene pretpostavke:

- odgovarajuće stručno osoblje
- doknadni dijelovi
- odgovarajući objekti i oprema
- odgovarajuća tehnička dokumentacija
- financijska sredstva za izvršenje postupaka održavanja.

Održavanje motornih vozila je složeni organizacijsko-tehnološki sustav, gdje svaki element sustava ima vlastite značajke i parametre stanja. Elementi sustava su međusobno povezani i ovise jedan o drugome, definirani su ograničenjima, od kojih su najvažniji maksimalno dozvoljeni troškovi održavanja.

Najvažnije značajke i parametri elemenata sustava sa stajališta održavanja su:

Motorna vozila:

- broj vozila, o intenzitet otkaza
- koeficijent eksploatacije
- srednje vrijeme preventivnog održavanja
- srednje vrijeme korektivnog održavanja

Osoblje:

- potreban broj
- troškovi
- sposobnost (obučenos, dob, motiviranost, itd.).

Oprema:

- vrste kompleta

- osiguranost opremom
- složenost
- pogodnost (za rukovanje, svrsishodnost, točnost, otpornost, itd.).

Prostor za održavanje:

- stupanj ostvarenosti posebnih uvjeta za rad
- troškovi prostora.

Doknadni dijelovi:

- koeficijent popunjenosti
- popunjenost po normativu
- troškovi.

Tehnička dokumentacija:

- dostupnost
- pogodnost.

Plan održavanja:

- metoda planiranja
- stupanj realizacije plana.

Sustav održavanja određenoga tehničkog sustava može biti realiziran na više različitih načina ili u više različitih varijanti s toga bitna obilježja određene varijante sustava su sadržana u koncepciji sustava održavanja.

Na slici 20. predstavljen je grafički prikaz kvarova tehničkog sustava, odnosno cestovnog vozila. U početku, dok je vozilo novo pojavljuju se početni kvarovi, tzv. dječje bolesti. To razdoblje naziva se uhodavanje ili početni kvarovi. Kad su se uhodali vozači i vozilo tada se pojavljuju samo tzv. slučajni kvarovi. To je korisan vijek trajanja tehničkog sustava, odnosno vozila. Nakon toga dolazi do slučajnih kvarova i kvarova zbog dotrajalosti. Tada rukovodstvo treba razmisliti treba li ulaziti u velike zahvate, odnosno remonta vozila ili ga prodati u staro željezo.

Kod preventivnog održavanja cestovnih motornih vozila postupci samog održavanja provode se u planiranim vremenskim intervalima, prije pojave otkaza s ciljem njihovog sprječavanja ili odlaganja. Taj način omogućava konstantno i sigurno poznavanje podataka o tehničkom stanju vozila, a obuhvaća:

- periodične pregleda
- praćenje stanja
- zamjenu elemenata
- nadzor stanja.

Održavanje se unaprijed planira, a zadatak mu je sprječavanje degradacije značajki, smanjenje intenziteta (učestalost) kvara λ i produljenje vijeka trajanja vozila u eksploataciji.

Preventivno održavanje umanjuje mogućnost pojave iznenadnih otkaza s katastrofalnim posljedicama.

Preventivne zamjene su smislene ako je intenzitet kvarova λ rastuća funkcija u vremenu odnosno ako je element ušao u područje poznih otkaza (trošenje, zamor, i dr.). Ako bi se preventivna zamjena obavila prije početka rasta intenziteta kvarova, u području normalne uporabe gdje je intenzitet konstantan ($\lambda = \text{const.}$), ugradba novog elementa neće smanjiti vjerojatnost pojave otkaza u narednom trenutku, čak može biti i veća zbog mogućih ugrađenih grešaka ili drugih oblika *radnih neispravnosti*.

