

# Primjena europskih normi zaštite okoliša u proizvodnji motornih vozila M1 kategorije

---

**Kovač, David**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:609198>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-23**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE SJEVER  
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**



DIPLOMSKI RAD br. 041/STR/2021

**PRIMJENA EUROPSKIH NORMI ZAŠTITE  
OKOLIŠA U PROIZVODNJI MOTORNIH  
VOZILA M1 KATEGORIJE**

David Kovač

Varaždin, rujan 2021.



**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**  
**Studij strojarstvo**



DIPLOMSKI RAD br. 041/STR/2021

**PRIMJENA EUROPSKIH NORMI ZAŠTITE  
OKOLIŠA U PROIZVODNJI MOTORNH  
VOZILA M1 KATEGORIJE**

Student:

David Kovač, 1380/336D

Mentor:

prof. dr. sc. Živko Kondić

Varaždin, rujan 2021.

# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za strojarstvo

STUDIJ diplomski sveučilišni studij Strojarsvo

PRISTUPNIK DAVID KOVAČ

MATIČNI BROJ 1380/336D

DATUM 16.06.2021.

KOLEGIJ Certifikacija proizvoda i sustava

NASLOV RADA PRIMJENA EUROPSKIH NORMI ZAŠTITE OKOLIŠA U PROIZVODNJI  
MOTORNIM VOZILA M1 KATEGORIJE

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU APPLICATION OF EUROPEAN PROTECTION STANDARDS ENVIRONMENTS IN  
THE PRODUCTION OF M1 CATEGORY MOTOR VEHICLES

MENTOR prof.dr.sc. Živko Kondić

ZVANJE Redoviti profesor

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. doc.dr.sc. Zlatko Botak, predsjednik povjerenstva
2. prof.dr.sc. Živko Kondić, mentor, član
3. doc.dr.sc. Tomislav Veliki, član
4. doc.dr.sc. Matija Bušić, rezervni član
5. \_\_\_\_\_

VŽKC

MMI

## Zadatak diplomskog rada

BROJ 041/STR/2021

OPIS

Pristupnik u svome diplomskom radu treba obraditi slijedeće:

- U uvodnom dijelu diplomskog rada potrebno je opisati razloge za izbor, te ukratko navesti opravdanost i aktualnost teme.
- Opisati problematiku ispušnih plinova kod motora s unutrašnjim izgaranjem s aspekta utjecaja na okoliš, odnosno utjecaja na kvalitetu zraka.
- Ukratko opisati najznačajnije europske norme koje definiraju zahtjeve u vezi zaštite okoliša a koje su povezane uz motorna vozila i njihovu eksploataciju.
- Opisati postupke ispitivanja motornih vozila M1 kategorije a posebno se usmjeriti na postupke NEDC, WLTP i RDE ispitivanja. Uz opis navedenih postupaka potrebno je opisati postupak homologacije i EKO test, te opisati utjecaj freona koji se koriste kod motornih vozila.
- U završnom dijelu diplomskog rada pristupnik se treba kritički osvrnuti na svoj rad te ograničenja tijekom izrade.

ZADATAK URUČEN

06.09.2021



^

# **Predgovor**

Ovim putem izjavljujem da sam ovaj diplomski rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svom mentoru prof.dr.sc. Živku Kondiću na pomoći i usmjeravanju u toku izrade ovog završnog rada. Isto tako zahvaljujem svim profesorima, asistentima i suradnicima na Sveučilištu Sjever.

Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji na pruženoj potpori tijekom studiranja.

## Sažetak

U ovom diplomskom radu obrađena je tematika primjene europskih normi zaštite okoliša u proizvodnji motornih vozila M1 kategorije. U M1 skupinu vozila spadaju motorna vozila za prijevoz putnika koja osim sjedišta vozača imaju još najviše osam sjedala. U početku rada opisani su ispušni plinovi iz vozila te njihov utjecaj na okoliš i kvalitetu zraka. Nakon toga obrađene su Euro norme koje ograničavaju dozvoljene emisije štetnih plinova iz vozila. U nastavku slijede postupci ispitivanja i kontrole kao što su NEDC, WLTP i RDE. Homologacija također predstavlja važan postupak dokazivanja ispitivosti vozila i njihovih dijelova. Obrađeno je nekoliko primjera usporedbe WLTP postupka sa neovisnim AIR indeksom. Na kraju rada riječ je o freonima, alternativnim vozilima i budućnosti autoindustrije.

