Analiza tehničko - eksploatacijskih značajki vozila na alternativni pogon u gradskom prometu

Bainac, Jasmina

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:209909

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Jasmina Bainac

ANALIZA TEHNIČKO – EKSPLOATACIJSKIH ZNAČAJKI VOZILA NA ALTERNATIVNI POGON U GRADSKOM PROMETU

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 21. travnja 2017.

Zavod: **Zavod za gradski promet**
Predmet: **Vozila za javni gradski prijevoz**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 4081

Pristupnik: **Jasmina Bainac (0135237653)**
Studij: Promet
Smjer: Gradski promet

Zadatak: **Analiza tehničko - eksploatacijskih značajki vozila na alternativni pogon u gradskom prometu**

Opis zadatka:

U Završnom radu potrebno je objasniti pogone kod vozila javnog gradskog prijevoza te analizirati tehničko eksploatacijske značajke različitih vozila javnog gradskog prijevoza. Navesti i opisati različite vrste alternativnih goriva koji se mogu koristiti te na primjeru autoplina prikazati sve mogućnosti primjene alternativnih goriva u gradskom prometu.

Zadatak uručen pristupniku: 28. travnja 2017.

Mentor:



dr. sc. Željko Šarić

Predsjednik povjerenstva za završni ispit:

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

ZAVRŠNI RAD

Analiza tehničko – eksploatacijskih značajki vozila na alternativni pogon u gradskom prometu

Analysis on technical-exploitation features of alternative drive vehicles on public transport

Mentor : dr.sc. Željko Šarić

Student: Jasmina Bainac

JMBAG:0135237653

Zagreb, srpanj 2017.

SAŽETAK

U Završnom radu razmatrati će se pogon vozila javnog gradskog prijevoza, pritom će se pojasniti princip rada dvotaktnih i četverotaktnih motora. Nadalje će se analizirati tehničko eksploatacijske značajke vozila javnog gradskog prijevoza na alternativna goriva kao što je autoplin, vodik i gorive ćelije.

Najznačajniju ulogu među spomenutim alternativnim pogonskim gorivima u javnom gradskom prijevozu ima autoplin zbog niže cijene u odnosu na ostale derivate, povoljnih uvjeta ugradnje opreme te manjeg zagađenja okoliša.

KLJUČNE RIJEČI: Ottov motor, alternativna goriva, autoplin, vodik, gorive ćelije.

SUMMARY

The final work will be considered to drive vehicles os public transport, while will explain the working principle of two-stroke and four-stroke engines. Furthermore, will analyze the technical exploitation possibilities of public transport vehicles to alternative fuels such as LPG, hydrogen and fuel cells.

The most important role among the public transport has LPG due to lower prices in comparison to other products, favorable conditions of equipment installation and environmental efficiency.

KEY WORDS: Otto engine, alternative fuels, car gas, hydrogen, fuel cells.

SADRŽAJ

1. UVOD _____ *1*

2. POGON VOZILA JAVNOG GRADSKOG PRIJEVOZA _____ *2*

2.1 Princip rada dvotaktnih motora _____ **3**

2.2. Princip rada četverotaktnih motora _____ **4**

2.2.1. Konstrukcija četverotaktnog Ottov motor _____ **4**

2.2.2. Četverotaktni Ottov motor _____ **5**

2.2.3. Četverotaktni Diesel motor _____ **6**

3. TEHNIČKO – EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE VOZILA JAVNOG GRADSKOG PRIJEVOZA __ *7*

3.1. Autobus _____ **7**

3.1.1. Tehničko eksploatacijske karakteristike autobusa _____ **8**

3.1.2. Autobus na diesel pogon _____ **9**

3.1.3. Električni autobus _____ **10**

3.2. Trolejbus _____ **13**

3.3. Tramvaj _____ **15**

3.4. Metro _____ **18**

3.5. Analiza isplativosti vozila javnog gradskog prijevoza _____ **19**

4. ALTERNATIVNA GORIVA _____ *21*

4.1. Autoplin _____ **23**

4.2 Vodik _____ **24**

4.3 Gorive ćelije _____ **26**

5. PRIMJENA AUTOPLINA KAO POGONSKO GORIVO U JAVNOM GRADSKOM PRIJEVOZU _____ *27*

5.1. Ekonomski aspekti korištenja autoplina _____ **29**

5.2. Sigurnosni aspekti korištenja autoplina _____ **30**

5.2. Ekološki aspekti korištenja autoplina u gradskom prometu _____ **30**

6. ZAKLJUČAK _____ *32*

LITERATURA _____ *33*

POPIS SLIKA I GRAFIKONA _____ *35*

Popis slika _____ **35**

Popis grafikona _____ **36**

1. UVOD

Javni gradski prijevoz jedan je od glavnih čimbenika odvijanja i kvalitete grada kao cjeline. Sustav javnog gradskog prijevoza obuhvaća: vozila, prometnice, mjesta za stajanje, spremanje, popravak i održavanje vozila, sustave za regulaciju, a sve s ciljem brzog prijevoza ljudi i dobara do željenog odredišta. U praksi se sastoji od više prometnih sustava koji zadovoljavaju potrebe za putničkim prijevozom, npr. autobusni i tramvajski prometni sustav i to svaki sa svojom pratećom infrastrukturom. Veći gradovi koriste, osim navedene oblike JGP-a i sustave lake gradske željeznice i metro sustave.

Prijevoz mora zadovoljiti potrebe i očekivanja korisnika te mora biti brz, udoban, učinkovit i povoljan. Ukoliko cijeli sustav javnog gradskog prijevoza nije dobro uređen, može postati veliki problem grada te utjecati na kvalitetu života u njemu.

Korištenje javnog gradskog prijevoza je racionalnije od individualnog prijevoza, pritom ima veću prijevoznu sposobnost, zauzima manje prostora, sigurniji je, jeftiniji te manje zagađuje okoliš. Zbog toga se u današnje vrijeme nastoji stvoriti nova strategija razvoja prometa te preusmjeriti korisnike na tračnički promet, poboljšati uvjete kretanja pješaka i biciklista, kako bi se smanjio automobilski promet, uz to nastoje se istraživati novi alternativni pogni poput autoplina, vodika i gorivih ćelija o čemu će biti riječ u ovom radu.

Tema ovog završnog rada je analiza tehničko eksploatacijskih značajki vozila na alternativni pogon u gradskom prometu, koja se temelji na analizi vozila javnog gradskog prijevoza na različitim pogonima i njihovog stupnja iskoristivosti. Rad je obrađen u šest cjelina sa uvodnim i zaključnim razmatranjima:

1. Uvod
2. Pogon vozila javnog gradskog prijevoza
3. Tehničko – eksploatacijske značajke vozila javnog gradskog prijevoza
4. Alternativna goriva
5. Primjena autoplina kao pogonskog goriva u javnom gradskom prijevozu
6. Zaključak

Nakon uvodnog dijela u drugom poglavlju donosi se kratak opis pogona vozila javnog gradskog prijevoza koji obuhvaća princip rada dvotaktnog i četverotaktnog Ottova i Dieselova motora.

Treće poglavlje odnosi se na tehničko eksploatacijske karakteristike autobusa, tramvaja, trolejbusa i metroa pritom će se razmatrati isplativosti vozila javnog gradskog prijevoza.

U četvrtom poglavlju nabrojat će se nekoliko vrsta najzastupljenijih alternativnih goriva koja se koriste kao pogon u javnom gradskom prometu, nadalje će se u petom poglavlju istaknuti prednosti primjene autoplina u autobusnom prijevozu ZET-a s ekonomičnog, sigurnosnog aspekta i ekološkog aspekta.

2. POGON VOZILA JAVNOG GRADSKOG PRIJEVOZA

Sustav javnog gradskog putničkog prijevoza u praksi čini više prometnih sustava koji zadovoljavaju potrebe za putničkim prijevozom. Najčešće sustav javnog gradskog putničkog prijevoza kod manjih i srednje velikih gradova tvore autobusni i tramvajski prometni sustav, i to svaki sa svojom infrastrukturom i suprastrukturom, organizacijom, kvalitetom prijevozne usluge i ekonomičnošću. S porastom veličine gradova u tome sustavu dodatno se oblikuju sustavi lake gradske željeznice i metro sustavi. [1]

Javni gradski prijevoz (u daljnjem tekstu JGP) se sastoji od prijevoznih sustava s ustaljenim koji prometuju prema unaprijed utvrđenim voznim redovima. Korištenje javnog gradskog prijevoza dostupno je svakome tko plati cijenu prijevoza prema utvrđenoj tarifi.

Najznačajniji predstavnici su autobus, tramvaj i metro, ali pored ovih postoje i drugi podsustavi (trolejbus, brza gradska željeznica…).

Javni gradski prijevoz, strogo definiran, uključuje i redovan JGP i one vrste paratranzita (gradski putnički prijevoz za iznajmljivanje, prijevozne usluge pružene od strane jedne tvrtke ili pojedinca, a može ih koristiti svatko tko plati propisani iznos/cijenu) koje su dostupne svakome i javno se koriste. Međutim, obično javni gradski prijevoz ne sadrži paratranzit, i uključivanje ovoga u JGP posebno se naglašava. [1]

Pogon većini današnjih vozila daju motori s unutarnjim izgaranjem. Naime, energija potrebna za pokretanje vozila kod ovih se motora dobiva sagorijevanjem smjese goriva (benzina, diesela, alkohola, plina itd.) i zraka u cilindrima. Zrak, potreban da bi gorivo sagorjelo, uvodi se iz atmosfere u cilindar usisnim kanalima, a gorivo, smješteno u spremniku, priskrbljuje pumpa koja ga dostavlja sustavu za ubrizgavanje ili, kod starijih automobila, rasplinjaču. [2]



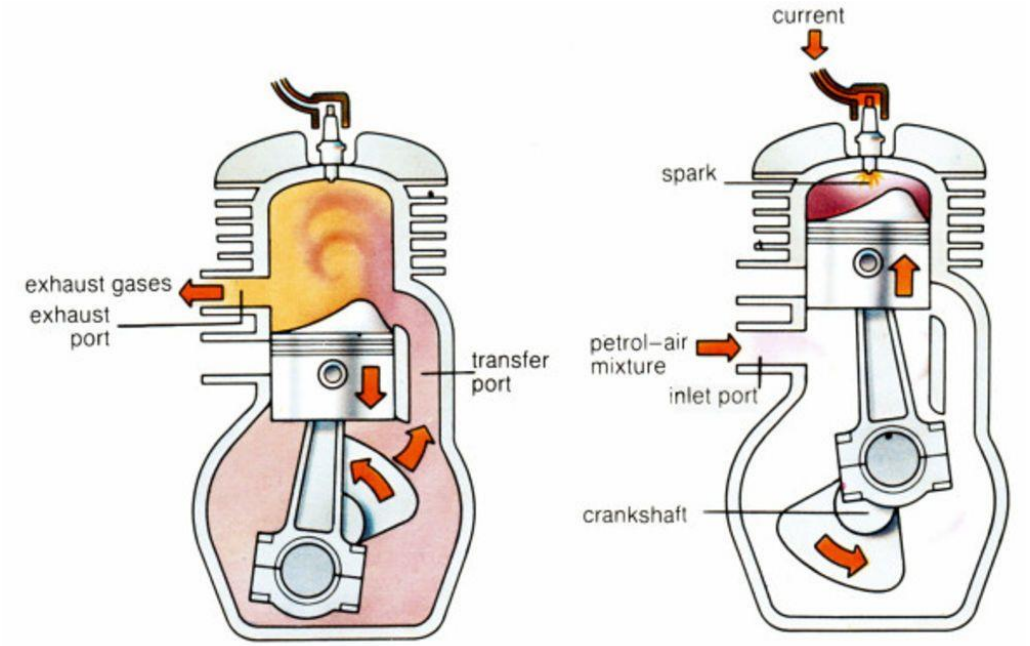
Slika 1. ***Vozila javnog gradskog prijevoza***
Izvor. https://www.shutterstock.com/image-vector/city-transport-set-public-taxi-bus-428992372?src=iRyweVg-zF3WycjTJdH9Qg-1-9

2.1 PRINCIP RADA DVOTAKTNIH MOTORA

Ciklus dvotaktnog ottova motora odvija se u dva takta, odnosno dva hoda klipa. Pritom koljenasto vratilo napravi jedan okretaj. Prvi takt odvija se kretanjem klipa od donje mrtve točke (DMT) do gornje mrtve točke (GMT). Pritom se smjesa goriva i zraka komprimira u cilindru iznad klipa, a istovremeno se kroz usisni kanal u prostor ispod klipa usisava nova smjesa goriva i zraka. Po dolasku u GMT pali se smjesa goriva i zraka iznad klipa iskrom na svjećici. Izgaranjem se povećava tlak i temperatura plinova izgaranja zbog čega se potiskuje klip prema DMT. [3]

Kretanjem klipa od GMT do DMT odvija se drugi takt. Najveći dio ovog takta podrazumijeva ekspanziju plinova izgaranja. Pri kraju ovog takta klip svojim gornjim rubom otvara najprije ispušni kanal, koji je nešto više postavljen od prestrujnog kanala. Zbog osjetno višeg tlaka od okolišnijeg plinovi izgaranja izlaze iz cilindra kroz ispušni kanal u okolinu.