4.4. Strategija popravaka prema potrebi

U tablici 1. prikazana je strategija popravaka cestovnih motornih vozila prema potrebi. Servisni rok izračunava se na osnovu prikupljenih podataka, npr. stvarno stanje potrošenih dijelova i pogonskih tvari. Novost je u tomu što putno računalo putem Interneta prenosi radionici servisne podatke i podatke o vlasniku pohranjene u ključu vozila. Servisni savjetnik ima dovoljno vremena za naručivanje možebitno potrebnih doknadnih dijelova, te ugovaranje odgovarajućeg termina termina radova sa strankama. Ostale pogodnosti su: točno planirani termini, nema gubitaka vremena zbog čekanja, nema gubitaka informacija i prilagodljivo pružanje servisnih usluga.



DIJAGRAM UČESTALOSTI KVAROVA PO VRSTAMA

Krivulja kade (krivulja mortaliteta)



Prof.dr. sc. Ivo Čala

5

Slika 20. Dijagram učestalosti kvarova po vrstama kvarova []

Tablica 1. Strategija popravaka po potrebi

| Plan pregleda | | | |
|--|-----------------|---------------------------|-------------|
| Br. ugovora: | Tip vozila: | Vlasnik vozila: | |
| 900109 | Passat | Horvat | |
| Stanje kilometraže: | Starost vozila: | Dopunski radovi, npr. GS: | |
| 53.400 | 3 | | |
| Provedeno održavanje | | u redu | nije u redu |
| | | | otklonjeno |
| Elektrika | | | |
| Prednja rasvjeta. Provjeriti funkciju (rad): Parkirna svjetla, kratka i duga svjetla, svjetla za maglu, pokazivači smjera i sklop upozornog svjetla | | | |
| Stražnja rasvjeta. Provjeriti rad: Kočna svjetla, pozicijska svjetla, svjetla za vožnju unazad, stražnja svjetla za maglu, svjetlo stražnje registarske pločice, svjetlo prtljažnog prostora, parkirno svjetlo | | | |
| Osvjetljenje putničkog prostora i pretinca za rukavice, upaljača cigareta, signalne trube i kontrolne žaruljice: provjeriti rad. | | | |
| Samodijagnoza: uvid u memoriju pogrešaka svih sustava (ispis priključiti straga u pretinac dokumenata vozila) | | | |
| Vozilo izvana | | | |
| Mehanizam za zatvaranje vrata i pričvrtni zaticci: podmazati | | | |
| Uređaj za brisanje i pranje stakala te uređaj za čišćenje reflektora: provjera rada i podešenosti mlaznica | | | |
| Metlice brisača stakala: provjera oštećenja, mirujućeg položaja. Pri zamjeni metlica provjeriti kut postavljanja | | | |
| Pneumatici | | | |
| Gume: stanje, slika trošenja, tlak punjenja, dubina profila | | | |
| PL _____ mm | PD _____ mm | | |
| SL _____ mm | SD _____ mm | | |
| Donja strana vozila | | | |
| Motorno ulje: ispustiti ili usisati, filter ulja zamijeniti | | | |
| Motor i dijelovi u motornom prostoru: Vizualna provjera propuštanja i oštećenja | | | |
| Klinasto remenje, zupčasti remen: Provjeriti stanje i zategnutost remenja | | | |
| Mjenjač, diferencijal i manšete sinkronih zglobova: Vizualna provjera propuštanja i oštećenja | | | |
| Mjenjač / diferencijal: Provjera razine ulja | | | |
| Kočni sustav: Provesti vizualnu provjeru propuštanja i oštećenja | | | |
| Kočne obloge naprijed i nazad: Provjeriti debljinu kočnih obloga | | | |
| Zaštita podvozja: Vizualna provjera oštećenja | | | |
| Ispušni sustav: Vizualna provjera propuštanja i oštećenja | | | |
| Glave kutnih poluga (track rod end, Spurstangenköpfe): Provjeriti zračnost, učvršćenost i manšete | | | |
| Sinkroni zglobovi: Vizualna provjera manšeta na propuštanje i oštećenja | | | |
| Motorni prostor | | | |
| Motorno ulje: Provjera razine ulja (pri servisnom pregledu sa zamjenom ulja, zamijeniti i filter ulja) | | | |
| Motor i dijelovi u motornom prostoru (s gornje strane): Vizualna provjera propuštanja i oštećenja | | | |
| Uređaj za brisanje/pranje stakala: Dopuniti tekućinu | | | |
| Rashladni sustav: Provjeriti razinu rashladne tekućine i otpornost na smrzavanje, propisana vrijednost: -25 °C | | | |
| Stvarna vrijednost: _____ °C | | | |
| Filter putničkog prostora (peludni): Zamijeniti uložak filtra (svakih 12 mjeseci ili 15 000 km) | | | |
| Zupčasti remen za pogon bregastog vratila: Provjeriti stanje i zategnutost | | | |
| Filter zraka: Očistiti kućište i zamijeniti filterski uložak | | | |
| Filter goriva: Zamijeniti | | | |
| Servoupravljanje: Provjeriti razinu ulja | | | |
| Razina kočne tekućine (ovisno o istrošenosti kočnih obloga): Provjeriti razinu | | | |
| Baterija: Provjera | | | |
| Brzina vrtnje praznog hoda: Provjeriti | | | |
| Regulacija reflektora / Dokumentacija / Završna kontrola | | | |
| Servisna naljepnica: Na naljepnicu unijeti termin za sljedeći servis (i zamjenu kočne tekućine) i zalijepiti je na potporanj vrata (B-stup) | | | |
| Provesti probnu vožnju | | | |
| Datum / Potpis (serviser) | | | |
| Datum / Potpis (završna kontrola) | | | |

