

Usporedba atmosferskog i turbo motora

Rašović, Andrej

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Istrian University of applied sciences / Istarsko veleučilište - Università Istriana di scienze applicate**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:212:746042>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-20**



Repository / Repozitorij:

[Digital repository of Istrian University of applied sciences](#)



image not found or type unknown

ISTARSKO VELEUČILIŠTE –
UNIVERSITÀ ISTRIANA DI SCIENZE APPLICATE

ANDREJ RAŠOVIĆ

USPOREDBA ATMOSFERSKOG I TURBO MOTORA

Završni rad

Pula, 2020.

ISTARSKO VELEUČILIŠTE –
UNIVERSITÀ ISTRIANA DI SCIENZE APPLICATE

ANDREJ RAŠOVIĆ

USPOREDBA ATMOSFERSKOG I TURBO MOTORA

Završni rad

JMBAG: 0233008173, redovan student

Studijski smjer: POLITEHNIKA

Predmet: Završni rad s obranom – KONSTRUKCIJE

Mentor: pred. Sandi Buletić, dipl. ing. stroj.

Pula, 2020.



IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisani Andrej Rašović, kandidat za prvostupnika Politehlike, ovime izjavljujem da je ovaj Završni rad rezultat isključivo mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Završnog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

U Puli, 17.07.2020. godine.

Student

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized letter 'A' followed by a horizontal line and a small flourish.



IZJAVA
o korištenju autorskog djela

Ja, Andrej Rašović dajem odobrenje Istarskom veleučilištu – Università Istriana di scienze applicate, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj završni rad pod nazivom „**Usporedba atmosferskog i turbo motora**“ koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu s Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama.

Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli, 17.07.2020. godine.

Potpis

A handwritten signature in black ink, consisting of a large capital letter 'A' followed by a stylized lowercase 'r' and a horizontal line extending to the right.

SADRŽAJ

1. UVOD	7
1.1. OPIS PROBLEMA	7
1.2. CILJEVI I SVRHA RADA	7
1.3. HIPOTEZA	7
1.4. METODA RADA	7
1.5. STRUKTURA RADA.....	7
2. POVIJEST RAZVOJA MOTORA	9
2.1. TEMELJNE DEFINICIJE I OPĆE USTROJSTVO MOTORA	10
2.2. PODJELA MOTORA	11
2.2.1. PODJELA PREMA TAKTU, PRINCIPU RADA, POLOŽAJU, BROJ I RASPORED CILINDARA TE GORIVU	11
2.2.2. IZMJENA MEDIJA U MSUI	12
2.3. VRSTE HLAĐENJE MOTORA	16
2.4. BRZINA VRTNJE	17
3. KARAKTERISTIKE MOTORA SUI ZA POGON CESTOVNIH VOZILA.....	17
3.1. BENZINSKI MOTOR	17
3.2. DIZEL MOTOR.....	20
3.3. PRINCIP RADA DIZELSKOG MOTORA	20
3.4. COMMON RAIL UBRIZGAVANJE.....	23
4. USPOREDBA ATMOSFERSKOG I TURBO MOTORA	24
4.1. ATMOSFERSKI MOTOR	25
4.2. TURBO MOTOR	25
4.2.1. PREDNABIJANJE S KONSTANTNIM TLAKOM	29
4.2.2. IMPULSNI SUSTAV PREDNABIJANJA	30
4.3. USPOREDBA ATMOSFERSKOG I TURBO MOTORA	31
5. ZAKLJUČAK	39
LITERATURA.....	40

POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFIKONA.....	41
POPIS KORIŠTENIH KRATICA I OZNAKA U RADU	43
SAŽETAK.....	45
ABRASTACT.....	46

1. UVOD

Tema ovog rada je usporedba atmosferskog i turbo dizel motora. Kroz rad je obrađena problematika rada motora te su navedene karakteristike motora za pogon cestovnih vozila. Rad obuhvaća samu povijest razvoja motora, njihove podjele, temeljne definicije i opće ustrojstvo motora.

Općenita definicija motora je da su to toplinski i ciklični strojevi, koji sve obavljene postupke moraju dovesti u početno stanje. Podjela motora obrađena u radu je prema taktu, principu rada motora, položaju, broju i rasporedu cilindara te prema gorivu, kako bi se lakše usporedili atmosferski i turbo dizel motori.

1.1. OPIS PROBLEMA

U ovom završnom radu želimo dokazati najekonomičniji dizelski motor pomoću usporedbe atmosferskog i turbo dizel motora.

1.2. CILJEVI I SVRHA RADA

Cilj ovog rada je usporediti atmosferski i turbo dizel motor te pomoću usporedbe i dobivenih rezultata odabrati onaj sa najboljim karakteristikama.

1.3. HIPOTEZA

Istraživanjem atmosferskog i turbo dizel motora dokazati će se da je turbo motor ekonomičniji.

1.4. METODA RADA

Od metoda rada korištene su metoda analize i sinteze, analistička metoda i istraživačka metoda.

1.5. STRUKTURA RADA

Ovaj završni rad je podijeljen u 5 poglavlja.

Prvo poglavlje opisuje opis problema, ciljeve i svrhu rada, hipotezu, metode rada te strukturu rada.

U drugom poglavlju prikazuje se povijesni prikaz nastanka motora te se prikazala osnovna podjela motora.

Kroz treće poglavlje objašnjavaju se karakteristike principa rada benzinskog i dizel motora i vrstu ubrizgavanja.

Usporedba kao glavna tema ovog rada prikazala se u četvrtom poglavlju gdje se na praktičnom primjeru prikazuju atmosferski i turbo dizel motor, njihove najvažnije karakteristike, te naposljetku slijedi zaključak.

2. POVIJEST RAZVOJA MOTORA

„Ideju o klipnome motoru s unutarnjim izgaranjem (u daljem tekstu *SUI*) iznosi Christian Huygens (1680. godine), a tek 1860. godine Jean Joseph Etienne Lenoir konstruirao prvi praktično upotrebljiv motor *SUI*. Konstrukcija je izvedena na temelju spoznaja pri konstruiranju parnih strojeva, a rabio je plin od kamenog ugljena kao gorivo. Bilo je proizvedeno na stotine takvih motora. Razvijali su snagu od 4,5 kW (6 KS) i ostvarivali učinkovitost od svega 5%. Može se reći kako s 1860. godinom počinje stvarni razvitak motora“ (E.Hnatko,2016;11)

Prvi plinski motor je 1867. godine u Njemačkoj izradio Nikolaus Augustus Otto. Nakon nešto manje od deset godina, 1876. godine N.A. Otto u suradnji s Eugenom Langenom izrađuje četverotakni plinski motor sa kojim postižu učinkovitost od čak 11%. Nekoliko godina nakon toga, 1883. godine Gottlieb Wilhelm Daimler konstruirao motor sa rasplinjačem i zapaljenjem smjese gorivo-zrak od užarenog tijela, da bi već iduće 1884. godine ugradio motor od (0,524 KS) za pogon vozila. Motor s električnim paljenjem smjese u vozilo s tri kotača ugrađuje 1886. godine Karl Friedrich Benz, da bi ga iste godine u vozilo s četiri kotača ugradio G.W. Daimler. Karl Maybach 1893. godine prvi predlaže ubrizgavanje benzina. Jedan od značajnijih razvitaka motora dogodio se je 1897. godine, kada Rudolf Diesel izrađuje prvi dizelov motor u tvornici MAN.

Prvi let letjelicom težom od zraka ostvarila su braća Wright 1903. godine, ugradnjom motora u zrakoplov. 1924. godine dizelov motor prvi je puta ugrađen u teretno vozilo (Mercedes-Benz i MAN). 1936. godine kod zrakoplovnog benzinskog motora primijenjeno je ubrizgavanje benzina. Po prvi puta 1957. Felix Wankel izradio je te ugradio svoj rotacijski motor u putničko vozilo tvornice NSU.

Kroz 20. stoljeće za pogon vozila prevladavaju benzinski motori, ali isto tako stalni rast bilježe i dizelovi motori.

2.1. TEMELJNE DEFINICIJE I OPĆE USTROJSTVO MOTORA

Motori su toplinski strojevi koji pretvaraju toplinsku energiju u mehaničku rad.

Klipni motor *SUI* je toplinski stroj koji ima klipni mehanizam, gdje se kemijska energija goriva pretvara u toplinsku. Pomoću klipnog mehanizma i termo dinamičke energije taj postupak pretvara se u mehaničku rad.

Motor je isto tako ciklični stroj koji sve obavljene postupke mora dovesti u početno stanje.

Slika 1.

Shema pretvorbe energije



Izvor: E. Hnatko, 2016.

Proces odvijanja klipa u motoru je takav da se ciklični giba u cilindru zadanog promjera D . Točka (pozicija u cilindru) kada se klip nalazi u gornjem položaju bliže glavi motora naziva se gornja mrtva točka (*GMT*), dok druga kada je klip u donjem dijelu bliže koljenastom vratilu naziva se donja mrtva točka (*DMT*). U tim trenucima klip mijenja smjer i brzina mu je $v = 0$. Takav put između dvije mrtve točke je hod klipa h , ili jedan takt.

Radni volumen jednog cilindra V_h u m^3 . $V_h = \frac{D^2\pi}{4} h$.

Ako se traži radni volumen motora V_{hm} , tada se V_h pomnoži s brojem cilindara i

$$V_{hm} = i \cdot V_h.$$

Značajka motora je odnos hoda klipa u cilindru h i njegov promjer D . Kod suvremenijih motora iznose od 0,7 do 1, dok kod starijih motora 1 do čak 1,4, a na Dizelovim motorima 1 do 1,3.

Kada se klip nalazi u *GMT* mehanizam je ispružen i ta udaljenost u odnosu na os koljenastog vratila iznosi $L + r$. Kada se klip nalazi u *DMT* udaljenost zatim iznosi $L - r$. Klip je napravio hod h temelju dvostrukog radijusa koljenastog vratila r .

$$h = L + r - (L - r) = 2r.$$

„Na kružnici gibanja koljena koljenastoga vratila, *GMT* je određena pozicijom ispruženoga mehanizma, a *DMT* pozicijom preklopljenoga mehanizama. Uobičajeno je položaj klipa u cilindru iskazati kutom φ koljena koljenastoga vratila (kraće °KKV) u odnosu na *GMT* i *DMT*. Tako se položaj klipa u cilindru prije dolaska *GMT* iskazuje kutom koljena koljenastoga vratila (°KKV) prije *GMT*, a položaj klipa pri odlasku klipa iz *GMT* °KKV prije *DMT* i °KKV poslije *DMT*.

Tako se način pozicioniranja koristi i pri određivanju trenutaka za otvaranje i zatvaranje ventila, za preskok iskre na svjećici, za početak i završetak ubrizgavanja goriva i dr.“ (E.Hnatko, 2016.;17)

Kompresija motora ε definirana se V_{uk} i kompresijom V_k volumena cilindra $\varepsilon = \frac{V_{uk}}{V_k}$

Vrijednost motora:

- Benzinski 6,5 do 11,5
- Diesel 14 do 25

Više cilindrični motori imaju propisano označivanje cilindara. Tako što se na određenoj strani motora nalaze dijelovi motora smjerovi vrtnje i sl. dok sa druge strane je slobodna strana motora. Cilindri se označavaju tako od strane predaje momenta.

Isto tako smjer vrtnje je propisan (ISO 1204).