Daljnjim kretanjem klipa prema DMT oslobađa se prestrujni kanal kroz koji svježa smjesa goriva i zraka prestrujava iz prostora ispod klipa u cilindar iznad klipa. Ta smjesa ispunjava cilindar iznad klipa potiskujući ispred sebe zaostale plinove izgaranja prema ispušnom kanalu.[3]

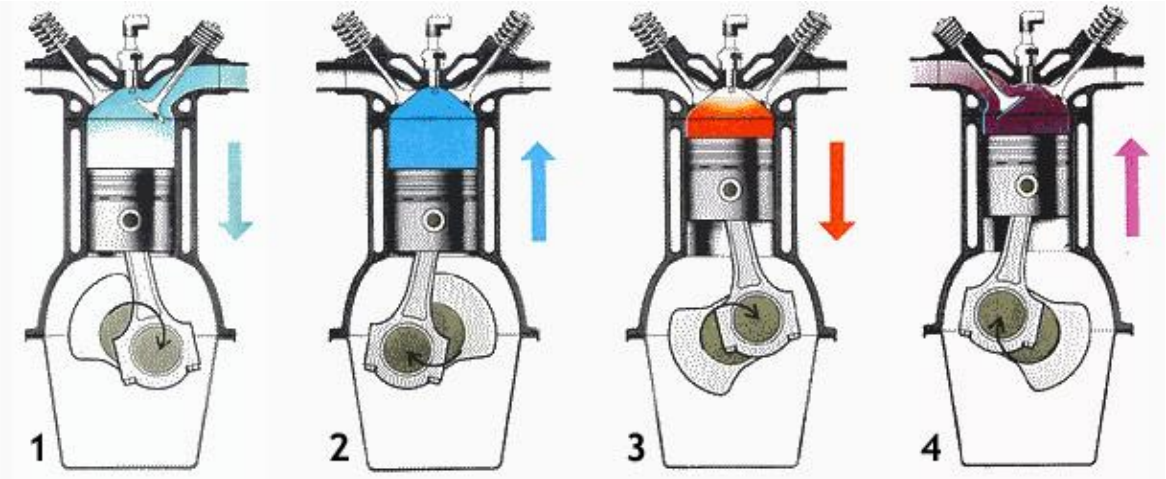


Slika 2. ***Dvotaktni motor***

Izvor: http://www.cycleworld.com/2015/04/06/two-stroke-motorcycle-engines-explained-tech-talk-by-kevin-cameron

2.2. PRINCIP RADA ČETVEROTAKTNIH MOTORA

Četverotaktni Otto motor danas je najzastupljeniji pogonski agregat u automobilima. Osnovna koncepcija četverotaktnog Ottova motora koji je motor sa unutrašnjim izgaranjem nije se mijenjala od samog začetka 1876 kada ga je konceptualizirao njemački inženjer Nicolaus Otto. [4]



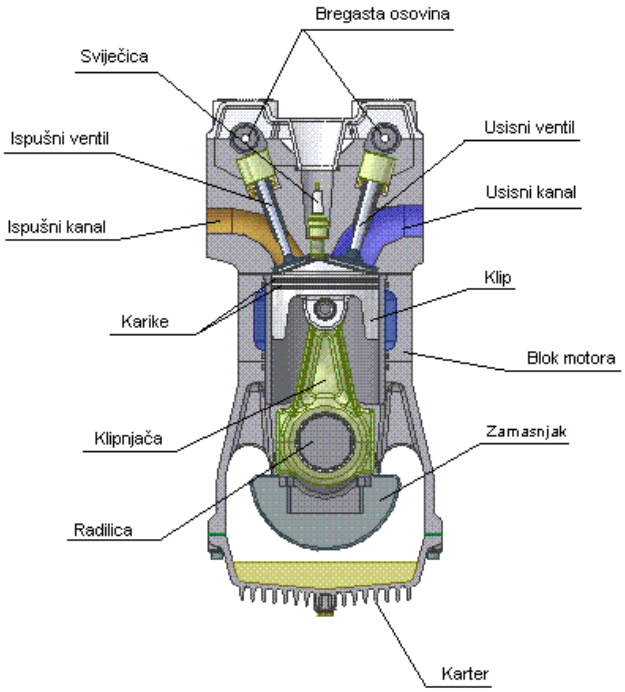
Slika 3. ***Četverotaktni motor s unutarnjim izgaranjem***

Izvor: http://arhiva.autonet.hr/nacelo-rada-motora

2.2.1. KONSTRUKCIJA ČETVEROTAKTNOG OTTOV MOTOR

Četverotaktni Ottov motor, (slika 4.) ima četiri osnovna dijela i dodatne sustave: [5]

- kućište motora - karter (uljno korito)
- blok motora, glava, poklopac glave i brtva
- klipni mehanizam - klipovi
- klipnjače i radilica (koljenasto vratilo)
- razvodni mehanizam - ventili, opruge, klackalice, podizači ventila, bregasto vratilo, remeni ili lančani prijenos
- sustav za stvaranje smjese - spremnik, pumpa, filtar (pročistač) goriva, usisna cijev, sustav ubrizgavanja
- pomoćni sustavi - sustav za paljenje, podmazivanje, hlađenje i ispušni sustav.



Slika 4. ***Četverotaktni Ottov motor***

Izvor. http://www.auto-info.hr//tehnologije/tehnologije/cetverotaktni-otto-motor/5-18-120.html

2.2.2. ČETVEROTAKTNI OTTOV MOTOR

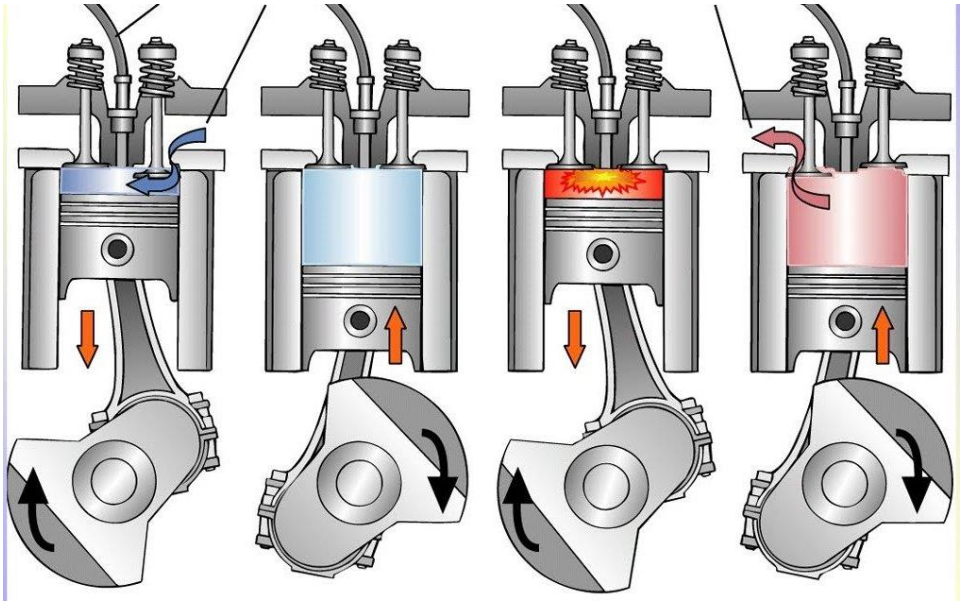
Ciklus četverotaktnog ottova motora odvija se u četiri takta, odnosno tijekom četiri hoda klipa u cilindru motora, jer jednom taktu motora odgovara jedan hod klipa. Prvi takt naziva usis, a odvija se za vrijeme hoda klipa od GMT do DMT. Pritom je otvoren usisni ventil, a pripremljena smjesa goriva i zraka usisava se u cilindar motora. Ispušni ventil je zatvoren za vrijeme usisa. Po završetku usisa nastavlja se drugi takt koji se naziva kompresija. Ona se događa pri kretanju klipa od DMT do GMT sa zatvorenim usisnim i ispušnim ventilima. Na kraju takta kompresije pali se komprimirana smjesa goriva i zraka električnom iskrom na svjećici. [3]

Izgaranjem goriva znatno se povećava temperatura i tlak plinova izgaranja. Povećani tlak plinova potiskuje klip prema DMT. Kretanjem klipa od GMT do DMT odvija se treći takt koji se naziva ekspanzija. Pritom su i dalje zatvoreni usisni i ispušni ventili. Završetkom ekspanzija počinje četvrti takt koji se naziva ispuh. On se odvija pri kretanju klipa od DMT do GMT s otvorenim ispušnim ventilom. Pritom se plinovi izgaranja istiskuju iz cilindra. Po dolasku klipa do GMT završava se ispuh, a time i cijeli ciklus četverotaktnog ottova motora.[3]

2.2.3. ČETVEROTAKTNI DIESEL MOTOR

U dieselovu motoru usisava se čisti zrak u cilindar, a smjesa goriva i zraka stvara se u samom cilindru ubrizgavanjem goriva u vrući zrak na kraju kompresije. U dieselovu motoru gorivo se pali odmah nakon njegova ubrizgavanja u vrući zrak u cilindru, zbog toga što je temperatura zraka u trenutku ubrizgavanja veća od temperature samozapaljenja goriva. Snaga dieselova motora regulira se promjenom količine ubrizganog goriva u cilindar. Dieselovi motori rade u svim režimima sa siromašnom smjesom. [3]

Dieselovi motori imaju dijelove većih dimenzija nego ottovi motori, zbog većih tlakova u cilindru i većih opterećenja dijelova koji sudjeluju u prijenosu sila. Imaju manje brzine vrtnje nego ottovi motori, zbog većih inercijskih sila i ograničenog vremena za stvaranje smjese goriva i zraka i njezino potpuno izgaranje. [3]



Slika 5. ***Diesel motor***

Izvor. https://www.youtube.com/watch?v=DAcGe2WNd3Q

3. TEHNIČKO – EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE VOZILA JAVNOG GRADSKOG PRIJEVOZA

Tehničko-eksploatacijske značajke predstavljaju niz međusobno povezanih karakteristika, od kojih zavisi pogodnost vozila za korištenje pod različitim uvjetima. [6]

Osnovne tehničko-eksploatacijske značajke su: dinamičnost, ekonomičnost, pouzdanost, vijek trajanja, kapacitet, udobnost, sigurnost, prohodnost i pogodnost konstrukcije vozila za održavanje. Kako su ove karakteristike međusobno povezane potrebno je paziti da poboljšanje jedne ne dovede do pogoršanja druge ili više karakteristika.