potrebnih rezervnih (*doknadnih*) dijelova, npr. kočnih obloga, te ugovaranje odgovarajućeg termina radova sa strankom. Kvarovi i njihovi popravci trebali bi biti izbjegnuti pravodobnim prepoznavanjem problema.

Ostale pogodnosti su:

- točno planirani termini
- nema gubitaka vremena zbog čekanja
- nema gubitaka informacija
- prilagodljivo pružanje servisnih usluga.

Današnji razvojni stupanj motornih vozila označen je proizvodnjom širokog spektra različitih vrsta, tipova i kategorija vozila. Suvremena vozila odlikuju se velikom složenošću mehanizama, koji se nalaze na njima. Posebice treba istaknuti automatizaciju i elektronski nadzor pojedinih procesa na vozilu s ciljem zadržavanja njegove konkurentnosti. U budućnosti se očekuje daljnji intenzivni razvoj motornih vozila uz maksimalno angažiranje stručnjaka različitih profila (elektroničari, mehaničari, tehnolozi, električari, dizajneri, ekonomisti, ekolozi i drugi). Borba za opstanak vozila na tržištu traži konstantno zahtijeva poboljšanje njihove kakvoće.

Pojam kakvoće vozila uključuje čitav niz tehničkih značajki, koje predstavljaju mjerilo za ocjenu vozila. Značajke motornih vozila mogu se podijeliti u četiri skupine i to:

- performanse koji obuhvaćaju energetske, eksploatacijske i ekološke značajke vozila

- pouzdanost koja obuhvaća sve one parametre kakvoće koje se odnose na mogućnost nesmetanog obavljanja svih funkcionalnih zadataka tijekom eksploatacije u svim radnim uvjetima