2.2. PODJELA MOTORA

2.2.1. PODJELA PREMA TAKTU, PRINCIPU RADA, POLOŽAJU, BROJ I RASPORED CILINDARA TE GORIVU

Princip rada – Dvotaktni motor (Two stroke), klip napravi dva hoda dok koljenasto vratilo napravi jedan okretaj u jednom ciklusu. Četverotaktni motor (Four Stroke) klip napravi četiri hoda dok koljenasto vratilo napravi dva okretaja.

„Princip rada koji je utemeljen na paljenju smjese goriva i zraka vanjskim izvorom energije, od odnosno električnom iskrom na svjećici sustava za paljenje jest Ottov princip rada i primijenjen je kod benzinskih motora (Spark Ignition – *S/I*). Dizelovi motori (Compression Ignition – *C/I*) koriste se principom samozapaljenja smjese goriva i zraka od sabijene i zagrijane smjese u cilindru motora.“ (E.Hnatko, 2016.;19)

Motori mogu imati više od jednog cilindra isto tako položaje cilindara, a to su: vodoravni, viseći, kosi i okomit položaj.

Njihov raspored može biti:

Tablica 1.

Raspored cilindara motora

Raspored cilindara	
Redni motor	Poredani su uzdužno koljenastoga vratila
V motor	Cilindri su poredani pod određenim kutem (45°, 60°, 90°, 120°)

Izvor: Autor

Tablica 2.

Gorive smjese motora

Motore razlikujemo prema vrsti goriva	
Benzin	Izgaranje benzina
Diesel	Izgaranje plinskog ulja
Plinski	Izgaranje tekući plinova
Alkoholne	Izgaranje metanola ili etanola
Višegorivi	Izgaranje različitih vrsta goriva

Izvor: Autor

2.2.2. IZMJENA MEDIJA U MSUI

SUI motori mogu pri usisnom taktu usisati smjesu u cilindar, takav motor se isto naziva atmosferski motor. Isto tako moguće je imati i kompresijsko nabijanje smjese u cilindar koji nabija više smjese u cilindar za vrijeme usisnog takta.

„Da bi se proces u motoru ciklički ponavljao, potrebno je nakon izgaranja gorive smjese istu evakuirati iz prostora cilindra, te obnoviti sadržaj unutrašnjosti cilindra sa svježom smjesom ili zrakom. Proces u kojem se vrši ta izmjena se naziva izmjena radnog medija.

- Izbaciti iz cilindra produkte izgaranja iz ranijega procesa,
- Dovedi potrebnu masu svježega radnog medija,
- Da bi motor razvio veću snagu potrebno je dovesti čim više radnoga medija,
- Spriječiti gubitak dovedenoga svježeg radnog medija u ispušni vod,
- Organizirati početno strujanje u cilindru,
- Pri izmjeni radnoga medija potrošiti čim manje energije.

Kod *4T* (četverotaktnog) motora najčešće se koristi sustav ventila čijim se točnim otvaranjem i zatvaranjem regulira proces izmjene medija. Sustav ventila se sastoji od ventila koji omogućavaju izlaz ostataka izgaranja i oni se nazivaju ispušni ventili, te ventila koji omogućavaju ulaz svježeg medija se nazivaju usisni ventili.

Pogon ventila se vrši putem bregastog mehanizma s bregastim vratilom. To se vratilo vrti s pola brzine vrtnje koljenastoga vratila.

Slika 2.

Mehanizam otvaranja i zatvaranja ventila



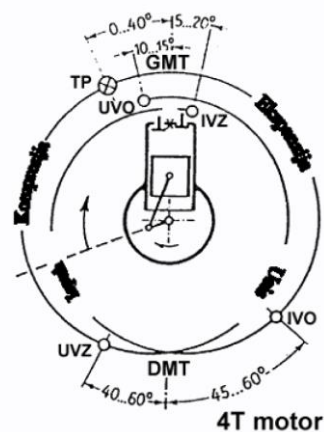
Izvor: http://repositorij.fsb.hr/8830/1/Pakšec_2018_zavrzni_preddiplomski.pdf (pristupljeno 25.06.2020.)

Brijegovi su smješteni na bregastom vratilu i služe za otvaranje ventila, najčešće putem klackalica. Oblik brijega i dijelova za prijenos gibanja na ventil određuje krivulju podizaja ventila i kuteve otvorenosti ventila.

Klackalice služi za prijenos gibanja s brijega, podizača i podizne šipke na ventil

Slika 3.

DISTRIBUCIONI DIJAGRAM - prikazuje otvorenost usisnog i ispušnog ventila izraženog u stupnjevima koljena koljeničaste osovine.



Izvor: Pomorski fakultet Rijeka

https://www.pfri.uniri.hr/web/dokumenti/uploads_nastava/20200318_225801_segulja_BMM.pdf

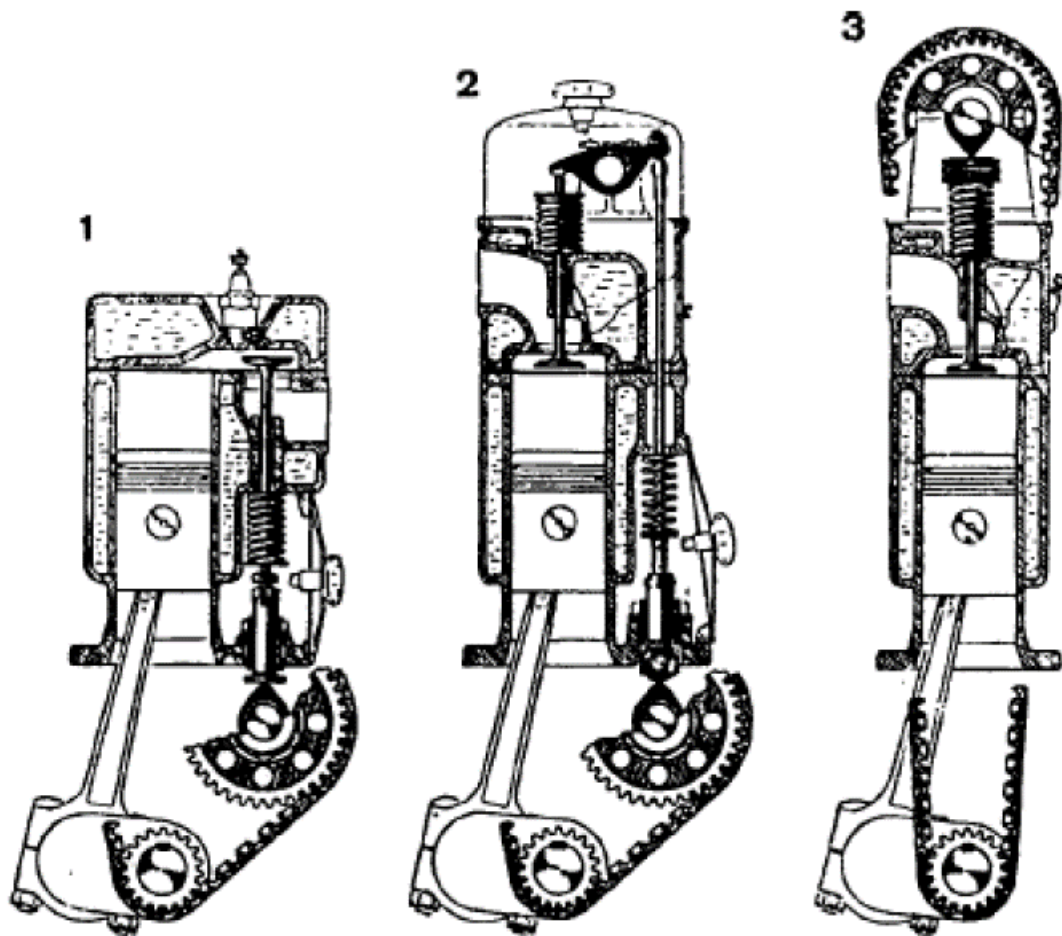
(pristupljeno 25.06.2020.)

Izvedbe sustava izmjene radnog medija s ventilima s obzirom na pogon ventila može biti :

1. Stojeći ventili s bregastim vratilom smještenim ispod ventila (side valves). Nemamo dobrih mogućnosti izvedbe prostora izgaranja, pogotovo kod motora s višim stupnjem kompresije. Ova se izvedba još rijetko koristi kod malih motora.
2. Viseći ventili s bregastim vratilom smještenim dolje (overhead valves *OHV*),
3. Viseći ventili s bregastim vratilom nad njima (smještenim u cilindarskoj glavi) (overhead camshaft *OHC*). Prednost ove izvedbe je u malim masama u gibanju“ (I. Šegulja: BMM)

Slika 4.

Izvedbe sustava izmjene radnog medija



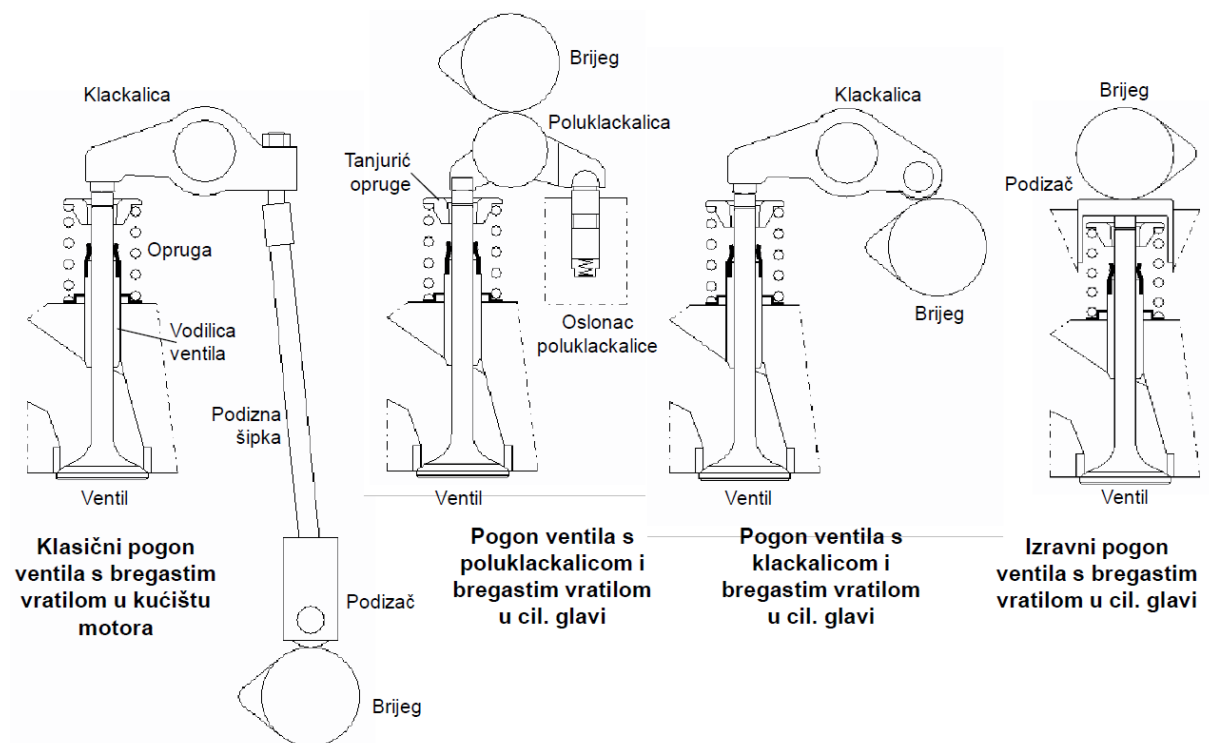
Izvor: Pomorski fakultet Rijeka

https://www.pfri.uniri.hr/web/dokumenti/uploads_nastava/20200318_225801_segulja_BMM.pdf

(pristupljeno 25.06.2020.)