3.1. AUTOBUS

Autobus je javno cestovno putničko sredstvo sa gumenom oblogom (pneumatikom) na naplatcima kotača, a koje se snagom vlastitog, u principu dizel, motora kreće po cestovnoj i/ili uličnoj transportnoj mreži uz mogućnost prilagođavanja trenutno vladajućim eksploatacijskim uvjetima djelovanja unutar mješovitog prometa. [6]

Autobus je danas najzastupljeniji vid prijevoza u većini gradova u nas i u svijetu. To je posljedica, prije svega, visoke elastičnosti koji on posjeduje, a koja se u nasljednim strukturama grada zahtijevala.



Slika 6. ***Autobus za međugradski prijevoz***

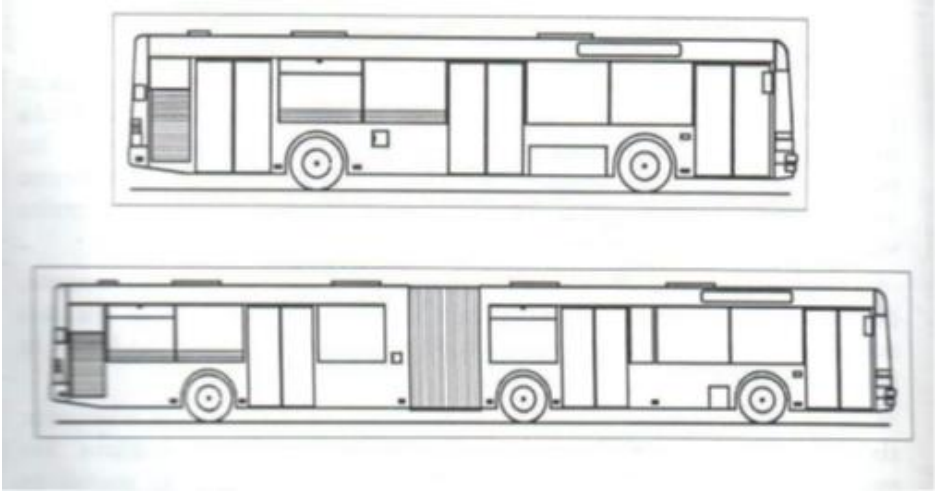
Izvor. http://www.prometna-zona.com/autobusi/

3.1.1. TEHNIČKO EKSPLOATACIJSKE KARAKTERISTIKE AUTOBUSA

Prema broju osovina, izvedbi karoserije, duljini i broju putničkih mjesta, gradski autobusi najčešće mogu biti izvedeni u dva osnovna oblika: [7]

- Dvoosovinski ili troosovinski s jednodijelnom karoserijom duljine 11- 15m, koji ima 85 – 120 putničkih mjesta i neto masu 9 – 11 tona te troja dvokrilna vrata

- Zglobni troosovinski s dvodijelnom karoserijom duljine 15 – 18m, koji ima 150 – 180 putničkih mjesta i neto masu 15 – 17 tona te četvora dvokrilna vrata.



Slika 7. ***Dvoosovinski i zglobni troosovinski autobusi***

Izvor. Zavada, J.: Vozila za javni gradski prijevoz, Zagreb, 2006.

Visina autobusa do gornjeg ruba krova može biti u rasponu 2900 – 3300mm, a najveća širina može iznositi 2450 – 2550mm. [7]

Od ukupnog broja putničkih mjesta, oko 20-35% su sjedeća, a stajaća mjesta se računaju s 5 – 6 putnika/m2.

Karoserija autobusa može bit izvedena s glavnim nosivim okvirom ili kao samonosiva konstrukcija.

Maksimalna snaga dieselovih motora za pogon autobusa u rasponu je od 160 – 280 kW, a najveća brzina vrtnje iznosi do 2500 o/min. Maksimalna brzina vožnje gradskih autobusa najčešće je 90 – 95 km/h.

Transmisija, odnosno prijenosnici snage mogu biti izvedeni kao mehanički, hidromehanički i električni. Mehanički prijenosnici najčešće se izvode s ručnim mjenjačem, a hidromehanički i elektromehanički kao automatski. Gradski autobusi se sve više izrađuju s automatskim prijenosnikom snage zbog čestog zaustavljanja i pokretanja što zahtijeva učestalu promjenu brzine vožnje. Time se oslobađa vozača čestog mijenjanja stupnjeva prijenosa, a zbog izostanka tarne spojke nema njezinog trošenja i povećanih zahtjeva za održavanjem.

Na autobusima se primjenjuju zračne i tarne kočnice. Tarne kočnice mogu biti izvedene kao motorne kočnice i usporivači. Oni štite tarne elemente zračnih kočnica od trošenja zbog učestalih zaustavljanja i tako im produljuju vijek trajanja, odnosno smanjuju potrebu za održavanjem.

Autobus je sastavljen od velikog broja dijelova koji se općenito mogu svrstat u tri skupine: šasija, karoserija i oprema. [7]

- Šasija u širem smislu riječi obuhvaća motor, prijenosnik snage, hodni dio, uređaj za upravljanjem uređaj za kočenje i elektrooprema

- Karoserija predstavlja nadgradnju šasije za koju se učvršćuje, a služi za smještaj putnika i njihove prtljage. Ona povećava čvrstoću i krutost cijelog vozila. Izvodi se kao prostorna rešetka s oplatom i ostakljenim površinama.

- Oprema podrazumijeva pokazivače smjera, uređaj zvučne signalizacije, brisače vjetrobranskog stakla, uređaj za pranje vjetrobranskog stakla, retrovizore, branike, rezervni kotač, mjerni i pokazni instrumenti pribor i alat.

3.1.2. AUTOBUS NA DIESEL POGON

Za pogon gradskih autobusa uglavnom se koriste dieselovi motori. Dieselov motor je zbog svoje ekonomičnosti, pouzdanosti i trajnosti najprihvatljiviji pogonski stroj. Njegova je ukupna korisnost 30-42%, dok je ona za ottove motore 22-30%, a plinskih turbina 14-22%.[7]

Umjesto dieselovog motora, zbog smanjenja emisije štetnih plinova koje ispušta u atmosferu, u novije vrijeme za pogon gradskih autobusa koriste se otto motori kada se tekući naftni plin (LPG – Liquefied Petrol Gas) ili stlačeni prirodni plin (CNG – Compressed Natural Gas) koristi za pogonsko gorivo.

Na dieselove motore namijenjene ugradbi u gradske autobuse postavljaju se sljedeći zahtjevi: [7]

- Mala masa po jedinici snage
- Male dimenzije

- Velika pouzdanost u radu
- Dugi vijek trajanja i dugo vrijeme rada između dvaju popravaka motora
- Visoka ekonomičnost rada u svim režimima
- Jednostavnost konstrukcije za rukovanje i održavanje
- Miran rad i niska razina buke.

Prethodno navedeni zahtjevi su u većini slučajeva oprečni te im je stoga jako teško udovoljiti u isto vrijeme, odnosno u slučaju da se želi poboljšati kvalitetu to će rezultirati povećanjem cijena. To je razlog zbog čega se u proizvodnji pronalazi "zlatna sredina" kako bi se zadovoljilo što više zahtjeva.

3.1.3. ELEKTRIČNI AUTOBUS

Električni autobus je električno vozilo za prijevoz putnika. Glavni pogon ostvaruje preko elektromotora koji mogu biti istosmjerni serijski ili trofazni asinhroni motori. Za spremnike električne energije koriste se akumulatori. [8]

U usporedbi sa autobusima na diesel pogon bolja je iskoristivost mase naspram snage (u slučaju struje koja je proizvedena izvan autobusa), iskoristivost električne energije iznosi oko 98%, dok se kod čistog unutarnjeg izgaranja može iskoristiti najviše 30% zbog topline, koja se gubi, ne nastaju ispušni plinovi od samog elektromotora. Hibridni autobus koji ima i motor sa unutarnjim izgaranjem, može proizvoditi ispušne plinove, ali u znatno manjoj mjeri jer neki koriste regenerativnu energiju. Regenerativna energija se proizvodi kočenjem, što je moguće jer je elektromotor ujedno i generator tj. izvor električne energije ukoliko se koristi na obrnuti način.

Glavni problem autobusu na električni pogon predstavlja tehnologija trenutne baterije za duže autonomno putovanje, povećana masa autobusa zbog volumena spremnika električne energije, viša cijena nabave.

Vrste električnog autobusa: [9]

- Trolejbus – najrasprostranjeniji oblik te služi za gradski prijevoz
- Hibridni električni autobus: hibridni električni autobus je autobus koji koristi hibridni električnu tehnologiju za pokretanje, umjesto uobičajenog dizelskog motora. Ovo vozilo kombinira uobičajeni sustav pokretanja sa spremnikom električne energije (punjiva baterija) kako bi se postigla bolja učinkovitost korištenja goriva nego uobičajena vozila. Njegov drugi sustav pogona, dodatno uz električni motor, znači kako nisu potrebni posjeti stanici za punjenje. Ovaj tip autobusa se često koristi kao alternativa autobusu na čisto dizelski pogon.

- Gyrobus: ime dolazi od Grčkog pojma za kotač zamašnjak, gyros. Trenutno nije u uporabi nijedan Gyrobus, ali razvoj u tome smjeru se nastavlja. To je specijalni tip autobusa, koji za skladištenje energije koristi kotač zamašnjak. Na njegovom putu se nalaze stanice za punjenje, koje pokreću kotač zamašnjak, koji zatim uskladišćuje energiju. Za pokretanje se koriste stanice za punjenje, tj. električni napon. U prošlosti je postojalo nekoliko javnih prijevoznika, koji su koristili ovaj tip električnog autobusa.
- Baterijski pogonjen autobus: baterijski pogonjen autobus je vozilo, koje koristi kemijsku energiju, koja je pohranjena u punjivim poljima spojenih baterija. Baterija mora biti velikog kapaciteta. Zato se koristi kombinacija baterije i kondenzatora naziva "electrochemical double layer capacitors", "ultracapacitor" tj. "supercapacitor". Trenutno postoje prototipovi.
- Solarno pogonjen autobus: zasad postoji samo prototip.
- Vodikove ćelije: autobusi na vodikove ćelije električnu struju dobivaju kemijskom reakcijom oksidansa, koji reagira u prisutnosti elektrolita. I ovi autobusi su još u fazi prototipa.

U Republici Hrvatskoj Grad Koprivnica je prva nabavila električne autobuse za javni prijevoz. Predstavljena su dva električna mini-autobusa vrijedna 1,4 milijuna kuna. Autobuse je izradio hrvatski Dok Ing, vodeća kompanija za izradu strojeva za razminiravanje u regiji. Autonomija baterije je 140 kilometara, a maksimalna brzina će biti ograničena na 60 km/h, ima 14 sjedećih mjesta. [10]

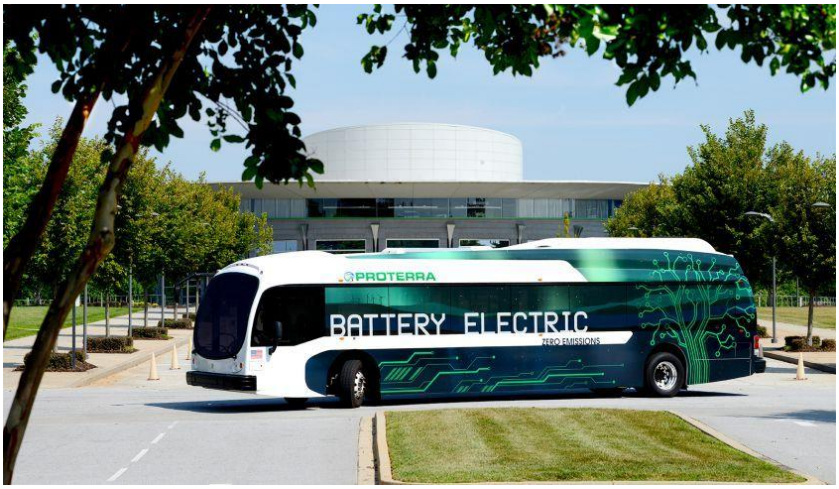
Električni autobusi uvedeni su u sklopu projekta Civitas Dyn@mo i mjere K 2.2. Javni prijevoz niske emisije CO_2. Sustav javnog prijevoza nulte emisije integrirat će se s mogućnostima regionalnog javnog prijevoza te će biti prvi takav sustav u gradovima slične veličine u regiji.