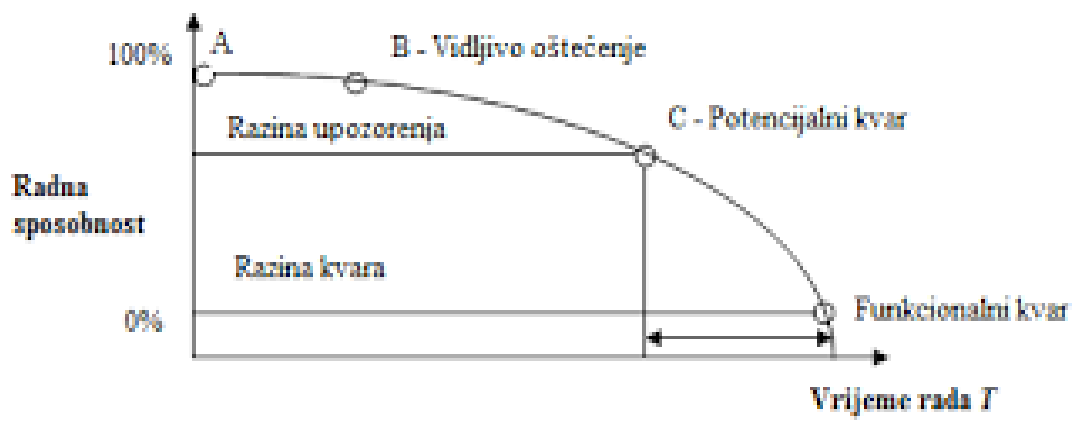
- ekonomičnost koja obuhvaća sve elemente koji se odnose na ekonomsku opravdanost korištenja vozila

- sigurnost koja obuhvaća sve one komponente kakvoće koje se odnose na stupanj sigurnosti korištenja vozila s gledišta vozača, putnika i okoliša u najširem smislu riječi. Da će se u budućnosti intenzivirati razvoj motornih vozila, govore sljedeće čimbenici:

- industrija motornih i priključnih vozila još je uvijek najveća i najjača industrijska grana u svijetu

- motorno vozilo služi za zadovoljavanje osnovnih potreba čovječanstva

- predmet najveće robne razmjene i najkompleksniji proizvod čovječanstva upravo je motorno vozilo.



Slika 21. Početni i slučajni kvarovi transportnih sredstava

5. HRVATSKI PROJEKTI BUDUĆNOSTI

5.1. Megaprojekti na sjeveru Hrvatske

Kao što je poznato, za razvoj i prosperitet svake zemlje potreban je razvoj prometa i energetike. Posljednjih nekoliko godina u Hrvatskoj se govorilo, čitalo i pisalo o velikim prometnim megaprojektima kao što je modernizacija i izgradnja drugog kolosijeka željezničke pruge Zagreb – Koprivnica - Mađarska državna granica, izgradnja nizinske pruge Zagreb – Rijeka, modernizacija zagorskih pruga, završetak izgradnje pelješkog mosta itd. Neki su započeti, a neki su i sagrađeni.

Polako, samozatajno, ali sigurno pojavljuju se *hrvatski megaprojekti budućnosti*. Na hrvatskom sjeveru četiri županije gradit će tvornicu automobila i zaposliti 3.000 ljudi. *Hrvatski Sjever* vidi idealnim za izgradnju tvornice gotovih automobila koja bi zapošljavala od 2500 do 3000 radnika. Posljednjih nekoliko mjeseci u Varaždinskoj i okolnim županijama napravljena je analiza potencijalnog prostora. Na zemljište ispod 100 hektara nitko neće doći, treba najmanje 150. U četiri županije – Varaždinskoj, Međimurskoj, Krapinsko-zagorskoj i Koprivničko-križevačkoj, postoje takva zemljišta, a na investitoru je da odluči je li mu važna blizina autoceste, željezničke pruge ili nešto treće. Domaći ljudi svjesni su da je dolazak tvrtke koja će tu sklapati automobile, a ne samo proizvoditi dijelove, prevelik zalogaj za jednu županiju.

Prvo traže analizu stručnog kadra. Domaći ljudi razgovarali su sa Sveučilištem Sjever, srednjim školama, okolnim tvrtkama koje imaju višak kadrova i Zavodom za zapošljavanje za sve četiri županije. Ako bi bilo zaposleno 2500 do 3000 ljudi, u samo jednoj županiji neće biti dovoljno radnika. Investitorima je važna i stručnost, a svi uvjeti se zadovoljavaju. Županija, grad i općina ne mogu privući sami takvog ulagača bez pomoći Vlade RH. Dosadašnji predsjednici Vlade nisu bili zainteresirani, no prije desetak dana razgovarano je s predsjednikom hrvatske Vlade Andrejom Plenkovićem i njega je ta zamisao zainteresirala. S autoindustrijom dobila bi se dodana vrijednost na proizvodu i radna mjesta s većim plaćama, a takva složenija proizvodnja pomogla bi i znanstvenoj zajednici.