Slika 5.

Izvedbe pogona ventila



Izvor: Pomorski fakultet Rijeka

https://www.pfri.uniri.hr/web/dokumenti/uploads_nastava/20200318_225801_segulja_BMM.pdf

(pristupljeno 25.06.2020.)

2.3. VRSTE HLAĐENJE MOTORA

„Jedna trećina proizvedene energije dobivene izgaranjem goriva prenosi se na rashladno sredstvo. To je nepovoljno, ali je neizbježno jer se povišenjem temperature motorni dijelovi pregrijavaju. Osim toga, zbog toplinskog istezanja metala trebalo bi ostavljati veću zračnost kad se motor ne bi hladio. Veća zračnost i pregrijavanje dijelova motora smanjilo bi vrijeme trajanja pogonskog mehanizma. Visoka temperatura, naročito glave motora i klipa, znatno utječe i na smanjenje stupnja kompresije, a povećano utječe na smanjenje snage motora. Zbog toga treba motorne dijelove hladiti nekim rashladnim sredstvom koje će dio topline odvoditi i prenijeti na zrak. U načelu postoji unutarnje i vanjsko glađenje motora. Unutrašnje glađenje vrši usisana smjesa i ulje za podmazivanje. Vanjsko glađenje vrši se tekućinom ili zrakom.“ (Čevra, 1995;194)

2.4. BRZINA VRTNJE

Tablica 3.

Brzina vrtnje motora

Motore razlikujemo isto tako po brzini vrtnje	
Sporohodni	brodski motori koji imaju manji broj okretaja 100 <i>o/min</i> do 300 <i>o/min</i>
Srednjehodni	motori koji se vrte od 300 do 1000 <i>o/min</i>
Brzohodni	automobilski motori koji se vrte 1000 do 10 000 <i>o/min</i>
Superbrzohodni	trkaći motori koji se vrte od 15 000 do 38 000 <i>o/min</i>

Izvor: Autor

3. KARAKTERISTIKE MOTORA SUI ZA POGON CESTOVNIH VOZILA

3.1. BENZINSKI MOTOR

„Razvoj automobilizma i zrakoplovstva najuže je povezan s razvojem enzimskih motora, zbog njegove male težine po jedinici snage i niske potrošnje goriva.

Danas se benzinski motori nazivaju svi motori koji se pale električnom iskrom, bez obzira na to što troše plinoviti ili tekuće gorivo.“ (Čevra, 1995;11)

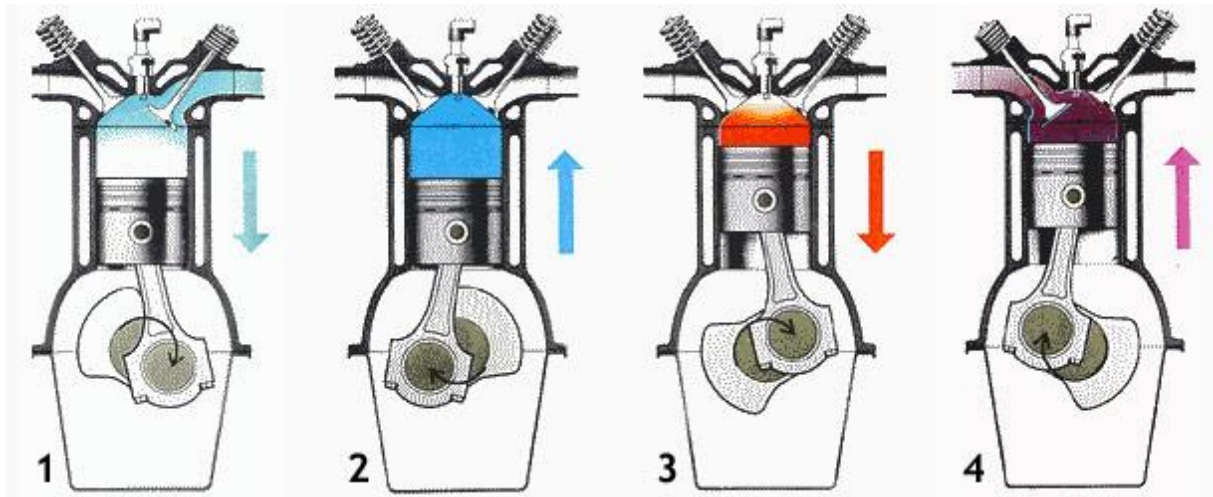
Četverotaktni motori imaju četiri takta:

1. Usisavanje
2. Kompresija
3. Ekspanzija
4. Ispuh (izgorjeli plinovi)

Nakon odrađenih svih taktova ciklus se ponavlja. Jednom se takav radnom procesu koljenasto vratilo okrene dva puta.

Slika 6.

Proces rada četverotaktnog benzinskog motora



Izvor: <http://www.autonet.hr/arhiva-clanaka/nacelo-rada-motora> (pristupljeno 26.06.2020.)

Prvi takt

Usisavanje počinje prije nego što klip dođe u *GMT* (10 do 20° koljenasto vratilo). Razlog ranijeg otvaranja je vremenski period da se ventil u potpunosti otvori. Time se smanjuju mogući vrtlozi u cilindru. Kada klip dođe u *GMT* mijenja smjer gibanja prema *DMT* i tada se stvara podtlak koji je približno 80-90 *kPa*. To omogućava da se u cilindar usiše goriva smjesa u određenom težinskom omjeru. Teorijski je 1 *kg* benzina na 13 *kg* zraka (1/13 do 1/14). Da bi došlo do dodatne uštede na potrošni može se dodati još 20% zraka. Takva smjesa se zove siromašna smjesa koji je omjer 1/16 *kg*. Dok bogata smjesa sadrži 10% manje zraka od teorijske (1/12 *kg*).

„Siromašna smjesa nepovoljno utječe na rad motora. Ta smjesa u motoru duže izgara, pa se motor pregrijava (povrat plamena u rasplinjač). Bogata smjesa povoljno utječe na rad motora, jer brže izgara, ali je potrošnja goriva veća.“ (Čevra, 1995;14)

Drugi takt

Prilikom drugog takta klip iz *DMT* mijenja smjer prema *GMT* i usisni ventil se zatvara. Kako klip ide prema *GMT* stvara se kompresija što jest smanjuje se volumen u cilindru i smjesa koja je u njemu se sabija i samim time temperatura i tlak raste. Previsok tlak u cilindru uzrokovao bi prijevremeno samozapaljenje i time goriva smjesa mora biti 100°C niža od točke samozapaljenja gorive smjese. Smjesa se pali električnom iskrom

koju daje svjećica u određenom trenutku. Usisana smjese komprimira se od 7 do 12 puta manje nego sto je usisana. Takav omjer zove se omjer kompresije.

„Teorijski, to je omjer između ukupnog i kompresijskog volumena cilindra. Što je omjer kompresije veći, to je bolje iskorištena kalorična vrijednost goriva pri pretvorbi u mehanički rad. Prema tome, bilo bi poželjno da omjer kompresije bude što veći, ali on je ograničen, jer bi se smjesa zbog visoke temperature mogla samo zapaliti, a to bi nepovoljno utjecalo na rad motora.“ (Čevra, 1995;16)

„Kompresijski volumen može se dobiti računanjem ili ulijevanjem ulja u kompresijski prostor, tj. U prostor iznad gornje mrtve točke. Koliko, se kubičnih centimetara ulja ulije u kompresijski prostor, toliki mu je volumen.“ (Čevra, 1995;16)

Treći takt

Odvija se tako da je gibanje klipa od *GMT* prema *DMT*. Slika 6. Ekspanzija. Ventili su zatvoreni.

„Benzinski motori pale se električnom iskrom. Paljenje se vrši s jednom ili više električkih iskara. Nakon pojave električne iskre izgaranje se naglo širi, tako da se cijeli proces obavlja kao zatvoreni mlaz. Brzina izgaranja relativno je mala, iznosi 15 do 30 *m/s*, a povećava se dužinom puta izgaranja. Ako brzina prijeđe kritičnu granicu, izgaranje može, uz ostale uvjete, prijeći brzinu od 100 *m/s* i više. Povećanjem tlaka kompresije povećava se i opasnost od eksplozije. Drugu opasnost od eksplozije čine veličina i oblik kompresijskog prostora te smještaj svjećica. Da se smanji dužina izgaranja, danas se uvodi elektronsko paljenje motora.“ (Čevra, 1995;23)

Četvrti takt

„Nakon ekspanzije treba iz cilindra istisnuti izgorjele plinove kako bi se ukupni volumen cilindra oslobodio za novo punjenje. Istiskivanje izgorjelih plinova počinje mnogo prije *DMT* i zbog toga se topli plinovi nalaze još pod tlakom 0,4-0,6 *MPa*. Kada se ispušni ventili otvori, plinovi počinju izlaziti brzinom od 800 do 900 *m/s*. Ta brzina, odnosno kinetička energija izraznih plinova, nastaje zbog pada tlaka, tj. potencijalne energije plinova. Velika izrazna brzina ispušnih plinova stvara jaku buku koju treba prigušiti“ (Čevra, 1995;26)

3.2. DIZEL MOTOR

„Inženjer Rudolf Diesel velikom je ustrajnošću, primjenjujući ranije iskustva, izradio motor koji je pozvan njegovim imenom. Dizel motori su najekonomičniji pogonski strojevi koji se upotrebljavaju za pogon svih prometnih strojeva, elektrana, građevinski strojeva, vojnih strojeva, a naročito za pogon brodskih strojeva.

Danas se pod pojmom dizel motora razumijeva dvotaktni ili četverotaktni klipni motor koji usisava čist zrak.“ (Čevra, 1995;103)

Tablica 4.

Prednosti i nedostaci dizel motora

Dizel motor	
PREDNOSTI	NEDOSTACI
Ekonomičan rad	Komplicirana konstrukcija motora
Manja emisija štetnih plinova	Skuplja izrada i popravak

Izvor: Autor

3.3. PRINCIP RADA DIZELSKOG MOTORA

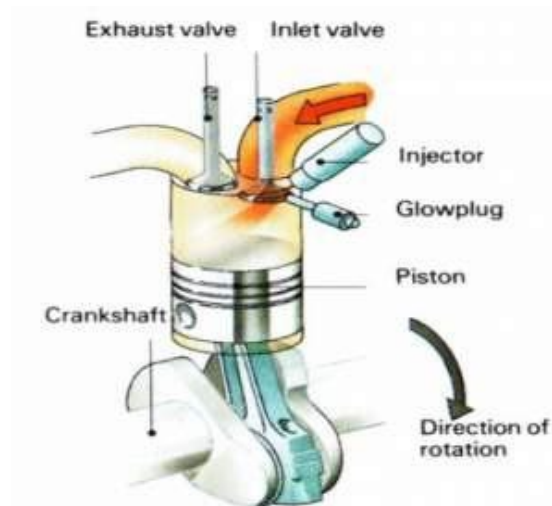
Četverotaktni dizel motor radni ciklus obavi u četiri takta, odnosno u dva okretaja koljenastog vratila. Taktovi su isti kao i kod benzinskog motora. To su: usis, kompresija, ekspanzija i ispuh. No princip rada je drugačiji.

Prvi takt

Klip putuje iz *GMT* u *DMT*, usisni ventil je otvoren (ispušni ventil je zatvoren). Usisava samo čistu smjesu zraka (bez goriva za razliku od benzinaca). Usisni ventil je otvoren sve dok klip ne dođe do *DMT*.