Slika 8. ***Mini električni autobus***

Izvor:http://net.hr/auto/vijesti/koprivnica-prva-u-hrvatskoj-nabavila-elektricne-autobuse-za-javni-prijevoz/

Tvrtka **Proterra** (adekvatnog naziva pro-terra/za planet/zemlju), iz južne Karoline specijalizirana za izradu vozila velikih gabarita, izradila je električni autobus dosega 412 km po jednom punjenju, što je dovoljno da počne zamjenjivati klasične dizelske autobuse. Zbog razloga što autobus štedi na gorivu povoljniji je za kupnju na duži period, čak i od hibridnih i autobusa koji voze na bio-plin. [11]



Slika 9. ***Proterra električni autobus***

Izvor. http://www.e-auto.guru/vijesti/proterra-elektricni-autobusi-koji-bi-mogli-baciti-dizelske-u-zaborav/

Tehnologija koja se koristi u sportskim električnim automobilima, primijenjena je na autobus. Izrađen je potpuno novi autobus od karbonskih vlakana posebno namijenjen za električni pogonski sustav, laka karbonska konstrukcija ne zahtijeva veliku bateriju koja bi pogonila vozilo čime se smanjilo na težini. Dodatno je pogodovalo što teški motor više nije najteži do vozila i nema zapaljivih tekućina kao ni sistema ispuha. Karbonska konstrukcija produžuje vijek trajanja autobusa naspram standardne čelične, i mnogo ju je lakše izrađivati.[11]

Autobus pod punim kapacitetom, na lošim cestama i lošim vremenom ima smanjeni doseg od 208 km, ali i dalje dovoljan za gradsko putovanje. Punjenje na brzim punjačima izvodi se za svega **5 minuta**, dok je klasično sporije punjenje također opcija i predviđeno je za noćne sate.

3.2. TROLEJBUS

Trolejbus (*eng. trolley-bus*) je električno vozilo za gradski prijevoz putnika. Glavni pogon ostvaruje preko elektromotora koji mogu biti istosmjerni serijski ili trofazni asinhroni motori.

Karakteristike ovog vozila su: [12]

- po svom izgledu vrlo je sličan autobusu (ima gumene kotače, i volan - upravljač, kreće se izvan tračnica, iako postoje posebni sustavi vođenja korištenjem tračnica za autobuse)
- u stalnoj je vezi s dvožičnom električnom kontaktnom mrežom preko dvije trole (oduzimači struje) čija je dužina oko 6 metara
- ima mogućnost bočnog kretanja u odnosu na os kontaktne mreže oko 5 metara (zbog mogućnosti promjene prometne trake na ulici ili zaobilaženja prepreka).

Prema osnovnoj podjeli trolejbusi se dijele na dvoosovinske s jednodijelnom karoserijom i troosovinske zglobne s dvodjelnom karoserijom, a osim njih postoje i trolejbusi na kat te trolejbusi s prikolicom.

Osim glavnog pogona i upravljanja postoje i trolejbusi: [12]

- s pomoćnim vučnim pogonom (za slučaj kvara glavnog pogona)
- s dvojnim pogonom, odnosno diesel motorom s električnim generatorom ili akumulatorima (služe za vožnju na dijelovima trase gdje nema kontaktne mreže)
- trolejbusi s automatskim vođenjem po unaprijed određenoj trasi (unutar posebnih tračnica-vodilja koje automatski mijenjaju smjer kretanja, tj. vrše skretanje, ili bez njih)
- trolejbusi upravljani daljinskim upravljanjem.

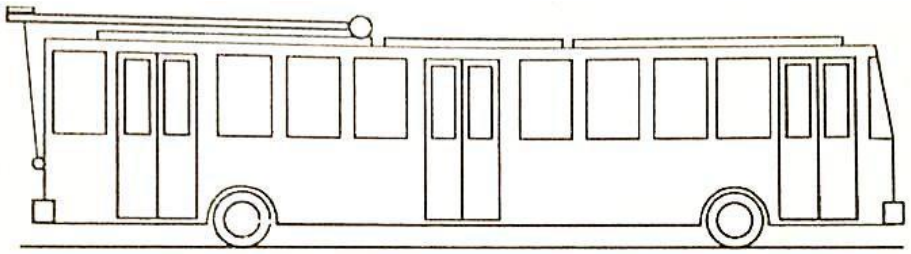


Slika 10. ***Troljebus***

Izvor. https://hr.wikipedia.org/wiki/Trolejbus

Prema broju osovina, izvedbi karoserije, duljini i broju putničkih mjesta trolejbusi mogu bit izvedeni u dva osnovna oblika: [7]

- Dvoosovinski s jednodijelnom karoserijom duljine 11 – 12m, koji ima 85 – 115 putničkih mjesta i neto masu 9,5 – 11 tona te troja dvokrilna vrata
- Zglobni troosovinski s dvodijelnom karoserijom duljine 15 – 18m koji ima 145 – 180 putničkih mjesta i neto masu 15 – 17,5 tona te četvora dvokrilna vrata.



Slika 11. ***Dvoosovinski trolejbus***

Izvor. Zavada, J.: Vozila za javni gradski prijevoz, Zagreb, 2006.

Trolejbusi se mogu graditi i izvan tih osnovnih kategorija, kao što su: [7]

- Dvoosovinski s jednodijelnom karoserijom manjih dimenzija i kapaciteta (duljine 8,5 – 10m, sa 60 – 80 putničkih mjesta i neto mase 7 – 8,5 tona)
- Dvoosovinski i troosovinski trolejbusi na kat s jednodijelnom karoserijom
- Trolejbusi s prikolicom.

Visina trolejbusa do gornjeg ruba krova u rasponu je 2850 – 3100mm, a najveća širina iznosi 2450 – 2550mm.

Od ukupnog broja putničkih mjesta, oko 20 – 35% su sjedeća, a stajaća mjesta računaju se s 5 – 6 putnika/ m2.

Karoserija trolejbusa može biti izvedena s glavnim nosivim okvirom ili kao samonosiva konstrukcija. Jedinična masa pojedinih konstrukcija u sljedećim je rasponima: [7]

- 95 – 115 kg/mjestu, odnosno 350 – 380 kg/m2 – za trolejbuse s glavnim nosivim okvirom
- 85 – 90 kg/mjestu, odnosno 270 – 300 kg/m2 – za trolejbuse sa samonosivom karoserijom.

Pogon trolejbusa izvodi se najčešće s jednim vučnim motorom, a rjeđe, u nekim izvedbama zglobnih trolejbusa, s dva vučna motora. Vučni motori su istosmjerni serijski elektromotori ili u novije vrijeme trofazni asinkroni elektromotori, a instalirana snaga po trolejbusu iznosi 110 do 180 kW. Vučna sila pri pokretanju za jednodijelne trolejbuse iznosi 22-30 kN, a za zglobne 44-52 kN. Najveća brzina trolejbusa najčešće iznosi 60 km/h, a rjeđe i do 80km/h. Vučna sila treba omogućiti ubrzanje trolejbusa u polasku i na usponu od 8% veće od 0,65 m/s2 te svladavanje uspona od 15%.

3.3. TRAMVAJ

Zagrebački električni tramvaj (kratica ZET) podružnica je Zagrebačkog holdinga *d.o.o.*, trgovačkog društva u stopostotnom vlasništvu Grada Zagreba, zadužena za organizaciju prijevoza putnika u javnom gradskom prometu na području Grada Zagreba i dijela Zagrebačke županije (područje grada Zaprešića, Velike Gorice i okolnih općina). [13]

Prijevoz putnika ZET obavlja tramvajima, klasičnim, zglobnim i mini autobusima različitih proizvođača i izrade i uspinjačom, a do sredine 2007. godine i žičarom koja je trenutno izvan funkcije (očekuje se izgradnja nove). Također, ZET organizira prijevoz školske djece i prijevoz osoba s invaliditetom posebno opremljenim kombijima.

Također obavlja prijevoz turista prilikom razgledavanja grada turističkim autobusima. Prijevoz se vrši isključivo u ljetnim mjesecima posebno prerađenim i turistima prilagođenim autobusima sa ugrađenim virtualnim vodičem na osam jezika.



Slika 12. ***Zagrebački električni tramvaj***

Izvor. https://hr.wikipedia.org/wiki/Zagreba%C4%8Dki_elektri%C4%8Dni_tramvaj

Tramvaj se, kao i većina tračničkih vozila, mogu klasificirati prema različitim kriterijima podjele od kojih su najznačajniji; samostalnost pogona, broj osovina, konstrukcija karoserije, sastav kompozicije te područje djelovanja. Tako, u osnovi razlikujemo: [14]

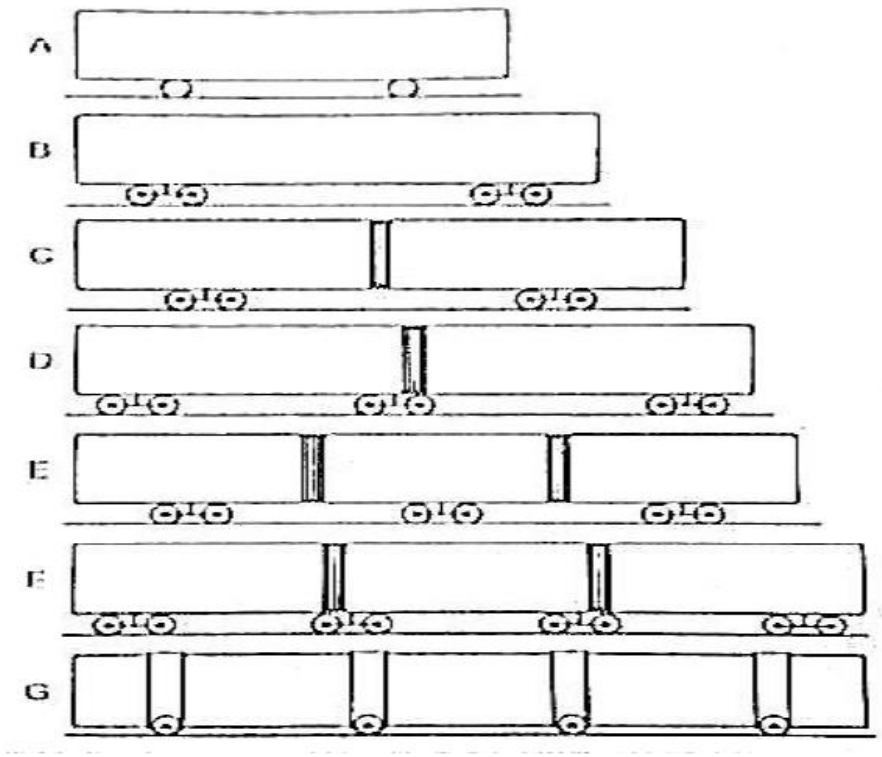
- S obzirom na samostalnost pogona:
  - Motorni samohodni tramvaj
  - Vučena tramvajska prikolica (bez vlastitog pogona)

- S obzirom na broj osovina pojedinačnog vozila:
  - Dvoosovinski tramvaj
  - Četveroosovinski tramvaj
  - Šesteroosovinski tramvaj
  - Osmoosovinski tramvaj

- S obzirom na konstrukciju karoserije:
  - Standardni klasični tramvaj
  - Jednozglobni, dvozglobni i višezglobni tramvaj
  - Tramvaj na kat (katni tramvaj)

- S obzirom na sastav kompozicije:
  - Samostalni tramvaj
  - Udvojeni tramvaj (par sastavljen od motornog vozila i prikolice)
  - Multiplicirani tramvaj (kompozicija od dva ili tri motorna vozila)

- S obzirom na područje djelovanja:
  - Tramvaj na razini zemlje (površinski)
  - Tramvaj djelomično u tunelima (podzemni), odnosno LTT (lakotračnični tramvaj)
  - Tramvaj iznad razine zemlje (nadzemni).