5.2. Rimac Automobili

Priča o uspješnome, mladom inovatoru koji je proizveo najbrži električni automobil na svijetu počinje još u srednjoškolskim klupama kada je Mate Rimac kreirao svoj prvi patent. Maturalni zadatak rezultirao je rukavicom koja je objedinila zadatke miša i tipkovnice te svom tvorcu osigurala prvo mjesto na županijskom, a potom i na državnom

natjecanju te ga poslala i na svjetska natjecanja na kojima je taj mladi inovator izazvao popriličan interes.

Njegov konceptualni automobil svojim imponantnim brojkama izaziva sveopće oduševljenje budući da snagom od 1.088 [KS] i 3.800 [Nm] okretnog momenta postiže ubrzanje do 100 km/h za tek 2,8 sekundi dok mu je maksimalna brzina impresivnih 305 [km/h] što je elektronski ograničeno iz sigurnosnih razloga. *Concept One* sa svojih 1.650 kg i energijom od 92 [kW/h] postiže domet od 600 km, a njegova četiri motora upravljaju svaki svojim kotačem, po čemu i je poseban. Sve je počelo s BMW kockicom, započinje priču o razvoju prvoga hrvatskoga električnog automobila. Stari BMW koji mu je služio za utrke imao je benzinski motor koji bi se pokvario već nakon par utrka, tako da ga je odlučio zamijeniti nečim kvalitetnijim što je uz niz dorada i neuspjelih pokušaja ipak rezultiralo prvim električnim motorom. Ugradio je motor u svoj stari BMW koji je zahvaljujući tomu postizao toliku brzinu da je pobjeđivao na svakoj utrci s benzinskim automobilima što je do tada bilo nezamislivo. Nakon što je zaključio kako nema smisla raditi električni motor i ugrađivati ga u automobil koji je rađen za benzinski pogon, pala je odluka o izradbi automobila čiji bi svaki dio bio iz vlastite proizvodnje. Autoindustrija funkcionira na način da se većina komponenata dobiva od dobavljača raznih dijelova, a mi si to jednostavno nismo mogli priuštiti budući da nam je cijeli budžet za razvoj jednog automobila iznosio kao faktura za jednu komponentu, objašnjavao je mladi, simpatični poduzetnik.

U njegovoj tvrtci *Rimac Automobili*, na samom početku, pridružio mu se dizajner, Austrijanac porijeklom iz Hrvatske koji je dizajnirao crvenu jurilicu prema Matinim smjernicama i željama. Radili su 3D modele i zajedno razvijali svaki detalj, tako da *Concept One* sada izgleda točno onako kako su željeli..

Princ iz Abu Dhabija prvi je pokazao interes za automobilima i investiranjem u tvrtku. Čak su obavili i dubinsko snimanje firme, ali uvjet za potpisivanjem partnerskog ugovora bilo je preseljenje firme u Abu Dhabi na što Mate nije htio pristati.

Concept One su prvi put predstavili javnosti u rujnu 2011. na sajmu u Frankfurtu i ponosni su što su u vrlo kratkom vremenu zaposlili desetak ljudi, unajmili halu i vlastitim sredstvima financirali proizvodnju automobila kojeg su predstavili na sajmu. To je bio prvi uspjeh s električnim automobilom zbog kojeg noćima prije sajma nije spavao.