Slika 7.

Prvi takt-usis



Izvor: <https://engihub.com/diesel-engine-working/> (pristupljeno 26.06.2020.)

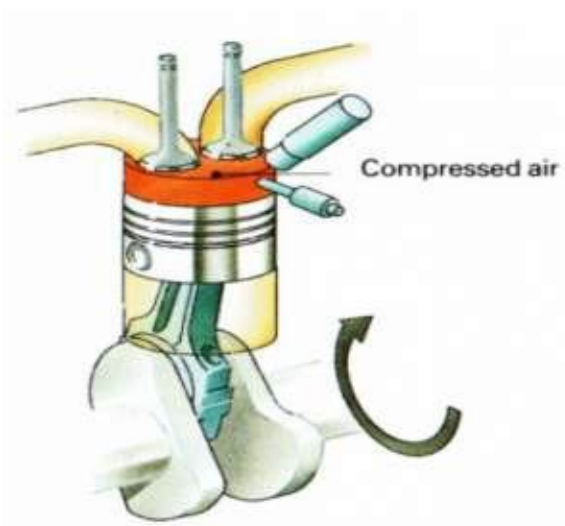
Drugi takt

Klip putuje iz *DMT* u *GMT* gdje komprimira usisan zraka. Prilikom tog radnog ciklusa oba ventila su zatvorena. Omjer kompresije u prosjeku iznosi 16:1 do 24:1.

„Taj zrak komprimira se na više od 3 MPa, pa se zbog toga ugrije na temperaturu iznad 1000K. U tako užaren zrak uštrca se manje količina teškog tzv. Dizel-ulja, koji je samozapaljivo pri 570 do 620 K. Prema tome, gorivo u dizel-motorima pali se bez električne iskre.“ (Čevra, 1995;103)

Slika 8.

Drugi takt-kompresija



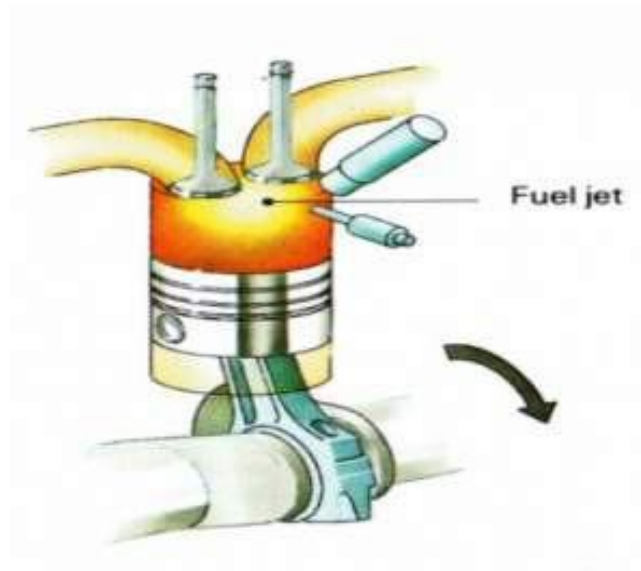
Izvor: <https://engihub.com/diesel-engine-working/> (pristupljeno 26.06.2020.)

Treći takt

Klip se nalazi u *GMT* gdje prilikom zapaljenja smjese potiskuje klip prema *DMT*. U ovom taktu oba ventila su zatvorena i u cilindru se stvara ekspanzija. Ovaj takt se isto zove radni takt.

Slika 9.

Treći takt-radni takt



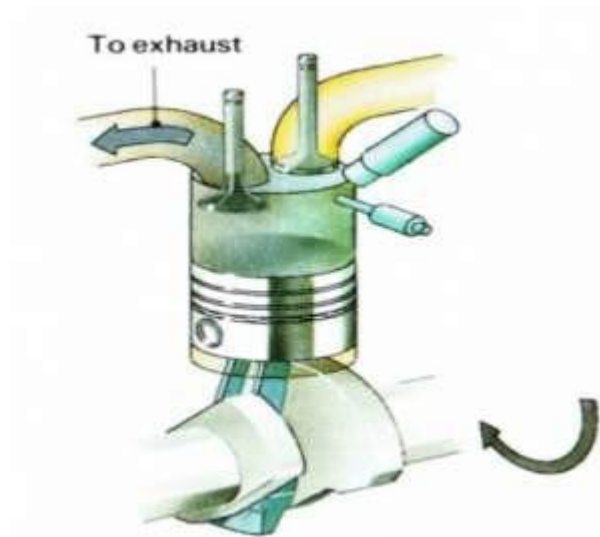
Izvor: <https://engihub.com/diesel-engine-working/> (pristupljeno 26.06.2020.)

Četvrti takt

Klip putuje iz *DMT* u *GMT*, ispušni ventil je otvoren (usisni ventil je zatvoren). U ovom taktu sagorjeli plinovi se izbacuju iz cilindra kroz ispušne kanale. Nakon toga kada klip dođe skoro do *GMT* završava radni takt i cijeli postupak se ponovno ponavlja.

Slika 10.

Četvrti takt-ispuh



Izvor: <https://engihub.com/diesel-engine-working/> (pristupljeno 26.06.2020.)

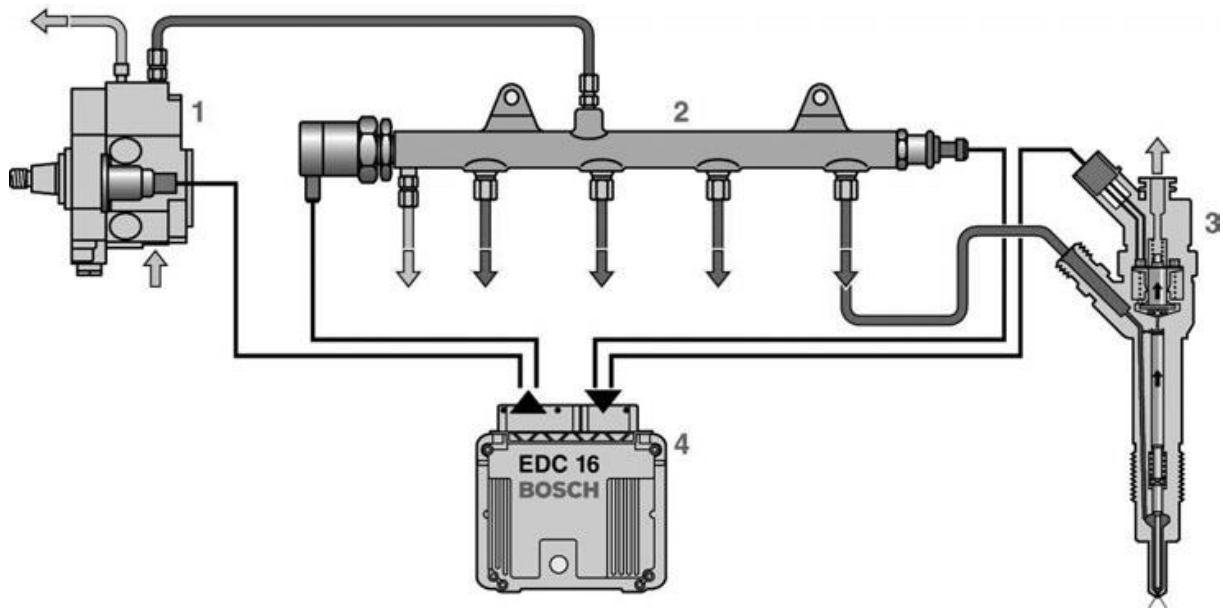
3.4. COMMON RAIL UBRIZGAVANJE

Common rail sustav je sustav koji radi na principu stvaranja visokog tlaka i ubrizgavanja goriva. Visoki tlak se stvara u pretkomori koji je kratkim vodovima povezan sa brizgaljkama. Kompjuter motora prikupljajući razne informacije sa motora time točno zna koliko dugo treba imati otvorenu brizgaljku. Tlak tijekom generacija je znatno porastao, u prvoj generaciji stvarao se tlak od 1250 *bara*, a danas bilježimo izvedbe od 2500 *bara*.

Koncept common rail sustava prvi je napravio Bosch 1997. godine. Od uobičajenih koncepata gdje se visoki tlak morao stvarati pojedinačno, kod common rail sustava na jednom mjestu se stvara visoki tlak za sva ubrizgavanja. Takav sustav donosi uvijek potreban tlak za ubrizgavanje na svaku brizgaljku.

Slika 11.

Common rail sustav



Izvor: <http://auto.ivrep1.ru/common-rail-sustav-ubrizgavanja/> (pristupljeno 26.06.2020.)

Na slici 11 vidimo sustav common raila, (točka 1) prikazuje visokotlačnu pumpu koja radi visoki tlak i šalje u common rail (točku 2) gdje se skuplja visoki tlak. Nakon toga visoki tlak se šalje prema brizgaljki (točka 3), gdje se brizgaljka otvori i ubrizga smjesu u određenom trenutku pomoću kompjutera (točka 4).

Isto tako common rail sustav vrši ubrizgavanje u tri faze: pred ubrizgavanje, glavno ubrizgavanje i naknadno ubrizgavanje. Radi takvog ubrizgavanja motor izbacuje manje štetnih plinova i radi tiše.

4. USPOREDBA ATMOSFERSKOG I TURBO MOTORA

Motore kod kojih je pritisak na usisnom otvoru jednak atmosferskom, nazivamo atmosferskim motorom, za razliku od motora kod kojih je pritisak na usisnom otvoru veći od atmosferskog, nazivamo ih nabijeni motori.

Stalna težnja u razvitku motora bila je povećanje njegove snage uz zadržavanje radnog volumena. Takav je razvitak motora djelovao na smanjenje njegove mase i ugradbenog volumena, a povoljno je utjecao i na snaženje cijene motora po jedinici snage.

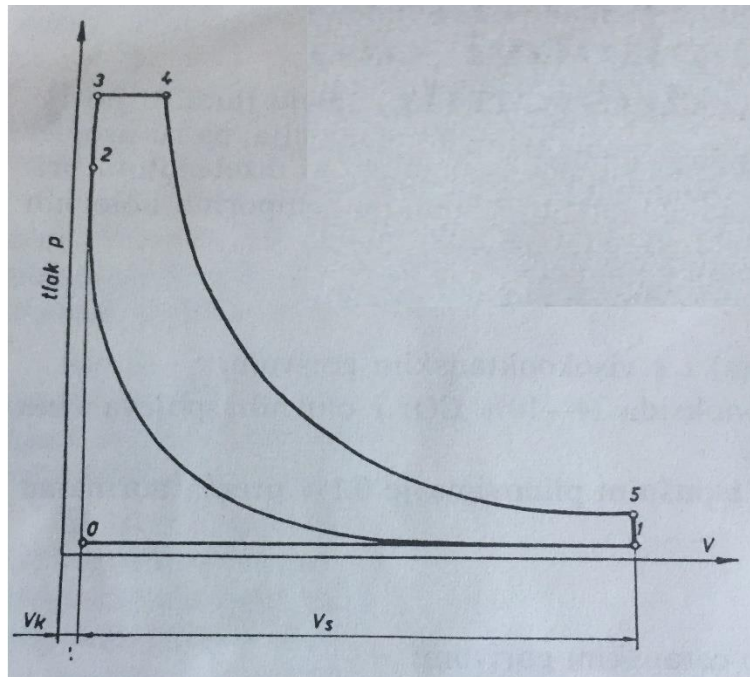
4.1. ATMOSFERSKI MOTOR

Tlak ubrizgavanja kod suvremenijih diesel motora iznosi 150 bara i više, time što je tlak veći raspršivanje goriva je bolje.