Slika 13. ***Podjela tramvaja***

Izvor. Zavada,. J.: Prijevozna sredstva, Zagreb, 2000.

Tehničko eksploatacijske značajke tramvaja ovise o njegovoj izvedbi. Prema karoserijskoj izvedbi, duljini, broju putničkih mjesta i broju osovina tramvaji mogu biti izvedeni na sljedeće načine: [7]

- Dvoosovinski tramvajski motorni vagon duljine 9 do 11 m i sa 65 do 80 putničkih mjesta.
- Četveroosovinski tramvajski motorni vagon (dva okretna postolja) s jednodijelnom karoserijom duljine 12 do 14 m i sa 110 do 120 putničkih mjesta.
- Četveroosovinski tramvajski motorni vagon (dva okretna postolja) s dvodijelnom karoserijom, odnosno zglobnom izvedbom, duljine 16 do 18 m i sa 150 do 165 putničkih mjesta.
- Šesteroosovinski tramvajski motorni vagon (tri okretna postolja) s dvodijelnom karoserijom, odnosno zglobnom izvedbom, duljine 19 do 23 m i sa 170 do 195 putničkih mjesta.
- Šesteroosovinski tramvajski motorni vagon (tri okretna postolja) s trodijelnom karoserijom, odnosno sa dvije zglobne izvedbe, duljine 24 do 27 m i s 200 do 245 putničkih mjesta.

- Osmoosovinski tramvajski motorni vagon (četiri okretna postolja) s trodijelnom karoserijom, odnosno sa dvije zglobne izvedbe, duljine 27 do 35 m i s 250 do 300 putničkih mjesta.

- Druga specijalna rješenja koja se osobito izvode u novije vrijeme.

3.4. METRO

Podzemna željeznica, poznata u svijetu i kao U-Bahn ili Untergrundbahn njem., metro franc., ili subway eng. je masovno prijevozno sredstvo, koje pripada porodici željeznica. Osnovna karakteristika je njezino djelomično ili pretežno podzemno vođeno prometovanje te prometovanje po tračnicama. [15]

Iako postoje slični sustavi, koji više spadaju pod kategoriju lake gradske željeznice, čista podzemna željeznica je karakteristična po tome, jer obično ima vlastitu trasu koja je neovisna o križanju s cestovnim prometu, izbjegavajući križanja s cestovnim prometom ili ih svodeći na najmanju moguću mjeru, osobito u predgrađima. Kapacitet vozila i brzine prometovanja su redovito veće od vozila tramvaja i vozila lake gradske željeznice. Također, teži se, zbog sigurnosti međusobnom sprječavanje križanja raznih linija na istim kolosijecima, osim tamo, gdje je to financijski ili strukturno neizbježno.



Slika 14. ***Zagrebački električni tramvaj***

Izvor. http://www.trt.net.tr/bosanski/ekonomija/2014/05/07/turske-kompanije-grade-najveci-dio-metroa-u-kataru-27253

Metro i regionalni metro međusobno se razlikuju po osnovnim tehničko eksploatacijskim značajkama, svaki za sebe predstavlja poseban sustav. Kada je u pitanju prijevozni kapacitet, metro zadovoljava mogućnost prijevoza od 35.000 do 60.000 putnika po satu, dok regionalni metro služi masovnijem prijevozu putnika i ima kapacitet prijevoza od 65.000 do 100.000 putnika po satu. U početku minimalan broj stanovnika u nekom gradu potreban za uvođenje metroa je iznosio milijun, ali danas nema striktnih pravila, te svaki grad ima svoj jedinstveni pristup u rješavanju problema oko prijevoza putnika javnim gradskim prometom. [7]

Primjerice neke urbane sredine već sa 500.000 stanovnika planiraju i uvode metro sustave kao oblik javnog gradskog prijevoza putnika, dok s druge strane gradovi sa 2 milijuna stanovnika ili više su bez metro sustava. Metro se smatra optimalnim i kvalitetnim načinom prijevoza velikog broja putnika čime se pojednostavljuje masovno kretanje ljudi gradskim prometom. U novije vrijeme potrebe za planiranjem i uvođenjem metro sustava su gradovi sa oko 750.000 i 2 milijuna stanovnika.

3.5. ANALIZA ISPLATIVOSTI VOZILA JAVNOG GRADSKOG PRIJEVOZA

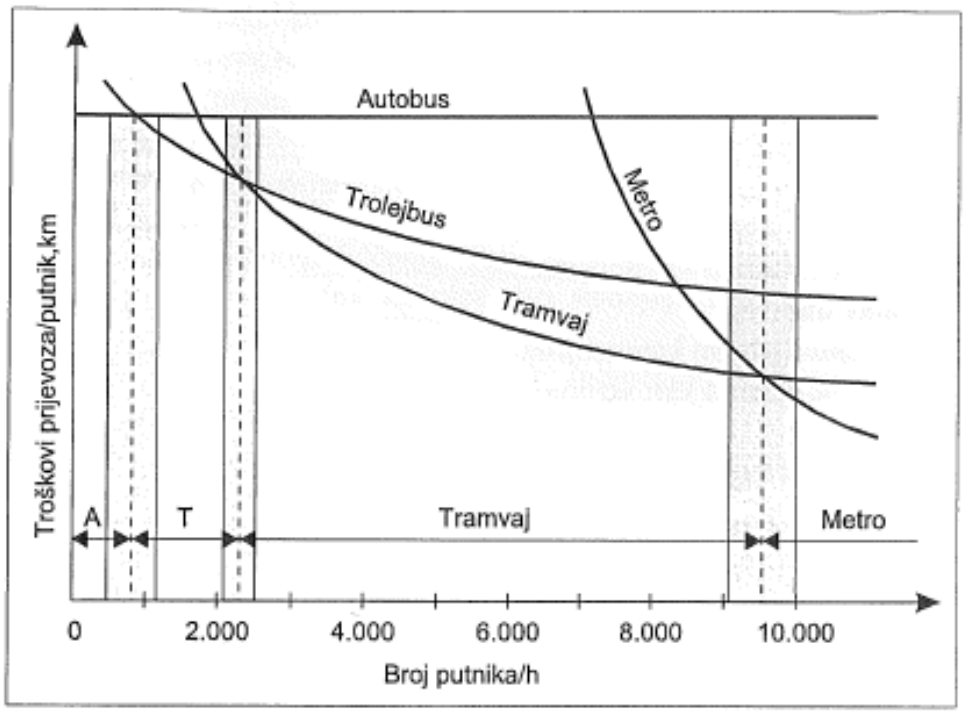
Vozila za javni gradski prijevoz su vrlo učinkovita sredstva za prijevoz putnika u urbanim sredinama. Njihova uloga znatno se povećava u novije vrijeme zbog naglog rasta prometa u većim gradovima. To uvelike otežava i usporava prijevoz putnika osobnim automobilima. Preraspodjela prijevoza putnika osobnim automobilima na javni gradski prijevoz predstavlja vrlo učinkovitu mjeru za povećanje broja prevezenih putnika u jedinici vremena. [7]

Pri odabiru vrste vozila za javni gradski prijevoz razmatra se vrlo širok spektar utjecajnih čimbenika. To su općenito prometni, tehnički, ekonomski i energetski čimbenici koji u svakoj konkretnoj situaciji imaju svoju ulogu.

S ekonomskog motrišta primjene pojedinih vrsta vozila za javni gradski prijevoz potrebno je uzeti u obzir sve troškove koji utječu na ukupne godišnje troškove po prevezenom putniku i prijeđenom putu. To su: [7]

- Pogonski troškovi, koje čine troškovi energije, radnog osoblja i održavanja. Ti troškovi su promjenjivi, odnosno ovise o broju prevezenih putnika i prijeđenom putu.
- Troškovi investicijskih ulaganja, koji predstavljaju fiksne troškove. Oni obuhvaćaju troškove nabavke vozila, troškove elektrifikacije trasa, gradnju stabilnih postrojenja za napajanje kontaktne mreže električnom energijom, troškove gradnje trasa i pruga te troškove rashodovanja vozila.

Svedu li se svi ti troškovi na jednog prevezenog putnika i jedan prijeđeni kilometar, dobivaju se jedinični troškovi. Ovisnost jediničnih troškova o broju prevezenih putnika po satu za pojedine vrste vozila u približnim granicama prikazana je na slici 15.



Slika 15. ***Opravdanost primjene pojedinih vozila***

Izvor. Zavada, J.: Vozila za javni gradski prijevoz, Zagreb, 2006.

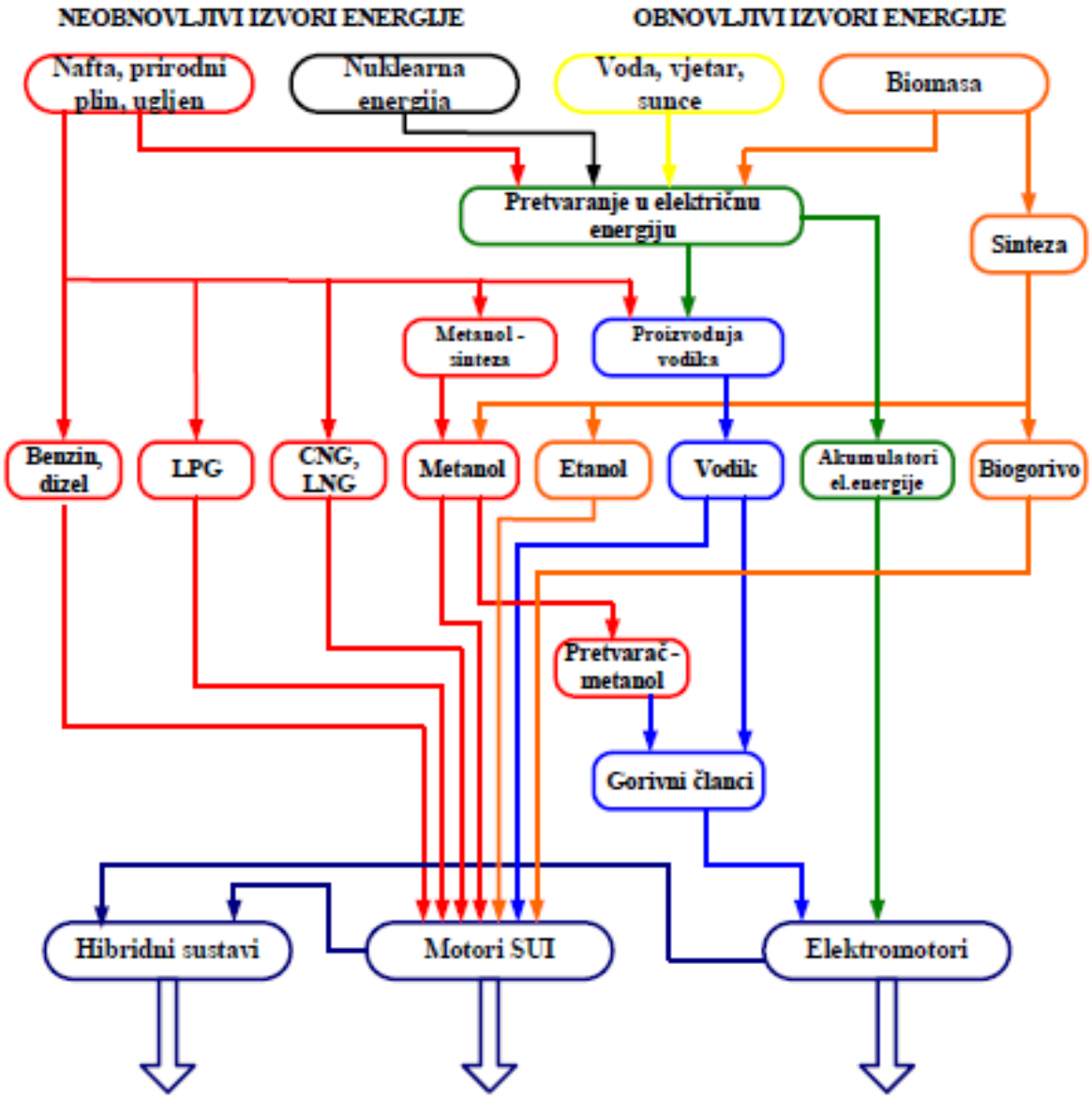
Primjena autobusa ekonomski je opravdana za prijevoz do približno 750 putnika po satu (500 – 1.200). Za veći broj putnika, do približno 2.200 po satu ekonomski je opravdana primjena trolejbusa. Za veći broj putnika postaje ekonomski opravdana primjena tramvaja. Za primjenu metroa granice mogu biti vrlo široke, a ovise o složenosti i cijeni trase na kojoj se metro uvodi. Prosječno to iznosi iznad 9.000 do 10.000 putnika po satu. [7]