**Ključne riječi:** ispušni plinovi, europski propisi, autoindustrija, alternativna vozila, globalno zatopljenje

## Summary

This graduate thesis deals with the application of European environmental protection standards in the production of M1 category motor vehicles. The M1 group of vehicles includes motor vehicles for the transport of passengers, which in addition to the driver's seat still have a maximum of eight seats. At the beginning of the work, the exhaust gases from the vehicle and their impact on the environment and air quality are described. After that, Euro standards that limit the permitted emissions of harmful gases from vehicles were processed. The following are test and control procedures such as NEDC, WLTP, and RDE. Homologation also is an important process of proving tested, vehicles and their parts. Several examples of comparing the WLTP procedure with an independent AIR index has been processed. At the end of thesis, it's about freons, alternative vehicles and future of automotive industry.

**Keywords:** exhaust gases, European regulations, automotive industry, alternative vehicles, global warming



## Popis korištenih kratica

<b>EU</b>	Europska unija (engl. European Union)
<b>SUI</b>	s unutarnjim izgaranjem
<b>ECV</b>	vozila na električno punjenje (engl. Electrically Chargeable Vehicles)
<b>HEV</b>	hibridna električna vozila (engl. Hybrid Electric Vehicles)
<b>EEA</b>	Europska agencija za okoliš (engl. European Environment Agency)
<b>PM</b>	krute čestice (engl. Particulate Matter)
<b>NEDC</b>	Novi europski vozni ciklus (engl. New European Driving Cycle)
<b>PHEV</b>	priključna hibridna električna vozila (engl. Plug-in Electric Vehicle)
<b>BEV</b>	baterijska električna vozila (engl. Battery Electric Vehicle)
<b>FCA</b>	Fiat Chrysler automobili (engl. Fiat Chrysler Automobiles)
<b>SMMT</b>	Društvo proizvođača i trgovaca motornih vozila (engl. Society of Motor Manufacturers and Traders)
<b>COP</b>	sukladnost proizvodnje (engl. Conformity Of Production)
<b>DI</b>	direktno ubrizgavanje (engl. Direct Injection)
<b>IDI</b>	indirektno ubrizgavanje (engl. Indirect Injection Diesel)
<b>NMHC</b>	ne metanski ugljikovodici (engl. Non - Methane Hydrocarbons)
<b>PMP</b>	program mjerenja čestica (engl. Particle Measurement Programme)
<b>PN</b>	količina krutih čestica (engl. Particle Number)
<b>DPF</b>	dizelski filter krutih čestica (engl. Diesel Particulate Filter)
<b>EGR</b>	recirkulacija ispušnih plinova (engl. Exhaust Gas Recirculation)
<b>SCR</b>	selektivna katalitička redukcija (engl. Selective Catalytic Reduction)
<b>DOC</b>	dizelski oksidacijski katalizatori (engl. Diesel Oxydation Catalyst)
<b>ASC</b>	katalizator amonijaka (engl. Ammonia Slip Catalyst)
<b>DEF</b>	ispušna tekućina dizela (engl. Diesel Exhaust Fluid)
<b>ISO</b>	Internacionalna organizacija za standarde (engl. International Organization for Standardization)
<b>WLTP</b>	Usklađeni svjetski postupak ispitivanja lakih vozila (engl. Worldwide Harmonized Light Duty Vehicles Test Procedure)
<b>RDE</b>	stvarne emisije u vožnji (engl. Real Driving Emissions)
<b>EVAP</b>	sustav kontrole emisije isparavanja (engl. The Evaporative Emission Control System)
<b>ISC</b>	u skladu s uslugama (engl. In Service Conformity)