Teorijski se kod dizelskog motora zrak usisava pri konstantnom tlaku (po izobari).

Slika 12.

Dijagram dizel motora



Izvor: Antun Čevra: Motori i motorna vozila 1, Zagreb, 1995. str. 112

Na Slici 12 vidi se teorijski dijagram rada dizel motora. Crta 0 do 1 prikazuje usisavanje zraka pri konstantnom tlaku. Od točke 1 do 2 je kompresija. Uštrcava se neposredno u mrtvoj točki. Međutim, izgaranje se obavlja u dvije faze. U prvoj fazi dio goriva naglo izgara u toku ekspanzije, pa se neko vrijeme odražava konstantan tlak. To je izgaranje po izobari (3 do 4). Iza toga slijedi adijabatska ekspanzija (4 do 5). Izgorjeli plinovi ispuhuju se od 5 do 0. Prvi dio ispuhuje se po izohori (5 do 1), a drugi dio po izobari (1 do 0).

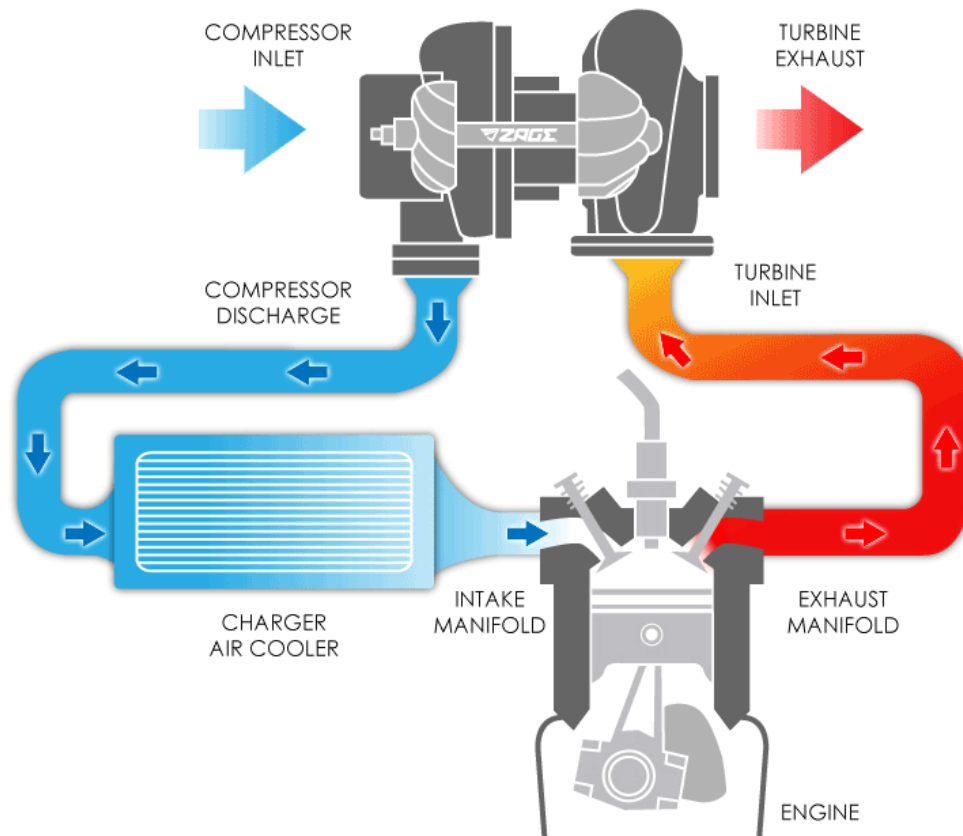
4.2. TURBO MOTOR

Na slici 13 vidimo shemu motora koje nabijanje vrši pomoću turbo punjača. Princip rada je takav da povišenje tlaka usisnog zraka na cijevi odvija smanjenje tlaka ispuha na cijevi. Osim tlaka istovremeno se povisuje temperatura zraka te ga se odvodi u

hladnjak, time povisuje gustoća zraka. Nakon toga ubrizgava se određena smjesa goriva koja se otvaranjem usisnog ventila usmjerava u cilindar. Njezina izvedba je jednostavna, za pogon se koristi energija ispušnih plinova koja okreće plinsku stranu turbine. Na jednom vratilu se nalaze plinska turbina koja prilikom okretanja isto vremenom okreće kompresijsku turbinu.

Slika 13.

Pogon turbo punjača



Izvor: <https://www.turbodynamics.co.uk/technical/understanding-turbochargers/> (pristupljeno 26.06.2020.)

Na slici 14 vidimo prikazani p - V i T – dijagram koji prikazuje idealni proces cilindra kompresiju i turbinu.

„Volumen ispušnog plina na ulazu u plinsku turbinu V_3 veći je od volumena koji odgovara adiabatskoj ekspanziji plina u cilindru do tlaka ispred turbine p_3 , zbog prigušivanja protoka plina pri prolazu pokraj ispušnog ventila. U idealnom slučaju rad koji ostvari plinska turbina (3-4-o-t-3) jednak je radu kojega utroši kompresor (1-2-k-o-

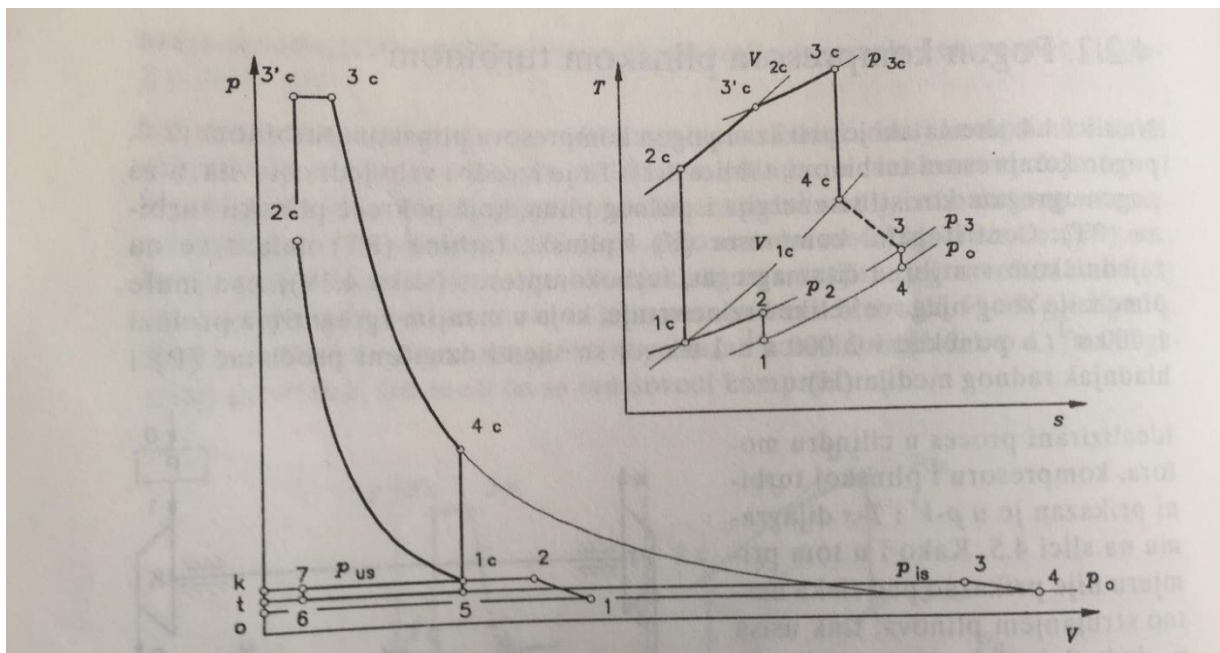
1). S obzirom da je $V_3 > V_2$, tlak ispušnih plina na ulazu u plinsku turbinu p_3 manji je od tlaka radnog medija na izlazu iz kompresora p_2 . Pozitivan rad ostvaren izmjenom radnog medija u cilindru prikazuje površina (1c-5-6-7-1c).

Kao kod prednabijanja mehaničkih pogonom kompresora i u tom je primjeru predviđeno hlađenje radnog medija iz kompresora od (2) do (1c) i tome odgovarajuće smanjenje volumena.

Isti je proces prikazan na istoj slici i s istim oznakama u T - s dijagramu. Od (1) do (2) adiabatски se komprimira radni medij u kompresoru (K). Slijedi hlađenje medija (2-1c) u hladnjaku (H) pri stalnom tlaku p_2 . Idealizirani proces u cilindru motora čine adiabatска kompresija (1c-2c), izgaranje pri stalnom volumenu (2c-3'c), izgaranje pri stalnom tlaku (3'c-3c) i adiabatска ekspanzija (3c-4c). Točkom (3) označeno je stanje plina u ispušnoj cijevi a ispred pliske turbine, pri čemu je s porastom entropije s uzeto u obzir nepovrativost procesa prigušivanja pri prolazu plina pokraj ispušnog ventila. Nakon toga slijedi adiabatска ekspanzija plina u plinskoj turbini od (3) do tlaka okoline (4).“ (Jeras, 1992;155)

Slika 14.

Proces kompresije u turbo motor



Izvor: Dušan Jeras: Klipni motori uređaji, školska knjiga, Zagreb,1992. str. 156

Prednosti nabijanja :

- povećanje specifične snage = lakši i manji motor (30-35%)
- smanjena specifična potrošnja goriva

„Primjenom prednabijanja postiže se prije svega veća snaga motora, no taj proces ima i niz drugih pogodnosti.

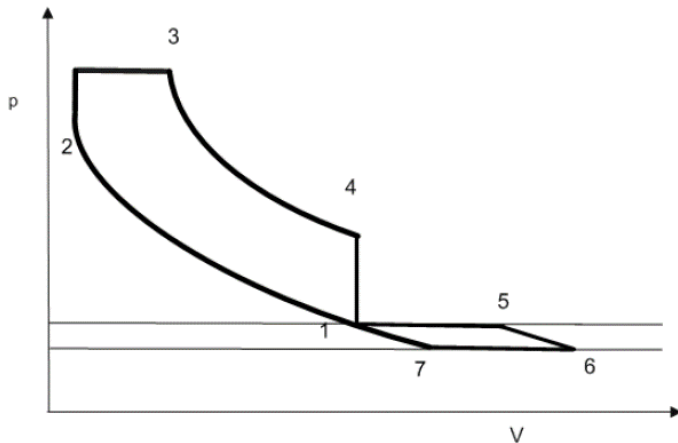
- Primjenom tlaka prednabijanja mijenja se jedinični rad procesa, pa se istom konstrukcijom motora mogu po potrebi postići različite snage. To je prednost i u proizvodnji i u eksploataciji, a povoljno utječe na cijenu motora.
- Ako je potrebno, može se kratkotrajno povećati snaga motora npr. Pri polijetanju zrakoplova ili pri nailasku vozila na usponu.
- Pri letu zrakoplova ili kretanje automobila na većim se visinama prednabijanjem nadoknađuje male gustoća zraka i omogućava razvijanje normalne snage motora.
- Kod velikih brodskih motora koji su izravno spojeni s elisom, brzina vrtnje ograničena je mogućnošću pojave kavitacije, pa je prednabijanje pravi način za povećanje snage motora.
- Veliki pretičak zraka potrebno za rad dizelovih motora uzrokuje mali jedinični rad i malu jediničnu snagu, što ograničava njegovu primjenu u automobilima. Prednabijanje te vrste motora povećava se njegova snaga i omogućuje ravnopravan razvitak s benzinskih motorima“ (Jeras, 1992;150)

4.2.1. PREDNABIJANJE S KONSTANTNIM TLAKOM

S konstantnim tlakom - ispušni plinovi se nakon ekspanzije vode u ispušni spremnik gdje se sabiru, a zatim se vode na rotor turbine.