4. ALTERNATIVNA GORIVA

Alternativna goriva su goriva koja trebaju biti zamjena za konvencionalna goriva, naftu i ugljen, i zapravo su, ekološki gledano, prijelazno rješenje u potrazi za učinkovitom i obnovljivom energijom. Povećanjem zahtjeva zaštite okoliša i sve veće ekološko opterećenje u urbanim sredinama potiče korištenje alternativnih goriva u sve većoj količini. Alternativna goriva se mogu definirati kao izvori energije koji će zamijeniti fosilna goriva. Ta alternativa goriva su namijenjena za rješavanje problema vezanih za smanjenje neželjenih posljedica korištenje fosilnih goriva, a posebno se odnosi na emisiju ugljičnog dioksida (stakleničkih plinova), te je važan čimbenik u globalnom zatopljenju. [16]

Iako je došlo do tehničkog napretka motora s unutrašnjim sagorijevanjem, koje je za rezultat imalo smanjenje potrošnje goriva, na razini ukupne aktivnosti prijevoza ostvarenog osobnim automobilom, učinkovitost je ostala nepromijenjena. Učinkovitost je nepromijenjena zato što je u promatranom vremenu došlo do negativnog efekta smanjenja popunjenosti automobila, odnosno smanjio se broj putnika u vozilu. Istraživanjem i proračunima u Europskoj uniji smanjena je specifična potrošnja goriva kod osobnih automobila sa 8,3 l/100km na ispod 7,3 l/100km. Trenutnom primjenom tehnologija hibridnih pogona kod otto motora, moguće je dodatno povećati učinkovitost motora s unutrašnjim izgaranjem i to do 50 posto.

Europska komisija je pokrenula značajnu promociju alternativnih goriva s tzv. Zelenom knjigom o sigurnoj opskrbi energijom. Zelena knjiga je dokument u kojem je postavljeno za cilj najmanje 20% zamjene standardnih transportnih goriva s alternativama do 2020. godine. Ciljevi su indikativni, nisu obvezujući, ali svaka država članica mora obavijestiti Komisiju o poduzetim mjerama. Prema Europskoj komisiji, tri najperspektivnija alternativna goriva su: biogoriva (već u uporabi), prirodni plin (u srednjem roku) i vodika na vlast gorive ćelije (dugoročno).



Slika 16. ***Izvori energije za pogon cestovnih vozila***

Izvor. I. Filipović i drugi., Primjena alternativnih goriva u cilju smanjenja emisije zagađivača kod cestovnih vozila, Hrvatsko društvo za goriva i maziva, Goriva i maziva, 2005., br.44, godište 4.

Slika 16 prikazuje neobnovljive i obnovljive izvore energije te njihovu primjenu kao pogonsko gorivo u određenoj vrsti motora. U neobnovljive izvore energije ubrajaju se fosilna goriva kao što su: nafta, prirodni plin i ugljen. U obnovljive izvore energije ubrajaju se voda, vjetar, sunce i biomasa. Preradom obje vrste dobivaju se pogonska goriva za pogon motora s unutarnjim izgaranjem i elektromotora u nekim slučajevima.

4.1. AUTOPLIN

Uporaba ukapljenog naftnog plina za pogon motornih vozila s benzinskim motorima posljednjih je godina postala na svim svjetskim meridijanima, a tako i u Hrvatskoj, pravi hit. Zahvaljujući jednostavnoj računici koja jasno pokazuje da nakon relativno brzog povrata početne investicije ulaganja u ugradnju suvremene plinske instalacije u automobil vožnja uz korištenje mješavine ukapljenog propana i butana postaje praktično dvostruko jeftinija u odnosu na pogon benzinom, mnogi su se vlasnici vozila opredijelili za autoplin. Paralelno s velikim porastom broja korisnika autoplina, dinamično raste i prateća infrastruktura. Svakim danom svjedoci smo ubrzanog povećanja broja punionica autoplina te ovlaštenih servisa za ugradnju i održavanje automobilskih plinskih instalacija. Upravo potpuno izgaranje, bez dima i čađe, te drugih krutih ostataka, samo uz stvaranje posve neškodljive vodene pare i ugljičnog dioksida, koji su visokim udjelom prisutni i u prirodi, afirmira ukapljeni naftni plin kao idealno pogonsko gorivo u smislu zaštite okoliša. [17]

Uporaba autoplina pridonosi smanjenju kiselih kiša, globalnog zatopljenja, zagađivanju vode i zraka. Jedan je od najmanje zagađujućih elemenata koji se danas u svijetu masovnije koriste za pokretanje motornih vozila, jer ne sadrži olovo, sumpor i krute čestice te prema strogim ekološkim parametrima Europske unije ograničava ispuštanje štetnih plinova CO, NOx i CO2 u okoliš za oko 60% u odnosu na bezolovni benzin. Stoga se vozila s pogonom na autoplin u tim zemljama smiju voziti i u zonama ograničenog prometa, uz uživanje i mnogih drugih pogodnosti. Kao i u slučajevima svih drugih vozila s motorima pokretanim alternativnim gorivima, kao što su prirodni plin, odnosno metan, vodik ili električna energija, vlasnici automobila koji za njihov pogon koriste mješavinu ukapljenog propana i butana oslobođeni su u nas obavljanja eko testiranja pri njihovu redovitom godišnjem tehničkom pregledu. Kvaliteta i sigurnost instalacija autoplina osnovni je uvjet povjerenja kod korisnika. Republika Hrvatska kao nosilac napredne tehnologije u ovoj djelatnosti i trenutačno postojećom zakonskom regulativom svakako je „lokomotiva procesa“ cijele regije.

U razvijenim zemljama EU primjenjuju se i dodatni državni poticaji autoplinu kao alternativnom i ekološki prihvatljivom gorivu u osnovnom obliku smanjenja poreza na plinsku opremu, povratu poreza na investicije na kraju kalendarske godine, što predstavlja i pametan ulog u zdravlje budućih generacija i smanjenje troškova u sektoru zdravstva koji uvelike premašuje štetne posljedice industrijskog napretka. U Republici Hrvatskoj zagovornicima autoplina kojih više nema malo, predstoji i dalje uporno lobiranje prema tijelima javne vlasti u traženju povoljnijeg statusa ovog alternativnog goriva, kojeg imamo dovoljno, u odnosu na tradicionalne derivate, što ukazuje na još mnoge neiskorištene mogućnosti u Republici Hrvatskoj.

Osnovne prednosti autoplina u odnosu na alternativne pogone (SUI motore) ogleda se u većoj ekonomičnosti, ne samo zbog cijene, nego i zbog dokazanih pozitivnih učinaka, a to su:[18]

- ✓ Produžen vijek trajanja motora
- ✓ Tiši rad motora
- ✓ Veći broj prijeđenih kilometara
- ✓ Niži troškovi održavanja vozila
- ✓ Potpuno izgaranje smjese u cilindrima goriva bez gubitka goriva u ispušnim plinovima
- ✓ Duži vremenski period izmjene svjećica i ulja
- ✓ Produžena trajnost katalizatora

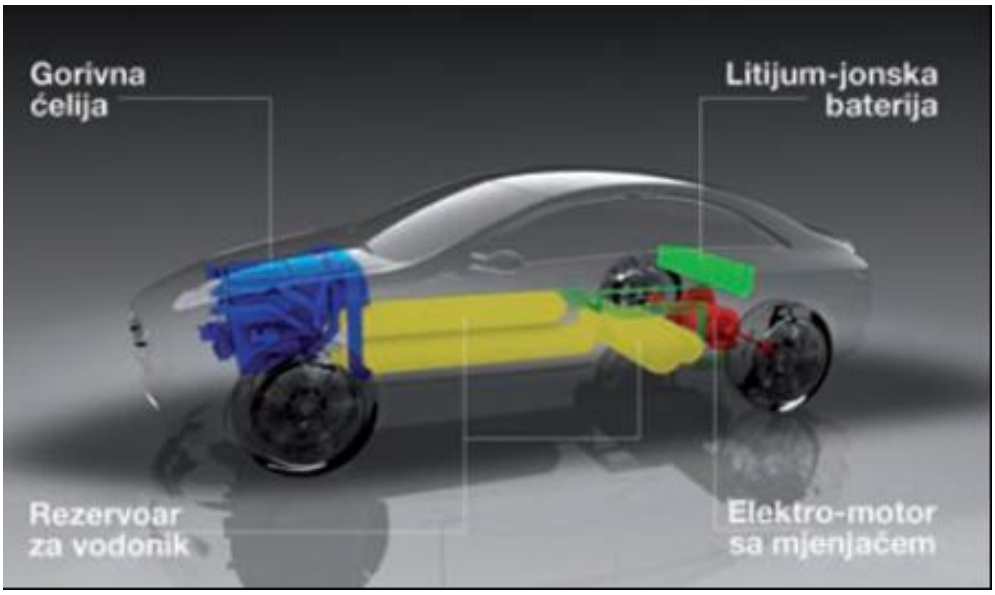
Autoplin je jedno od pogonskih goriva za vozila koja u današnje vrijeme najmanje zagađuju okoliš. Korištenje autoplina dokazano doprinosi smanjenju kiselih kiša, globalnog zatopljenja, zagađenju zraka i vode te samim time i doprinosi poboljšanju kvalitete života čovjeka te biljnog i životinjskog svijeta. S obzirom da autoplin ne sadrži olovo, sumpor i krute čestice, praktički ne proizvodi štetne ispušne plinove, a višestruko je smanjena emisija CO, NOx i CO2.

4.2 VODIK

Vodik, biogorivo, alkohol i plin samo su neka od najpoznatijih alternativnih goriva koja vrlo uspješno već sada pokreću cestovna vozila. Zašto? Nafta, naime, nestaje.

Svjetska auto industrija užurbano usavršava pogonske grupe na alternativna goriva jer promet mora funkcionirati i kada jednog dana naftni izvori u potpunosti presuše. Vrlo uskoro doći će doba kada ćemo na crpkama umjesto benzina i dizela točiti neka druga alternativna goriva. Znanstvenici tvrde kako bi već negdje 2030. godine naftni izvori mogli presušiti. Iako se doima kao daleka budućnost svjetska auto industrija post naftno doba mora dočekati spremna vodeći računa i o očuvanju okoliša. Za sada kao alternativna goriva prednjače vodik, biogorivo, alkohol i plin. [19]

Na slici 17. je prikazan raspored instalacija i spremnika za vodik u automobilu. Iz slike je vidljivo da se u prednjem dijelu automobila, odnosno gdje se i nalazi motor nalaze gorive ćelije. Rezervoar vodika se nalazi u podnožju automobila odnosno u karoseriji. Elektro motor i baterije su smještene u stražnji dio automobila, a često i u prtljažnik.