Tvrtka *Rimac Automobili* prepoznata je kao proizvođač komponenata s najboljim performansama. U autoindustriji povjerenje i pouzdanost su od presudnog značaja prilikom održavanja dobre poslovne suradnje jer se radi o skupim i kompleksnim projektima u

kojima je pridržavanje dogovorenih rokova izuzetno važno pa je samim tim i odgovornost svakog pojedinog dobavljača velika. Ulazak u takve projekte s malom firmom iz Hrvatske za velike igrače je vrlo riskantan, ali budući da su ponudili i nude najbolja rješenja po pitanju električnog pogona imaju priliku raditi s najvećima u branši.

Njihova baterija je trenutno najbolja na tržištu, ali je dvostruko skuplja od prosječne. firme poput BMW-a i Mercedesa mogu napraviti baterije kojima je kapacitet jednak njihovim baterijama, ali oni to nemaju u planu jer ih ne zanima proizvodnja male količine automobila. *Rimac Automobili* proizvode automobile u hyper sport segmentu i jedina je konkurencija Bugatti. Proizvodnja velikih serija za sad im je nedostižna zbog financijskog ograničenja. Do sad su prodali dva automobila putem European road showa. Jedan je prodan u Španjolsku, kupcu čiji identitet nije otkriven, ali je cijenu automobila 750.000 eura. To znači da ostaju u Hrvatskoj što im je i bio cilj.

Iz *Rimac Automobila* nedavno je izašao i novi uradak, ponovno kreacija Matinoga inovativnog uma – Greyp Bike, električni bicikl koji se pali na otisak prsta, a postiže brzinu od 60 km/h u kojega je integrirano 85% komponenata iz vlastite proizvodnje.

Budući da rade proizvode čija kakvoća uspješno konkurira vrhunskim proizvodima na svjetskoj razini, trude se biti najbolji u svemu, pa je logično da pri svakom novom zapošljavaju biraju i najbolje ljude.

Trenutno rade na tajnom projektu – autonomnom automobilu koji nije namijenjen prodaji. Realnost je takva da su automobili neiskorišteni 90% vremena, a cijena im je u odnosu na korist koju donose previsoka i to jednostavno nije održivo. Projekt kojega tek razvijaju mogu donijeti velike promjene.

6. ZAKLJUČAK

U ovome završnom radu proučena je i obrađena razvojna geneza cestovnih motornih vozila od pionirskih dana koncem 18. stoljeća do današnjih dana i postignuća našega hrvatskoga mladog entuzijaste Mate Rimca koji je sa svojim timom osnovao tvrtku *Rimac Automobili* gdje je proizveden najbrži automobil na svijetu.

Današnji razvojni stupanj cestovnih motornih vozila označava proizvodnja širokog spektra različitih vrsta, tipova i kategorija vozila. Suvremena vozila odlikuju se velikom složenošću mehanizama, automatizacijom i elektroničkim nadzorom pojedinih procesa na vozilu s ciljem zadržavanja njegove konkurentnosti. U budućnosti se očekuje daljnji intenzivni razvoj motornih vozila uz maksimalno angažiranje stručnjaka različitih profila. Borba za opstanak vozila na tržištu traži konstantno poboljšanje njihove kakvoće koje predstavljaju mjerilo za ocjenu vozila.

U ovome završnom radu obrađene su i značajke motornih vozila koje se mogu podijeliti u četiri skupine performansi koje obuhvaćaju:

- energetske, eksploatacijske i ekološke
- pouzdanost koja obuhvaća sve one parametre kakvoće koji se odnose na mogućnost nesmetanog obavljanja svih funkcionalnih zadataka tijekom eksploatacije u svim radnim uvjetima
- ekonomičnost koja obuhvaća sve elemente koji se odnose na ekonomsku opravdanost korištenja vozila
- sigurnost koja obuhvaća sve komponente kakvoće koje se odnose na stupanj sigurnosti korištenja vozila s gledišta vozača, putnika i okoliša.

Da će se u budućnosti intenzivirati razvoj motornih vozila, govore sljedeće činjenice:

- industrija motornih i priključnih vozila još uvijek je najveća i najjača industrijska grana u svijetu
- motorno vozilo služi za zadovoljavanje osnovnih potreba čovječanstva
- predmet najveće robne razmjene i najkompleksniji proizvod čovječanstva upravo je motorno vozilo.