<b>FCM</b>	sustav praćenja potrošnje goriva (engl. Fuel Consumption Monitoring System)
<b>ZLEV</b>	vozila sa nula i niskim emisijama (engl. Zero and Low Emission Vehicles)
<b>GPF</b>	benzinski filter krutih čestica (engl. Gasoline Particulate Filter)
<b>HRN</b>	hrvatska norma
<b>EN</b>	europska norma (njem. Europäische Norm)
<b>FAME</b>	metilni esteri masnih kiselina (engl. Fatty Acid Methyl Esters)
<b>IOB</b>	istraživački oktanski broj
<b>MOB</b>	motorni oktanski broj
<b>MVEG</b>	grupa štetnih emisija iz motornih vozila (engl. Motor Vehicles Emissions Group)
<b>ECE</b>	Ekonomska komisija za Europu (engl. Economic Commission for Europe)
<b>EUDC</b>	izrazito urbani vozni ciklus (engl. Extra Urban Driving Cycle)
<b>UDC</b>	urbani vozni ciklus (engl. Urban Driving Cycle)
<b>CO<sub>2</sub>MPAS</b>	simulacijski model CO <sub>2</sub> za osobna i gospodarska vozila (engl. CO <sub>2</sub> Model for Passenger and commercial vehicles Simulation)
<b>FCV</b>	vozila s gorivim ćelijama (engl. Fuel Cell Vehicles)
<b>PEMS</b>	prijenosni sustav za mjerenje emisija (engl. Portable Emissions Measuring System)
<b>EFM</b>	mjerač protoka mase ispušnih plinova (engl. Exhaust mass Flow Meter)
<b>PND</b>	razrjeđivač broja čestica (engl. Particle Number Diluter)
<b>RH</b>	Republika Hrvatska
<b>DZM</b>	Državni zavod za mjeriteljstvo
<b>CVH</b>	Centar za vozila Hrvatske
<b>UN</b>	Ujedinjeni narodi (engl. United Nations)
<b>EC</b>	Europska komisija (engl. European Commission)
<b>WVTA</b>	odobrenje cijelog vozila (engl. Whole Vehicle Type Approval)
<b>EOBD</b>	europski protokol autodijagnostike (engl. European On-Board Diagnostics)
<b>BEZ-KAT</b>	benzinski motor bez katalizatora ili motor s nereguliranim katalizatorom
<b>REG-KAT</b>	benzinski motor s reguliranim katalizatorom
<b>DIZEL</b>	dizelski motor s prednabijanjem ili bez prednabijanja
<b>ECU</b>	upravljačka jedinica motora (engl. Engine Control Unit)
<b>OBD</b>	protokol autodijagnostike (engl. On-Board Diagnostics)
<b>AIR</b>	dopušteno neovisno testiranje na cesti (engl. The Allow Independent Road-testing)

<b>ULEZ</b>	zona ultra niskih emisija (engl. Ultra Low Emission Zone)
<b>VCA</b>	Agencija za certifikaciju vozila (engl. Vehicle Certification Agency)
<b>KS</b>	konjska snaga
<b>SUV</b>	terensko vozilo (engl. Sport Utility Vehicle)
<b>MAC</b>	mobilni klimatizacijski sustav (engl. Mobile Air-Conditioning)
<b>GWP</b>	potencijal globalnog zagrijavanja (engl. Global Warming Potential)
<b>LPG</b>	ukapljeni naftni plin (engl. Liquefied Petroleum Gas)

# Sadržaj

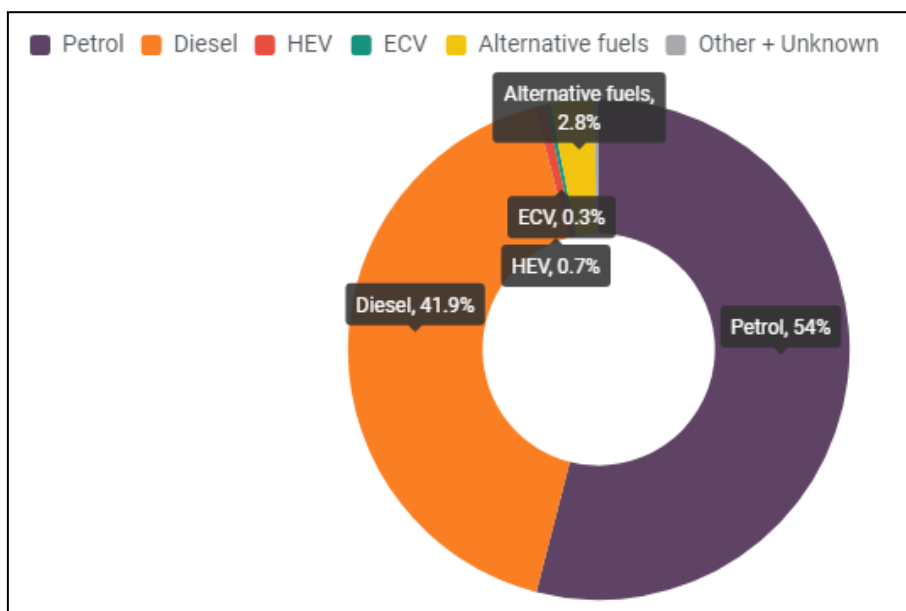
1.	Uvod .....	1
2.	Ispušni plinovi kod motora s unutrašnjim izgaranjem.....	2
2.1.	Ne štetni sastojci ispušnih plinova .....	3
2.2.	Štetni sastojci ispušnih plinova .....	5
2.3.	Efekt staklenika.....	8
2.4.	Emisije kod pojedinih grupacija vozila.....	10
3.	Europske norme zaštite okoliša .....	12
3.1.	Euro 1 norma (EC39).....	15
3.2.	Euro 2 norma (EC96).....	16
3.3.	Euro 3 norma (EC2000).....	16
3.4.	Euro 4 norma (EC2005).....	16
3.5.	Euro 5 norma.....	17
3.6.	Euro 6 norma.....	18
3.6.1.	Euro 6 kod dizelskih vozila .....	18
3.6.2.	Euro 6 kod benzinskih vozila .....	20
3.6.3.	Euro 6d norma .....	21
3.7.	Ciljevi i procjene za budućnost.....	23
3.7.1.	Euro 7 norma .....	24
3.8.	Kvaliteta goriva.....	26
4.	Ispitivanje i kontrola.....	29
4.1.	NEDC.....	29
4.2.	WLTP.....	31
4.2.1.	Odnos WLTP-a i NEDC-a.....	34
4.3.	RDE.....	36
4.4.	Homologacija .....	39
4.5.	EKO test.....	41
4.6.	AIR indeks .....	44
4.6.1.	Primjer 1 .....	46
4.6.2.	Primjer 2 .....	48
4.6.3.	Primjer 3 .....	50
5.	Freoni.....	53
6.	Alternativna vozila .....	55
7.	Zaključak .....	59
8.	Literatura .....	62