Slika 17. ***Prikaz automobila pogonjenog vodikom***

Izvor: http://ekologija.ba/userfiles/image/Automobili%20na%20vodik.JPG

Prednosti vozila koja koriste vodik, u gorivim ćelijama ili u motorima s unutrašnjim izgaranjem su sljedeće: [20]

- Obilje dostupnog goriva, točnije vodik koji je najrasprostranjeniji element u svemiru.
- Visoka učinkovitost gorivih ćelija u odnosu na konvencionalne motore.
- Vodikova vozila su gotovo bešumna, što je danas u doba velikog zagađenja bukom od izrazite važnosti.
- Jedina emisija iz samog vozila je čista voda.
- Jednostavnost održavanja zbog manjeg broja dijelova nego kod konvencionalnih vozila.
- Životni vijek gorivih ćelija je znatno duži nego kod baterija.
- Smanjena ovisnost o fosilnim gorivima.

Nedostaci vodikovih vozila se odnose na cijenu i nepostojeću infrastrukturu. Nedostaci su sljedeći: [20]

- Visoka cijena i energetske potrebe za proizvodnju samog goriva.
- Visoka cijena samog vozila.
- Nedostatak infrastrukture za punjenje vodikovih vozila.
- Eksplozivnost i zapaljivost samog vodika.
- Potreba za visoko tlačnim spremnicima vodika na samim vozilima.
- Postojanje visokog napona na vozilima zbog baterija.

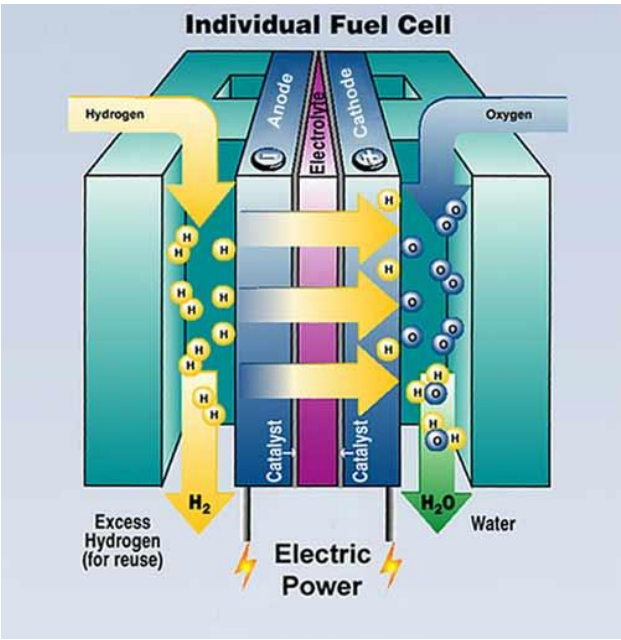
4.3 GORIVE ĆELIJE

Godine 1997. na auto salonu u Detroitu Chrysler je predstavio prvi elektromobil koji je struju za pokretanje crpio iz gorivih vodikovih ćelija. Samo desetak godina kasnije već postoji nekoliko serijskih automobila koji koriste vodik kao gorivo. [21]

Osnova svakog automobila na vodik su gorive ćelije koje se nalaze u podnici automobila, spremnik vodika te elektromotor. U spremniku se nalazi stlačeni vodik u tekućem stanju, koji ovisno o količini i potrebama mora biti stlačen barem na 350 bara te iz razloga zapaljivosti ohlađen na -253 C.

U vodikove gorive ćelije dovodi se gorivo (u ovome slučaju stlačeni vodik) i kisik (ili mješavina kisika i helija) te na principu elektrolita[1] proizvode struju. Prilikom prolaska kroz separatorsku ploču ćelije, molekule vodika se spajaju na anodu, a molekule kisika na katodu.[21]

Na anodi platinasti katalizator razdvaja vodik na protone i elektrone, pri čemu polimer elektrolitska membrana propušta samo protone prema katodi, dok elektroni putuju vanjskim strujnim krugom stvarajući struju koja pokreće elektromotor i puni baterije. Na katodi potom elektroni i protoni u reakciji s kisikom stvaraju vodu odnosno paru koja izlazi iz ćelija i iz ispuha.



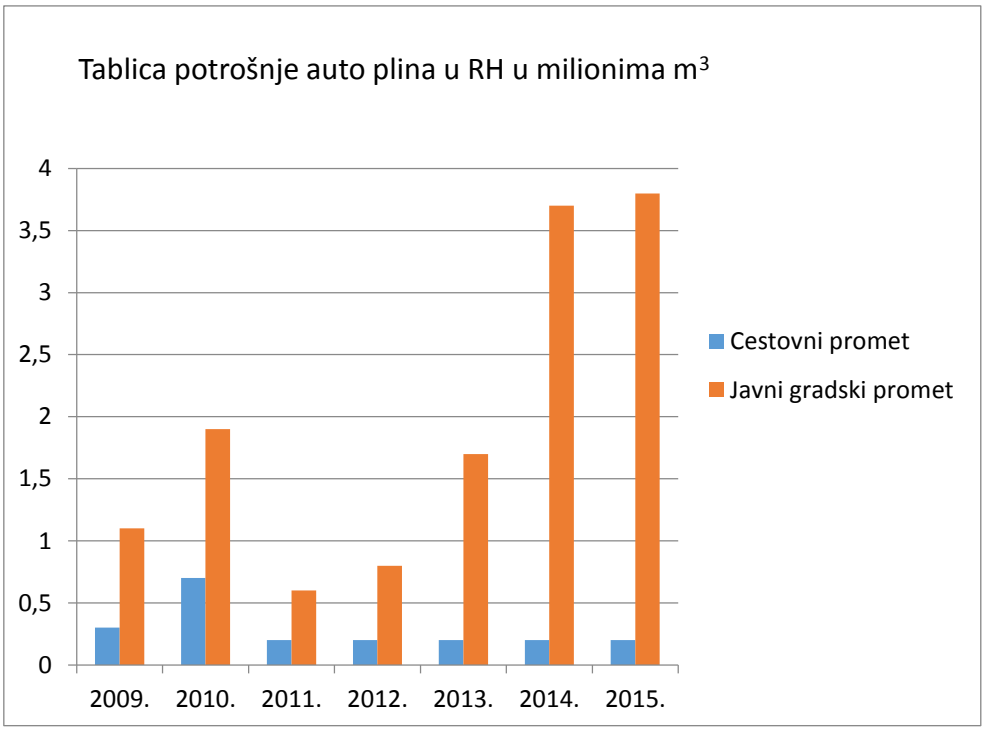
Slika 18. ***Prikaz rada gorive ćelije***
Izvor. http://arhiva.vidiauto.com/autotech/goriva/

[1] **Elektrolit -** vodič u tekućem stanju u kojima se prolaz električne struje pripisuje kretanju iona

5. PRIMJENA AUTOPLINA KAO POGONSKOG GORIVA U JAVNOM GRADSKOM PRIJEVOZU

Autoplin (ukapljeni naftni plin) je razvojem potrošnje i pratećeg sustava zadnjih godina zauzeo značajnu poziciju kao alternativno pogonsko gorivo za motorna vozila u Republici Hrvatskoj i europskim zemljama. Više je čimbenika koji su utjecali na veliku ekspanziju potrošnje autoplina i povjerenja potrošača, no osnovni razlog je niža cijena u odnosu na ostale derivate, povoljni uvjeti ugradnje opreme i uređaja, te silan razvoj izgradnje infrastrukture (267 servisnih radionica i oko 200 punilišta). [17]

U odnosu na ostala alternativna goriva za transport autoplin zauzima prvo mjesto po svojoj rasprostranjenosti, što ne čudi jer je po svojim transportabilnim osobinama prilagodljiv svim konfiguracijama tla i temperaturnim zonama.



Grafikon 1. ***Potrošnja autoplina u RH od 2009. do 2015.***

Izvor. http://www.eihp.hr/wp-content/uploads/2017/03/EUH2015.pdf

Zbog sve većeg zagađenja u urbanim sredinama gdje je javni gradski prijevoz okarakteriziran kao jedan od najvećih čimbenika zagađenja, mnogi gradovi su se okrenuli autobusima na alternativni pogon. [17]

Pouzdan servis i kontroling temelj su za uspješnu provedbu uvođenja autobusa najnovije generacije na autoplin. U Europi su mnogi gradovi uspješno implementirali razvojne programe i poticaje u smislu očuvanja kvalitete zraka i okoliša, koristeći fondove i nepovratna sredstva kao što su CIVITAS i slično.

U ovisnosti o načinu i mjestu dobave goriva, načinu stvaranja smjese, bogatstvu smjese i načinu zapaljenja smjese postoje različite izvedbe motora na prirodni plin, koji se mogu podijeliti u četiri kategorije: [22]

- motori s prinudnim paljenjem smjese zrak/prirodni plin putem svjećice
- motori s prinudnim paljenjem smjese zrak/prirodni plin pilotnim ubrizgavanjem
- male količine dizelskog goriva
- motori s direktnim ubrizgavanjem prirodnog plina pod visokim tlakom u cilindar
- motora i prinudnim paljenjem smjese
- motori sa samopaljenjem prethodno pripremljene smjese zrak/prirodni plin.



Slika 19. ***Autobus na prirodni plin***

Izvor: http://www.mojarijeka.hr/vijesti/otvorena-punionica-stlacenog-prirodnog-plina-i-predstavljeni-novi-autobusi-koji-kao-gorivo-koriste-plin/

5.1. EKONOMSKI ASPEKTI KORIŠTENJA AUTOPLINA

Već nakon prijeđenih 20.000 km, uz prosječnu potrošnju od 8 litara na 100 km, ostvaruje se povrat uloženog novca u autoplin-uređaj (ova se brojka mijenja ovisno o stvarnoj potrošnji i vrsti ugrađenog uređaja). Vlasnici vozila koji su prijavili autoplin-uređaje na godišnjem tehničkom pregledu ne moraju ići na eko-test. Naime, korištenjem autoplina vozila ispuštaju minimalne količine štetnih ispušnih plinova (CO – ugljikov monoksid, NOx – dušikovi oksidi i CO2 – ugljikov dioksid). [18]



Slika 20. ***Ekonomičnost autoplina***

Izvor: https://medialim.hr/autoplin/

Grada Zagreba obuhvatio je detaljnu analizu postojećeg voznog parka u vlasništvu Zagrebačkog holdinga i mogućnosti uporabe prirodnog plina za pogon motornih vozila. Analiza provedena tijekom izrade studije ukazuje na 35% -tnu moguću zamjenu vozila na prirodni plin (u dijelu od ukupnog broja trgovačkih društava) od ukupnog broja osobnih i gospodarskih vozila, uz zamjenu ukupno 2,5 milijuna litara klasičnih motornih goriva u razdoblju od 10 godina (predviđeni životni vijek vozila) i ukupnu uštedu od oko 10 milijuna kuna u istom razdoblju. Procijenjena potreba ulaganja kreće se između 2,5 i 3 milijuna kuna (dodatna investicija u vozila na prirodni plin u odnosu na istovjetni model na motorni benzin ili dizelsko gorivo) u ukupno 275 vozila. [23]

Analiza potencijala uvođenja prirodnog plina u autobuse zagrebačkog ZET-a uporabom autobusa na prirodni plin moguće je pouzdano obuhvatiti do 35 % linija ZET-a i zamijeniti prirodnim plinom nešto iznad 4 milijuna litara dizelskog goriva u do 90 autobusa na prirodni plin. Potrebna ukupna dodatna ulaganja u autobuse kreću se od 5 do 5,5 milijuna EUR-a (s porezom), a potrebna procijenjena ulaganja u punionicu (oprema i građevinski radovi, s carinom i porezima) su oko 2,3 milijuna EUR-a (do najviše 4 milijuna EUR-a, ovisno o odabranom tehničkom rješenju). Ulaganja u vozni park vraćaju se u razdoblju od 3 do 5 godina.