Naglo razvijanje automobilske industrije sa sobom je donijelo i niz problema koji se nisu mogli u cijelosti unaprijed razmotriti, već su se pojavili naknadno, odnosno konstantno se javljaju. Jedan od takvih problema jest i način održavanja cestovnih motornih vozila. Održavanje motornih vozila sastoji se od većeg broja unaprijed

određenih, to jest programiranih tehničkih poslova i radnji, a koji se pojavljuju i izvršavaju u istim intervalima:

- servisno održavanje
- tehničko održavanje
- tehničko održavanje s dijagnostikom.

Čišćenje i pranje, te servisno održavanje motornih vozila pružaju samo dio tehničkih poslova i radnji na održavanju manjeg broja motornih vozila. Za ostale tehničke usluge, uključujući i preventivne preglede, obično se koriste specijalizirana servisno-remontna poduzeća.

Tehničko održavanje s dijagnostikom motornih vozila može se primijeniti samo u većim transportnim poduzećima. Proizvođači motornih vozila na razne načine se snalaze kako bi kupci dobili povjerenje u njihove proizvode. Osim suvremenih konstruktivnih rješenja, kvalitetne izradbe i vanjskog dizajna, proizvođač mora kupcu osigurati i što bolju organizaciju servisno-remontnih održavanja motornih vozila. Sve napredne zemlje koje razvijaju automobilsku industriju, razvijaju usporedno i servisno-remontne pogone kao prateću djelatnost za održavanje sve većeg broja motornih vozila, dok su se u novije vrijeme pojavili i dijagnostički centri koji se osnivaju u sklopu tvornica proizvođača motornih vozila i u sklopu velikih prodajnih kuća za prodaju motornih vozila i doknadnih dijelova.

Proizvođači motornih vozila poklanjaju posebnu pozornost održavanju automobila u eksploataciji, što je slučaj i u Republici Hrvatskoj, ali ne i dovoljnoj mjeri. To je zbog prilika vezanih s općom nerazvijenošću te djelatnosti, a posebice zbog pomanjkanja odgovarajuće organizacije i kratkoročnog sagledavanja toga problema. Naročito je teška situacija organiziranog održavanja vozila u pojedinim regijama izvan većih gradova, gdje još uvijek nedostaje dovoljan broj servisno-remontnih organizacija. Tako pojedini vlasnici motornih vozila moraju do najbliže servisno-remontne organizacije prevaliti i više od 100 kilometara.

Organizacija pružanja servisno-remontnih usluga S povećanjem broja motornih vozila, kao glavnog čimbenika potražnje servisno-remontnih usluga, dolazi do većeg značaja uloga servisno-remontnih poduzeća. Zastupnici stranih proizvođača motornih vozila i montažeri sklapaju s postojećim auto kućama (koje najčešće imaju i organiziranu službu za održavanje motornih vozila) ugovore o servisiranju njihovih vozila, pa time dolazi do specijalizacije servisno-remontnih poduzeća i promjena u njihovoj strukturi poslovanja. Na taj način izvršena je, u stvari, podjela rada između postojećih poduzeća, a

time i specijalizacija kadrova, opreme, zaliha pričuvnih dijelova i, gdje je moguće, radnih prostora. Međutim, s obzirom na veliki broj proizvođača i njihovih zastupnika, koji se oslanjaju na postojeća servisno-reмонтна poduzeća, dolazi do heterogenosti u njihovoj specijalizaciji.