Slika 15.

Dijagram prednabijanja sa konstantnim tlakom



- 4-1 odvođenje topline pri $V = \text{konst.}$ (u spremnik)
- 1-5 miješanje u spremniku pri $p = \text{konst.}$
- 5-6 adijabatska ekspanzija u turbini
- 6-7 ispuh u atmosferu
- 7-1 kompresija u puhalu

Izvor: Pomorski fakultet Rijeka

https://www.pfri.uniri.hr/web/dokumenti/uploads_nastava/20200318_225801_segulja_BMM.pdf
(pristupljeno 25.06.2020.)

Tablica 5.

Prednosti i nedostaci turbine

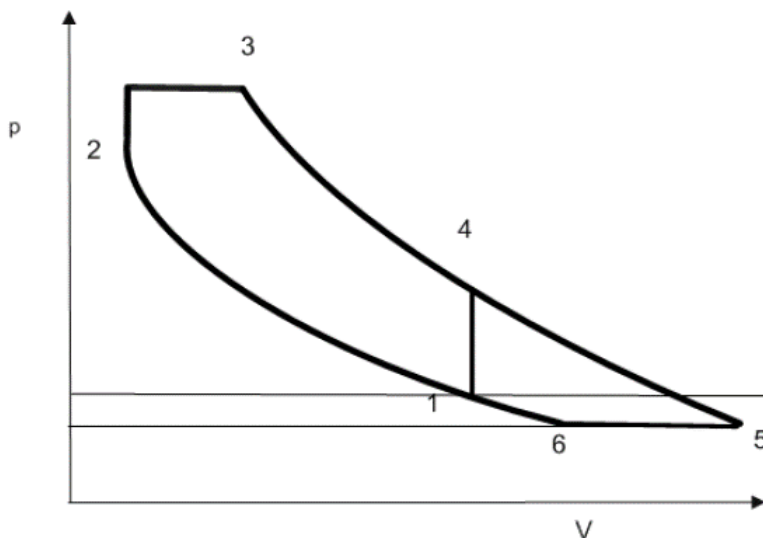
Prednosti	Nedostaci
Iskoristivost ispušnih plinova	Slaba prilagodljivost promjeni opterećenja
Moguće smještanje turbine bilo gdje	Veći pad tlaka prilikom malog broja okretaja
Brzo ubrzanje nakon turbo rupe	Turbo rupa

Izvor: Autor

U tablici 5 turbina se primjenjuje se za veće tlakove nabijanja. Kod manjih opterećenja se dodaju dodatna mehanički pogonjena pomoćna puhalo ili se iskorištava pumpni efekt donje strane stapa.

4.2.2. IMPULSNI SUSTAV PREDNABIJANJA

Slika 16. Dijagram impulsnog sustava prednabijanja



Impulsni sistem - ispušni plinovi se vode direktno na rotor turbine, gdje predaju kinetičku i toplinsku energiju, a rotor puhalo komprimira zrak.

- 4-5 ekspanzija u turbini
- 5-6 izlaz u atmosferu
- 6-1 kompresija u puhalu

Izvor: Pomorski fakultet Rijeka

https://www.pfri.uniri.hr/web/dokumenti/uploads_nastava/20200318_225801_segulja_BMM.pdf

(pristupljeno 25.06.2020.)

Tablica 6.

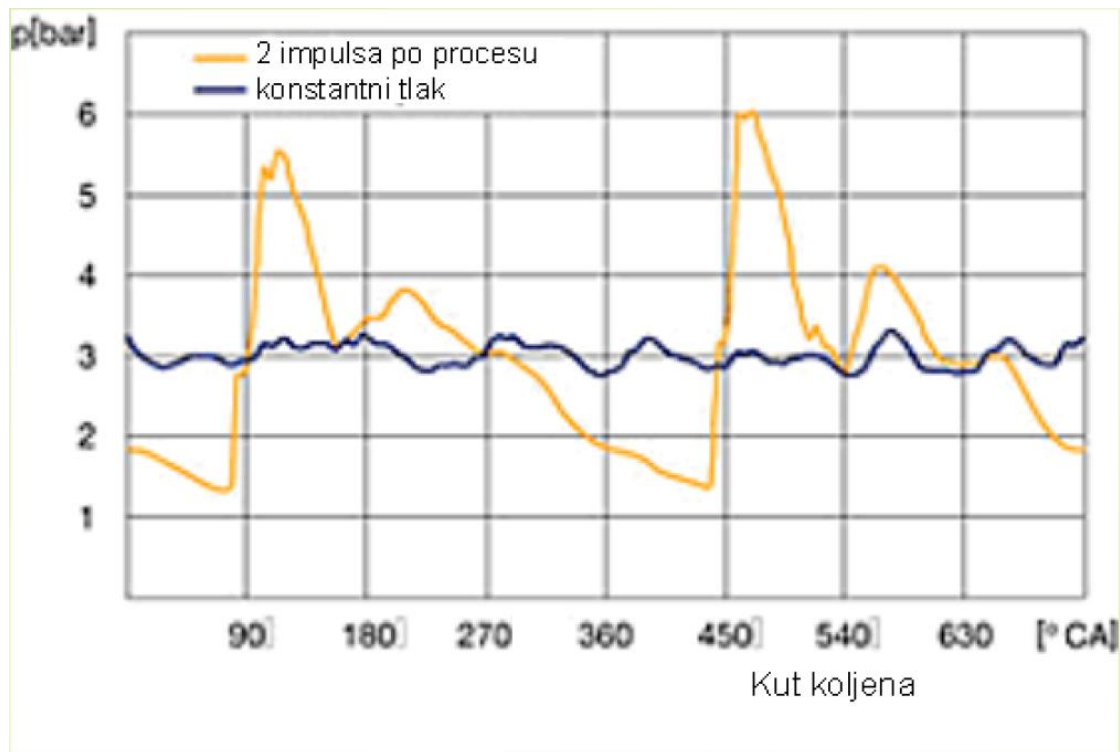
Prednosti i mane impulsnog nabijanja

Prednosti	Mane
Dobro iskoristivost kinetičke energije	Slaba iskoristivost zbog ventilacijskih gubitaka
Dobro prilagođavanje turbine promjeni opterećenja	Veći promjer turbine
Dobro ispiranje i kod manjih opterećenja	Komplicirani izvedba ispušnih vodova

Izvor: Autor

Slika 17.

Promjena tlaka pred turbinom za impulsno prednabijanje i prednabijanje konstantnim tlakom



Izvor: Pomorski fakultet Rijeka

https://www.pfri.uniri.hr/web/dokumenti/uploads_nastava/20200318_225801_segulja_BMM.pdf
(pristupljeno 25.06.2020.)

4.3. USPOREDBA ATMOSFERSKOG I TURBO MOTORA

Tijekom godina tehnologija motora se usavršila. Jedan od toga je utjecao da se proizvodnja atmosferskog motora gotovo zaustavila. Razlog toga je taj što se turbo motori usavršili toliko da sad svaki auto ima neku vrstu turbo punjača. Isto tako veličina motora se smanjila za čak 30%. Time što manji motori proizvode isto ako i ne više snage i okretnog momenta nego motori prije, kao što sad uspoređujemo 1.9 SDI motor koji se prestao proizvoditi.

Tablica 7.*Specifikacije motora*

1.9 SDI	
Kapacitet	1,896 cm ³
Promjer cilindra/hod klipa	79.5 mm/95.5 mm
Izlazna snaga	60 KS pri 3,600 rpm
Maksimalni moment	130 Nm pri 2,200 rpm
Omjer kompresije	19.5 : 1
CO₂	130 g/Km
Težina	128 kg
Spec. potrošnja goriva (pri najvećoj učinkovitosti)	224 g/kWh
Karter	Lijeivano željezo
Glava cilindra	Aluminijska legura
Radilica	Kovani čelik

Izvor: Autor

Tablica 8.

Specifikacija motora

1.6 TDI	
Kapacitet	1598 <i>cm</i> ³
Promjer cilindra/hod klipa	79.5/80.5 <i>mm</i>
Izlazna snaga	105 <i>hp</i> pri 3000-4000 <i>rpm</i>
Maksimalni moment	250 <i>Nm</i> pri 1500-2750 <i>rpm</i> .
Omjer kompresije	16.2:1
CO₂	99 <i>g/Km</i>

Izvor: Autor

Tablica prokazuje 1.6 *TDI* motor koji je manji od uobičajenijih motora za 30%.

Tablica 9.

Specifikacije motora

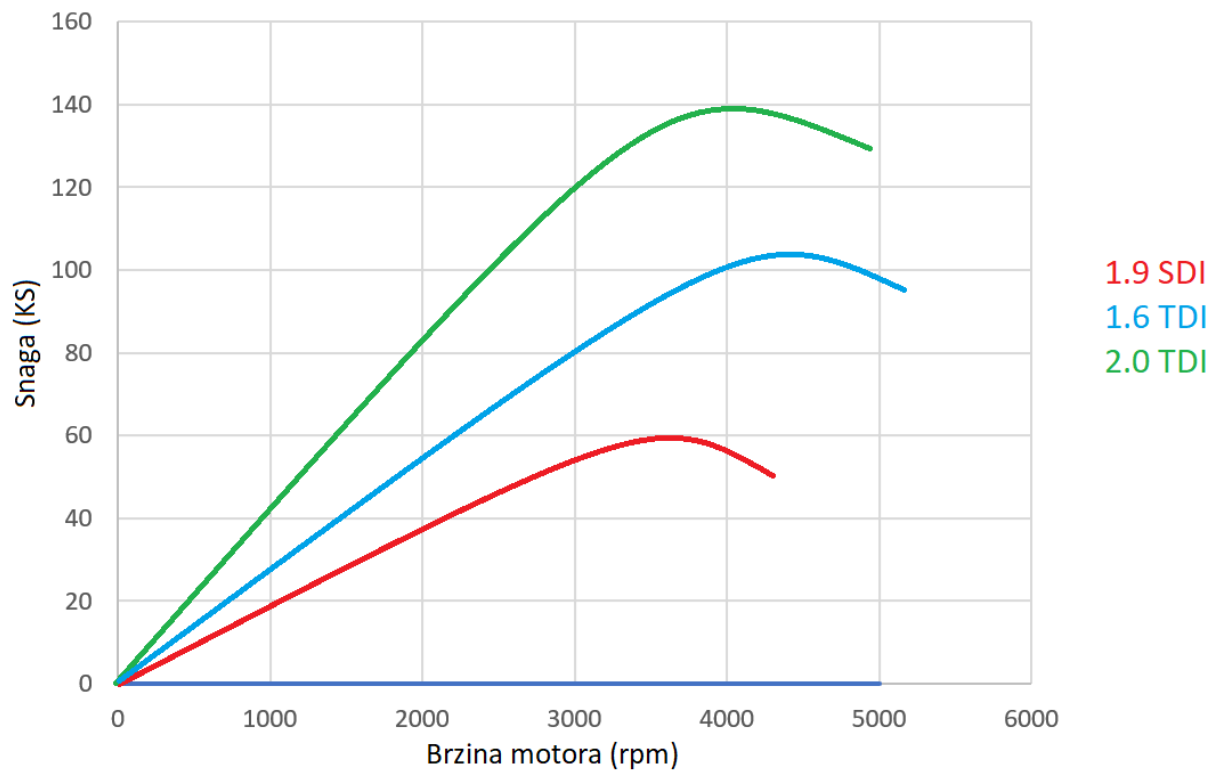
2.0 TDI	
Kapacitet	1968 <i>cm</i> ³
Promjer cilindra/hod klipa	81.0/95.5 <i>mm</i>
Izlazna snaga	140 <i>hp</i> pri 4000 <i>rpm</i>
Maksimalni moment	320 <i>Nm</i> pri 2500 <i>rpm</i> .
Omjer kompresije	18:1
CO₂	146 <i>g/Km</i>

Izvor: Autor

Za 2.0 *TDI* motor možemo vidjeti kako nije neka velika razlika od 1.9 *SDI* motora. 2.0 motor je nešto malo veći kapacitet, promjer cilindra i hod klipa.