5.2. SIGURNOSNI ASPEKTI KORIŠTENJA AUTOPLINA

Voziti na plin je sigurnije nego voziti na benzin, i to iz više razloga. Prvi i najosnovniji razlog je taj što u plinskoj boci nema kisika, a za eksploziju potreban je kisik. Drugi je to što kod benzina može doći do istjecanja ako se spremnik ošteti ili auto prevrne, dok je kod plina to nemoguće, jer na plinskom spremniku postoje sigurnosni ventili koji to sprječavaju. Također ne može doći ni do puknuća boce, jer je boca od čelika debljine 3,5-4 mm. [18]

Autoplin ima najnižu razinu zapaljivosti u odnosu na bilo koje drugo alternativno gorivo. Plin se zapaljuje kada izvor plamena dosegne temperaturu od najmanje 500°C, što je dvostruko veća temperatura od one koja je potrebna da se zapali benzin. Ukoliko dođe do ispuštanja, autoplin brzo isparava. [24]

Autoplinski spremnici za instalaciju na vozilima izgrađeni su od čelika ili kompozitnih materijala i ispitani su u skladu s najstrožim standardima za zaštitu protiv udaraca, eksplozija i požara, a imaju veću otpornost na mehaničke udarce od klasičnih spremnika za benzin. Izrađuju se od čeličnog lima debljine od 2 do 4mm, a ispituju se na tlak preko 20 bara. Spremnici su opremljeni multiventilom koji ima dva ili tri sigurnosna ventila.

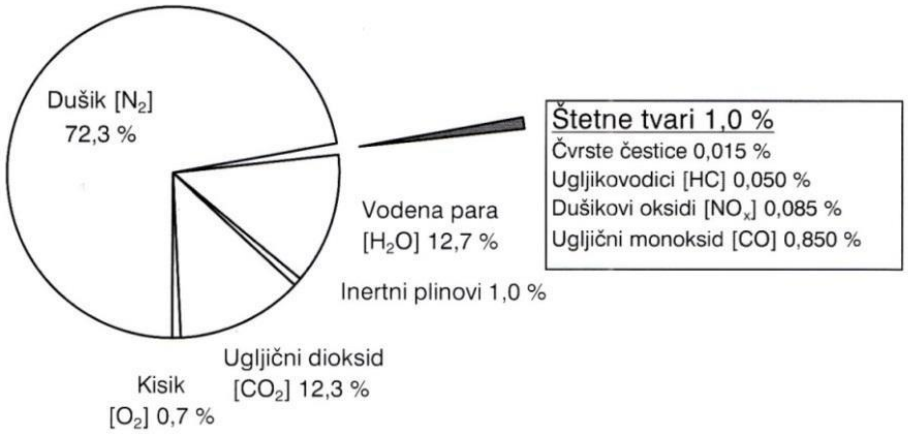
5.2. EKOLOŠKI ASPEKTI KORIŠTENJA AUTOPLINA U GRADSKOM PROMETU

Motorna vozila su najveći pojedinačni izvori onečišćenja atmosfere. U ispušnom plinu benzinskog motora cijeli je niz plinova koji su posljedica izgaranja, a u grubo ih se može podijeliti na štetne i neštetne plinove. Prilikom emisija štetnih stvari iz motornih vozila postoje dvije vrste plinova: [25]

- Motorni ispušni plinovi - produkti izgaranja,
- Evaporativna emisija lako hlapivih komponenti iz goriva (spremnik goriva, sustav za pripremu goriva).

Izgaranjem goriva (Otto, Diesel gorivo, plin) nastaju dimni, odnosno ispušni plinovi. Ispušni plinovi se sastoje od: [25]

- Ugljični monoksid - CO,
- Ugljični dioksid – CO2,
- Vodena para – H2O3,
- Dušični oksidi - NOx,
- Neizgoreni ugljikovodici - HC,
- Emisije u obliku čestica – čađa, spojevi oksidiranog ugljika, metalni oksidi, aditivi iz goriva i motornog ulja te produkti razgradnje ispušnog sustava.



Grafikon 2. ***Sadržaj ispušnih plinova motora s unutarnjim izgaranjem***

Izvor. Centar za vozila Hrvatske, *Ispitivanje ispušnih plinova motornih vozila – eko test, siječanj 2000.*

Uporabom prirodnog plina za pogon motornih vozila postoje realne osnove za smanjenje emisije štetnih ispušnih plinova. U odnosu na benzin postiže se smanjenje emisije CO, CxHy i NOx, uz istodobno smanjenje kancerogenih ispušnih plinova i njihovog utjecaja na stvaranje smoga. Emisija plinova koji pomažu efekt staklenika, izražena preko ekvivalentne emisije CO2, također je smanjena. U odnosu na dizelsko gorivo znatno se smanjuje emisija NOx, uz iznimno nisku emisiju čestica, dok emisija CO i CxHy, te ekvivalenta emisija CO2 ostaje na razini dizelovog motora. Bitno je napomenuti da se navedene karakteristike postižu bez uporabe naknadnog tretmana ispušnih plinova. Primjenom naknadnog tretmana ispušnih plinova kod motora na prirodni plin može se postići dodatno smanjenje emisije. [23]

6. ZAKLJUČAK

U javnom gradskom prijevozu sudjeluju vozila koja koriste različite pogonske motore i pogonska goriva od kojih su neka ekonomičnija i ekološki prihvatljivija od drugih. Zbog toga umjesto benzinskog i dizelskog goriva, koji predstavljaju glavni izvori zagađenja, u javni gradski prijevoz uključuje se tehnologija pogona na alternativna goriva. Korištenje alternativnih goriva ima u cilju zamijeniti zagađivače i stati na njihovo mjesto kao adekvatno pogonsko gorivo koje pogoni motore vozila javnog gradskog prijevoza, te ujedno smanjiti cijenu potrošnje goriva kao i emisiju štetnih plinova koji utječu na zdravlje čovjeka i onečišćenje okoliša.

U tom smislu do izražaja dolaze vozila na električnu energiju i plin, koja imaju najširu primjenu u današnjem javnom gradskom prijevozu zbog svojih tehničko eksploatacijskih značajki i dostupnosti. Neosporiva je ekološka prednost pred benzinskim i dizelskim gorivima, prvenstveno zbog manje emisije štetnih plinova (CO2, CO i NOx). Kako bi mu primjena bila što veća, cijena je niža, što dodatno stvara poticaj za njegovo korištenje.

U svjetskim metropolama, kao i u Zagrebu, ulažu se napori kako bi se dio vozila u javnom gradskom prometu prenamijenio na pogon s plinskim gorivom, no te pokušaje prate problemi, poput radijusa kretanja uvjetovanog nedostatkom opskrbnih mjesta i dr.

Energetski potencijal plinskih goriva je izrazito velik. S napretkom tehnologije, a u skladu sa propisanim ekološkim ograničenjima, mogućnosti primjene u vozilima javnog gradskog prijevoza se iz dana u dan povećavaju.

LITERATURA

[1] Rajsman, M.: Osnove tehnologije prometa, gradski promet, prezentacija, 2012.

[2] URL: http://arhiva.autonet.hr/nacelo-rada-motora (pristupljeno: srpanj.2017.)

[3] Zavada,. J.: Prijevozna sredstva, Zagreb, 2000.

[4] URL: http://www.auto-info.hr//tehnologije/tehnologije/cetverotaktni-otto-motor/5-18-120.html (pristupljeno: srpanj.2017.)

[5] Vajdon,. V.: Tehnika motornih vozila, Hrvatska obrtnička komora: Pučko otvoreno učilište, Zagreb, 2004.

[6] URL: http://www.prometna-zona.com/autobusi/ (pristupljeno: srpanj.2017.)

[7] Zavada,. J.: Vozila za javni gradski prijevoz, Zagreb, 2006.

[8] URL: https://hr.wikipedia.org/wiki/Električni_autobus (pristupljeno: srpanj.2017.)

[9]URL:https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dni_autobus#Vrste_elektri.C4.8Dnog_autobusa (pristupljeno: srpanj.2017.)

[10] URL: http://net.hr/auto/vijesti/koprivnica-prva-u-hrvatskoj-nabavila-elektricne-autobuse-za-javni-prijevoz/ (pristupljeno: srpanj.2017.)

[11] URL: http://www.e-auto.guru/vijesti/proterra-elektricni-autobusi-koji-bi-mogli-baciti-dizelske-u-zaborav/ (pristupljeno:srpanj.2017.)

[12] https://hr.wikipedia.org/wiki/Trolejbus (pristupljeno: srpanj.2017.)

[13]URL:https://hr.wikipedia.org/wiki/Zagreba%C4%8Dki_elektri%C4%8Dni_tramvaj(pristupljeno: srpanj.2017.)

[14] URL: http://www.prometna-zona.com/gradski-tehnologija-013tramvaj.php (pristupljeno: srpanj.2017.)

[15] URL: https://hr.wikipedia.org/wiki/Podzemna_%C5%BEeljeznica (pristupljeno: srpanj.2017.)

[16] URL: http://www.poslovni.hr/svijet-i-regija/alternativna-goriva-u-prometu-do-2020-godine-153425 (pristupljeno: srpanj.2017.)

[17] Dojčinović, Z.: Autoplin kao pogonsko motorno vozilo u Republici Hrvatskoj, Hrvatsko društvo za goriva i maziva, Goriva i maziva, 2009., br.48, godište 3.

[18] Alternativni pogoni automobila, Sysprint, Drvo znanja, prosinac 2007., br. 110, godište 11., str. 62 – 67

[19] URL: http://arhiva.vidiauto.com/autotech/goriva/ (pristupljeno: srpanj.2017.)

[20]URL: http://www.conserve-energy-future.com/?s=advantages (pristupljeno: srpanj.2017.)

[21] URL: http://arhiva.vidiauto.com/autotech/goriva/ (pristupljeno: srpanj.2017.)

[22] Filipović, I. i drugi.: Primjena alternativnih goriva u cilju smanjenja emisije zagađivača kod cestovnih vozila, Hrvatsko društvo za goriva i maziva, Goriva i maziva, 2005., br.44, godište 4.

[23] URL: http://www.plinara-zagreb.hr (pristupljeno: srpanj.2017.)

[24]URL: http://auto-silvio.hr/ugradnja-auto-plina/instalacija/autoplin-sigurnost (pristupljeno: srpanj.2017.)

[25] Ispitivanje ispušnih plinova motornih vozila- eko test, Centar za vozila Hrvatske, stručni bilten br. 87., Zagreb, siječanj 2000., str. 5

POPIS SLIKA I GRAFIKONA

POPIS SLIKA

Slika 1. Vozila javnog gradskog prijevoza …….2

Slika 2. Dvotaktni motor …….3

Slika 3. Četverotaktni motor s unutarnjim izgaranjem ……4

Slika 4. Četverotaktni Ottov motor ……..5

Slika 5. Diesel motor ……...6

Slika 6. Autobus za međugradski prijevoz ……..…7

Slika 7. Dvoosovinski i zglobni troosovinski autobusi ……...8

Slika8. Mini električni autobus ……...11

Slika 9. Proterra električni autobus ……12

Slika 10. Troljebus ……..13

Slika 11. Dvoosovinski trolejbus ……14

Slika 12. Zagrebački električni tramvaj ……..15

Slika13. Podjela tramvaja ……..17

Slika 14. Metro ……18

Slika 15. Opravdanost primjene pojedinih vozila ……...20

Slika 16. Izvori energije za pogon cestovnih vozila ……...22

Slika 17. Prikaz automobila pogonjenog vodikom ……..25

Slika 18. Prikaz rada gorive ćelije …….....26

Slika 19. Autobus na prirodni plin …….....28

Slika 20. Ekonomičnost autoplina ……...29

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Potrošnja autoplina u RH od 2009. do 2015 .....……27
Grafikon 2. Sadržaj ispušnih plinova motora s unutarnjim izgaranjem …….……31

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj završni rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

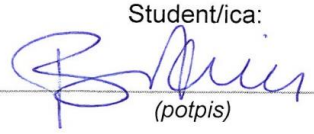
Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada pod naslovom **Analiza tehničko - eksploatacijskih značajki vozila na alternativni pogon u gradskom prometu** na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 4.9.2017.

Student/ica:



(potpis)