POPIS LITERATURE

1. Bošnjak, M.: *Sredstva i eksploatacija sredstava cestovnog prometa*, skripta, Veleučilište *Nikola Tesla* u Gospiću, Gospić, 2019.
2. Grohe, H.: *Otto- und Dieselmotoren*, 12. überarbeitete Auflage. Vogel Buchverlag, 2000, ISBN 3-8023-1826-9.
3. Mahalec, I., Lulić, Z., Kozarac, D.: *Motori s unutarnjim izgaranjem*, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2010.
4. Sass, F.: *Geschichte des deutschen Verbrennungsmotorenbaues von 1860 bis 1918*, Springer-Verlag, 1962.
5. *Shell Lexikon – Verbrennungsmotor*, Folge 41, ..., Motoren historisch, ATZ – MTZ, 12/1998, ..., 3/1999, Ein Supplement von ATZ und MTZ
6. <http://www.der-wankelmotor.de/index.html>
7. <http://www.cotc.com/>
8. „*Rimac Automobili*“: Tehnička dokumentacija, Zagreb 2021

POPIS SLIKA

SLIKE

| | |
|--|----|
| Slika 1. Gotlieb Daimler izradio je 1885. prvi motocikl pogonjen benzinskim motorom | 5 |
| Slika 2. Motorno vozilo Karl Friedrich Benza iz 1885. god. | 6 |
| Slika 3. Pokretna traka za proizvodnju Fordovih automobila godine 1914. | 8 |
| Slika 4. Prva montažna traka (1913.) – pronalazak Henryja Forda (1863-1947). Na slici je završna montaža čuvenog modela T (Tin Lizzie) u Fordovoj tvornici u Highland Parku (blizu Detroitu, SAD) | 8 |
| Slika 5. Traka za proizvodnju popularnih buba u Volkswagenovoj matičnoj tvornici u Wolfsburgu početkom 1960-tih godina..... | 9 |
| Slika 6. Prof. dr. Ferdinand Porsche (1875-1951) i prototip prvoga Volkswagenovog automobila, kasnije popularne bube, proizveden 1935. godine, zrakom hlađeni 4-cilindrični motor, 985 cm ³ , 16 kW kod 3000 min ⁻¹ , masa praznog vozila 600 kg, 103 km/h. Proizvodnja započeta tek nakon 2. svjetskog rata u tvornici Wolfsburgu | 9 |
| Slika 7. Citroen DS 19 iz 1955. godine | 10 |
| Slika 8. Prvu gumu napunjenu zrakom izradio je 1846. Robert W. Thompson (lijevo). John Boyd Dunlop izradio je gume napunjene zrakom za bicikl svoga sina (desno) | 11 |
| Slika 9. Ford Model T (1908.-1927.) automobil stoljeća (Car of the Century): četverocilindrični motor, radni obujam 290 cm ³ , snaga 15 kW, snaga 15 kW, mjenjač s dvije brzina, najveća brzina 68 km/h. | 12 |
| Slika 10. Mate Rimac, vlasnik tvrtke Rimac Automobili | 13 |
| Slika 11. Automobil budućnosti tvrtke Rimac Automobili, svjetsko čudo iz Hrvatske | 13 |
| Slika 12.. Automobil budućnosti tvrtke Rimac Automobili | 14 |
| Slika 13. Grafički prikaz pV dijagrama dizelskog motora [2] | 17 |
| Slika 14. Shematski prikaz uređaja za napajanje gorivom klipnom crpkom | 23 |
| Slika 15. Rail Common ubrizgavanje goriva [1] | 24 |
| Slika 16. Shematski prikaz Common Rail sustava za ubrizgavanje dizelskog goriva [1] | 25 |
| Slika 17. Uljni pročistač u glavnom toku..... | 26 |
| Slika 18. Shematski prikaz prinudnoga kružnog hlađenja [1] | 28 |
| Slika 19. Početni i slučajni kvarovi transportnih sredstava | 30 |
| Slika 20. Dijagram učestalosti kvarova po vrstama kvarova | 35 |
| Slika 21. Početni i slučajni kvarovi transportnih sredstava..... | 38 |

POPIS TABLICA

TABLICE

| | |
|--|----|
| Tablica 1. Strategija popravaka po potrebi []..... | 36 |
|--|----|