Grafikon 1.

Usporedba snage motora

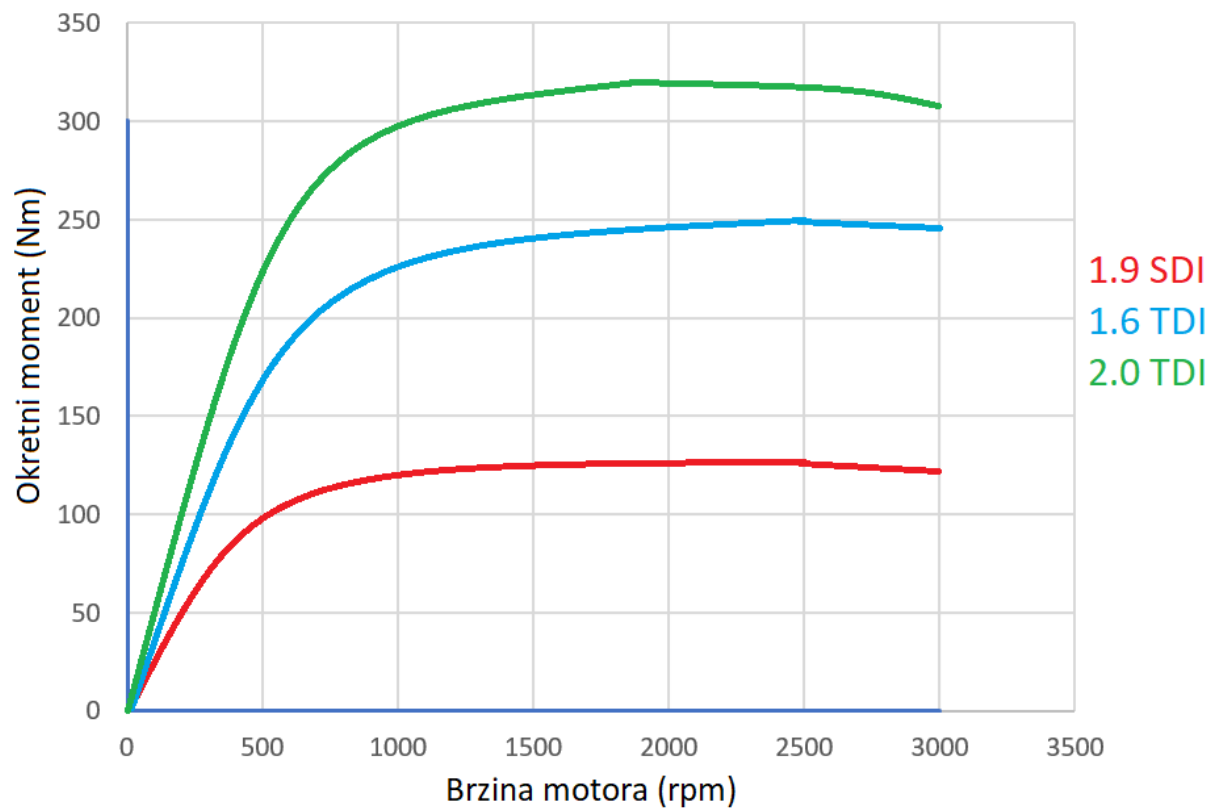


Izvor: Autor

Na grafu 1 vidimo maksimalnu snagu koju može proizvesti motor u određenom trenutku. Isto tako se vidi kako motori sa turbinom znatno više proizvedu snage od atmosferskog 1.9 *SDI* motora.

Grafikon 2.

Usporedba okretnog momenta

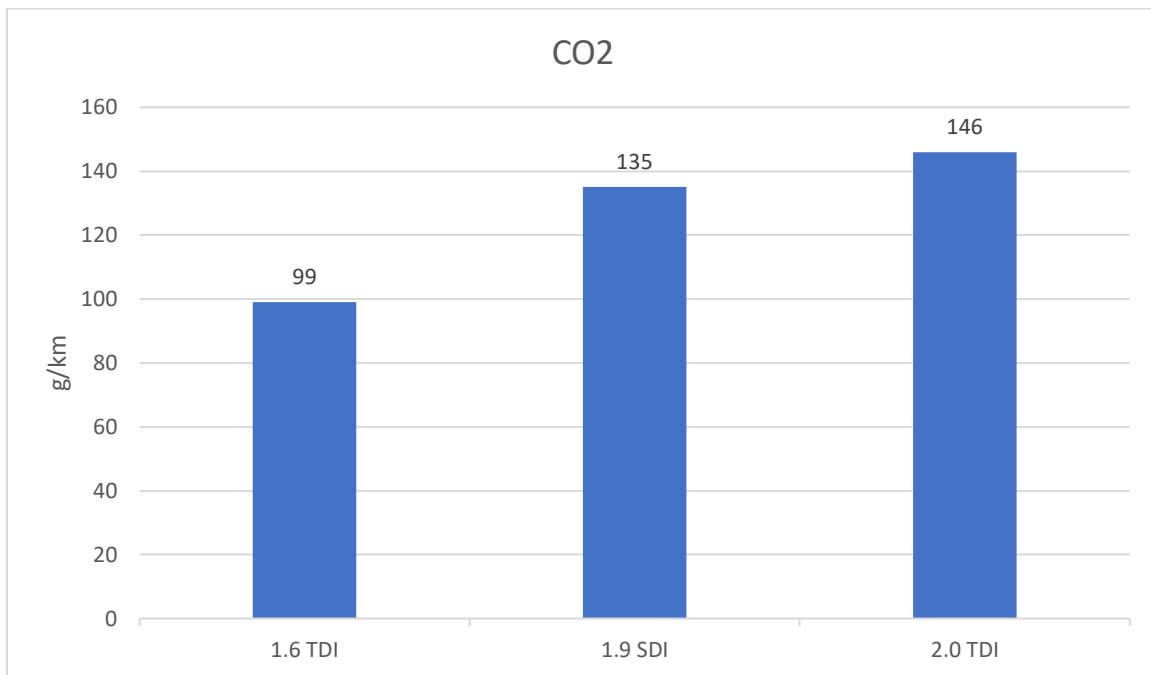


Izvor: Autor

Na grafu 2 vidimo okretni moment za sva tri motora. I u ovom se slučaju može vidjeti kako turbo motori proizvode i do dva puta više okretnog momenta naspram 1.9 SDI motora.

Grafikon 3.

Emisija štetnih plinova

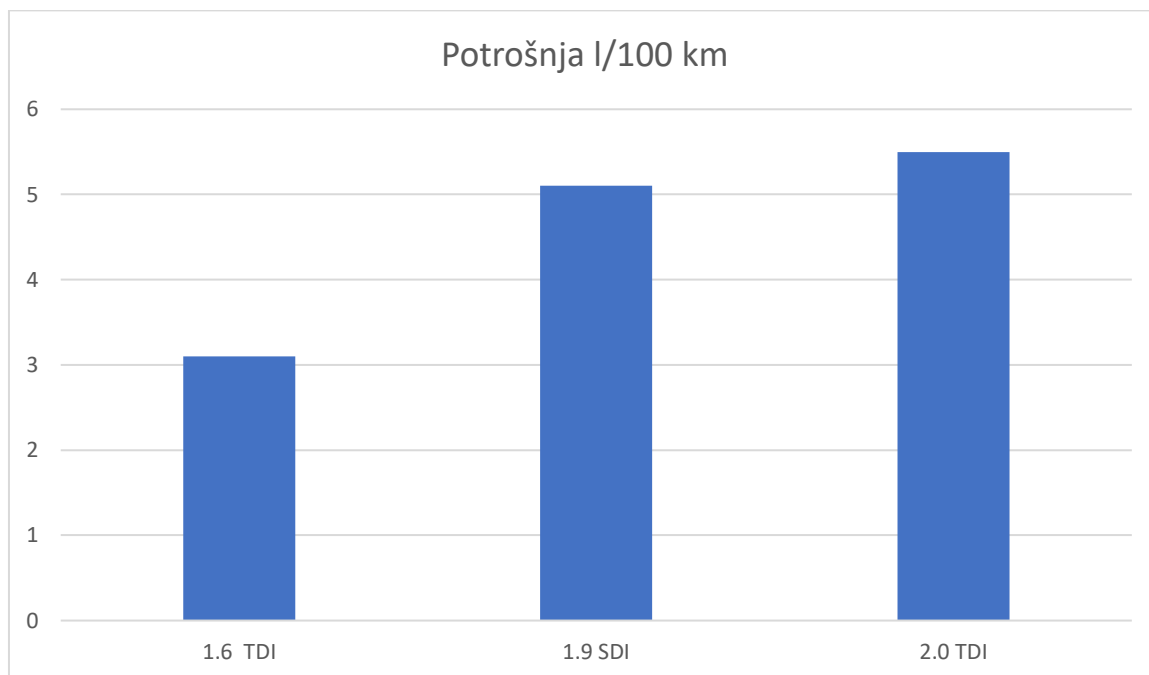


Izvor: Autor

Na grafikon 3 vidimo emisiju štetnih plinova. Vidimo kako 1.9 *SDI* i 2.0 *TDI* imaju neku malu razliku, dok 1.6 *TDI* motor 36% manje izbacuje štetnih plinova naspram 1.9 *SDI*.

Grafikon 4.

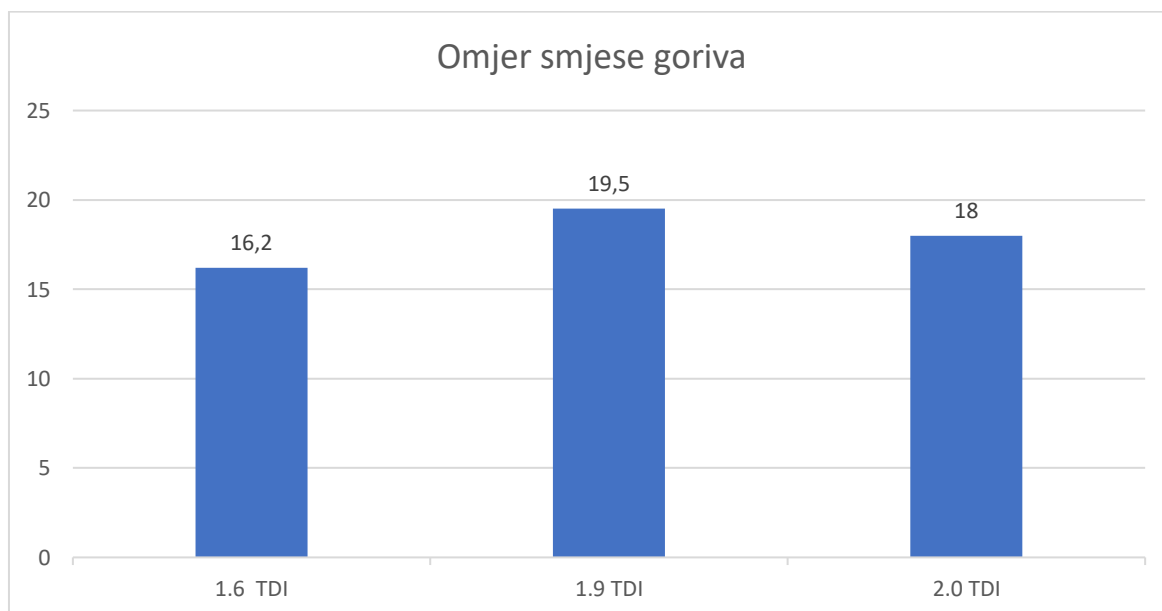
Potrošnja goriva



Izvor: Autor

Grafikon 5.

Omjer smjese goriva



Izvor: Autor

Usporedbom sva tri motora dokazuje se da se omjer smjese goriva i zraka znatno smanjio za 1.6 *TDI* motor, dok 2.0 *TDI* je sličan sa smjesom i potrošnjom kao 1.9 *SDI*. Atmosferskog dizel motor sjajan je po pouzdanosti. Na tom motoru se nije moglo ništa pokvariti, no zato je imao svoje mane kao što je tromost i spor odaziv.

Dok kod turbo motora je drugačija priča odnosno odaziv je skoro pa momentalan, čim se prođe turbo rupa auto proizvodi veću snagu i brzinu u par sekundi. Radi turbo motora radna zapremina motora se smanjila. Turbo motor odnosu na atmosferske motore ima veći okretni moment i to na malim okretajima. Isto tako maksimalna snaga se također razvije pri nižim okretajima nasuprot atmosferskog motora.

No na kraju razlika turbo motora odnosu na atmosferski nije neka velika. Generalno, konstruirani su malo drugačije ili su samo pojačani, radi većih temperatura i sila pri radu.

Samim time vidimo kako je tehnologija napredovala tokom godina da se sve više koriste efikasniji i bolji motori s manju potrošnjom. A isto tako vidimo kako proizvođači automobila više fokusiraju tehnologiju u manjim i snažnijim motorima.

5. ZAKLJUČAK

Ovim radom bilo je potrebno usporediti atmosferski i turbo dizel motor, njihov princip rada te zaključiti koji je ekonomičniji. Atmosferski motori su motori kod kojih je pritisak na usisnom otvoru jednak atmosferskom za razliku od turbo dizel motora kod kojih je pritisak na usisnom otvoru veći od atmosferskog.

Usporedbe radi atmosferskog i turbo motora u istraživanju se koristio atmosferski motor 1.9 *SDI* te dva turbo dizel motora 1.6 *TDI* i 2.0 *TDI* od istog proizvođača iz *VW* grupacije.

Približno jednak kapacitet cilindra i hod klipa imaju 1.9 *SDI* i 2.0 *TDI*, a 1.6 *TDI* ima znatno manji kapacitet cilindra, te proizvodi jednako ako ne i više snage i okretnog momenta od 1.9 *SDI*. Odmah u početku se vidjelo kako je motor 2.0 *TDI* proizvodio znatno više snage i okretnog momenta nasuprot 1.9 *SDI* motora. Isto tako njihova potrošnja i emisija štetnih plinova je skoro pa jednaka.

Samim time usporedbom 1.6 *TDI* nasuprot 1.9 *SDI* motora vidi se kako se volumen motora smanjio za 30%, no nije se samo smanjio volumen motor smanjila se i njegova potrošnja i ispuštanje štetnih plinova u atmosferu što je u današnjici vrlo bitno. Pomoću common rail sustava ubrizgavanja, snaga i okretni moment motora se povećala i to skoro za dvostruko.

Zaključak ovog rada je kako su turbo dizel motori efikasniji u radu, proizvode više snage i okretnog momenta, a manji turbo dizel motori mogu proizvesti isto toliko snage, ako ne i više od većeg atmosferskog motora. Samim time vidimo kako je tehnologija napredovala tijekom godina da se sve više koriste efikasniji i bolji motori s manju potrošnjom.

LITERATURA

Knjige:

Čevra, A. (1995) *Motori i motorna vozila 1*, Zagreb, Školska knjiga

Hnatko, E. (2016) *Motori*, Velika Gorica

Jeras, D. (1992) *Klipni motori uređaji*, Zagreb, Školska knjiga

Krpan, D. (1967) *Klipni motori s prednabijanjem*, Zagreb, Tehnička knjiga Zagreb

Krpan, D. (1976) *Laki motori*, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu

Mikuličić, M. (1976) *Motori 1*, Zagreb, Školska knjiga

Parat, Želimir. (2005) *Brodski motori s unutarnjim izgaranjem*, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu

Šretner, J. (1970) *Brodski motori s unutarnjim izgaranjem*, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu

Internetski izvori:

Industrijski TDI motor, dostupno na

<https://www.dbwllc.net/app/uploads/2014/09/TDI-Industrial-Engine-1Z-AHU.pdf>

(pristupljeno 27.06.2020)

Industrijski TDI motor, dostupno na

<https://web.archive.org/web/20110714082530/http://www.mikuk.com/products/engines/downloads/sdi19industrial.pdf>

(pristupljeno 25.06.2020)

Ivica Šegulja: Brodski motori, dostupno na

https://www.pfri.uniri.hr/web/dokumenti/uploads_nastava/20200318_225801_segulja_BMM.pdf (pristupljeno 25.06.2020)

POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFIKONA

Slika 1. <i>Shema pretvorbe energije</i>	10
Slika 2. <i>Mehanizam otvaranja i zatvaranja ventila</i>	14
Slika 3. <i>DISTRIBUCIONI DIJAGRAM - prikazuje otvorenost usisnog i ispušnog ventila izraženog u stupnjevima koljena koljeničaste osovine.</i>	14
Slika 4. <i>Izvedbe sustava izmjene radnog medija</i>	15
Slika 5. <i>Izvedbe pogona ventila</i>	16
Slika 6. <i>Proces rada četverotaktnog benzinskog motora</i>	18
Slika 7. <i>Prvi takt-usis</i>	21
Slika 8. <i>Drugi takt-kompresija</i>	21
Slika 9. <i>Treći takt-radni takt</i>	22
Slika 10. <i>Četvrti takt-ispuh</i>	23
Slika 11. <i>Common rail sustav</i>	24
Slika 12. <i>Dijagram dizel motora</i>	25
Slika 13. <i>Pogon turbo punjača</i>	26
Slika 14. <i>Proces kompresije u turbo motor</i>	27
Slika 15. <i>Dijagram prednabijanja sa konstantnim tlakom</i>	29
Slika 16. <i>Dijagram impulsnog sustava prednabijanja</i>	30
Slika 17. <i>Promjena tlaka pred turbinom za impulsno prednabijanje i prednabijanje konstantnim tlakom</i>	31
Tablica 1. <i>Raspored cilindara motora</i>	12
Tablica 2. <i>Gorive smjese motora</i>	12
Tablica 3. <i>Brzina vrtnje motora</i>	17
Tablica 4. <i>Prednosti i nedostaci dizel motora</i>	20
Tablica 5. <i>Prednosti i nedostaci turbine</i>	29
Tablica 6. <i>Prednosti i mane impulsnog nabijanja</i>	30
Tablica 7. <i>Specifikacije motora</i>	32
Tablica 8. <i>Specifikacija motora</i>	33
Tablica 9. <i>Specifikacije motora</i>	33
Grafikon 1. <i>Usporedba snage motora</i>	34
Grafikon 2. <i>Usporedba okretnog momenta</i>	35

Grafikon 3. Emisija štetnih plinova	36
Grafikon 4. Potrošnja goriva	37
Grafikon 5. Omjer smjese goriva	37

POPIS KORIŠTENIH KRATICA I OZNAKA U RADU

Oznaka	Naziv	Mjerna jedinica
V_h	Radni volumen cilindra	m^3
V_{hm}	Radni volumen motora	m^3
V_k	Kompresijski volumen cilindra	m^3
V_{uk}	Ukupni volumen cilindra	m^3
$^{\circ}KKV$	Stupanj koljena koljenastog vratila	
4T	Četverotaktni	
CI	Kompresijsko zapaljenje	
CO ₂	Ugljikov oksid	g/Km
D	Promjer klipa	mm
DMT	Donja mrtva točka	
F	Sila	N
GMT	Gornja mrtva točka	
h	Hod klipa	m
i	Broj cilindara	
I _{VO}	Ispušni ventil otvoren	
I _{VZ}	Ispušni ventil zatvoren	
kg	Kilogram	kg
Konst.	Konstanta	
kPa	Kilopascal	
KS	Konjska snaga	
L	Duljina klipnjače	m
$l/100 km$	Potrošnja goriva	
M	Zakretni moment	$N m$
MPa	Megapascal	
MSUI	Motor s unutarnjim ubrizgavanjem	
o/min	Okretaji u minuti	
OHC	Nadzemna bregasta osovina	
OHV	Nadzemni ventil	
P	Snaga	$W;kW$
p	Tlak	Pa
Q	Toplina	J
r	Radijus	
rpm	Brzina motora	
s	Sekunda	
SDI	Atmosfersko direktno ubrizgavanje	
SI	Zapaljenje iskrom	
SUI	Sustav unutarnjeg ubrizgavanja	
T, t	Temperatura	K
T, t	Temperatura	$^{\circ}C$
TDI	Turbo dizelsko ubrizgavanje	
UVO	Usisni ventil otvoren	

<i>UVZ</i>	Uisni ventil zatvoren	
<i>v</i>	Brzina	<i>m/s</i>
<i>V</i>	Volumen	<i>m³</i>
<i>VW</i>	Volkswagen	
<i>W</i>	Radnja	<i>J</i>
ε	Epsilon	
φ	Fi	

SAŽETAK

Ovaj radi bavi se atmosferskim i turbo dizel motorima. Definicija motora je da su to toplinski i ciklični strojevi. Atmosferski motori su motori kod kojih je pritisak na usisnom otvoru jednak atmosferskom, dok su turbo motori, motori koji nabijanje vrše pomoću turbo punjača. Kod usporedbe tih motora atmosferski motor je pouzdaniji, ali je trom i ima spor odaziv, a turbo motor ima trenutni odaziv i samim time proizvodi veću snagu i brzinu. Turbo dizel motori efikasniji su u radu, proizvode više snage, okretnog momenta i manji turbo dizel motori mogu proizvesti isto toliko snage, ako ne i više od većeg atmosferskog motora.

Ključne riječi: Motor, atmosferski, turbo, *SUI*, Dizel, Benzinski, Takt

ABRASTACT

This work deals with atmospheric and turbo diesel engines. The definition of an engine is that they are thermal and cyclic machines. Atmospheric engines are engines in which the pressure at the intake manifold is equal to atmospheric, while turbo engines are engines that charge with a turbocharger. When comparing these engines, the atmospheric engine is more reliable, but it is slow and has a slow response, and the turbo engine has an instantaneous response and thus produces more power and speed. Turbo diesel engines are more efficient in operation, producing more power, torque and smaller turbo diesel engines can produce the same amount of power, if not more than a larger atmospheric engine.

Keywords: Engine, atmospheric, turbo, *SUI*, Diesel, Gas, Tact