# 1. Uvod

Zaštita okoliša danas je jedan od glavnih zadataka modernog društva. Čovjek svojim djelovanjem utječe na stanje okoliša, a to se prvenstveno odnosi na čistoću zraka, voda i tla. Posljedica toga je devastacija okoliša koja predstavlja opasnost za zdravlje ljudi te ostalog biljnog i životinjskog svijeta. Veliki utjecaj na stanje ljudskog životnog okruženja ima svjetska industrija u kojoj velik udio ima i ona automobilska. Motorna vozila svakodnevno služe za transport ljudi i dobara od jednog do drugog mjesta. Uz već spomenute opasnosti za onečišćenje zraka, voda i tla s cestovnim vozilima se još povezuju stvaranje buke i vibracija. U većini vozila se koriste motori s unutrašnjim izgaranjem iz kojih izlaze štetni ispušni plinovi. Samim time utječu na koncentraciju stakleničkih plinova u atmosferi pa je tako u Europi za čak 12% ukupnih emisija ugljikovog dioksida (CO<sub>2</sub>) odgovoran cestovni promet. Stoga je ugljični dioksid jedan od glavnih stakleničkih plinova. U Europskoj uniji (EU) nastoji se različitim propisima i normama regulirati i ograničiti udjele štetnih ispušnih plinova iz vozila. Europski parlament i vijeće 17. travnja 2019. godine usvojili su Uredbu (EU) 2019/631 kojom se utvrđuju standardi emisijskih vrijednosti CO<sub>2</sub> za nova osobna i kombi vozila u EU. Ova se uredba počela primjenjivati 1. siječnja 2020. godine. Cilj je da se do 2030. godine emisije stakleničkih plinova neto smanje za 55%. Prema tome se prilagoditi moraju proizvođači automobila i osmisliti nova tehnička rješenja koja će ugraditi u svoja vozila. Isto tako države nastoje osvijestiti svoje državljane i potaknuti na kupnju vozila sa smanjenim koncentracijama štetnih ispušnih plinova. Sve više se na cestama pojavljuju alternativna vozila na električni, hibridni i plug-in pogon. [1]

## 2. Ispušni plinovi kod motora s unutrašnjim izgaranjem

Broj cestovnih vozila u svijetu neprestano raste te je još uvijek u najvećoj mjeri upotrebljavaju vozila s motorima s unutrašnjim izgaranjem (SUI) što se može vidjeti na slici 2.1.. Od toga velik udio otpada na vozila na benzin (54%) i dizel (41,9%), a postupno se kroz godine povećava broj vozila na električni (engl. ECV - Electrically Chargeable Vehicles) hibridni (engl. HEV - Hybrid Electric Vehicles) i ostale alternativne pogone. S obzirom da SUI motori za pogon koriste kemijsku energiju fosilnih goriva, a u isto vrijeme su i najzastupljeniji, oni su najveći zagađivači okoliša. Od SUI motora u cestovnim vozilima razlikuju se Otto i Diesel motori dok se još u vrlo maloj mjeri spominju Wankel motori. [2]

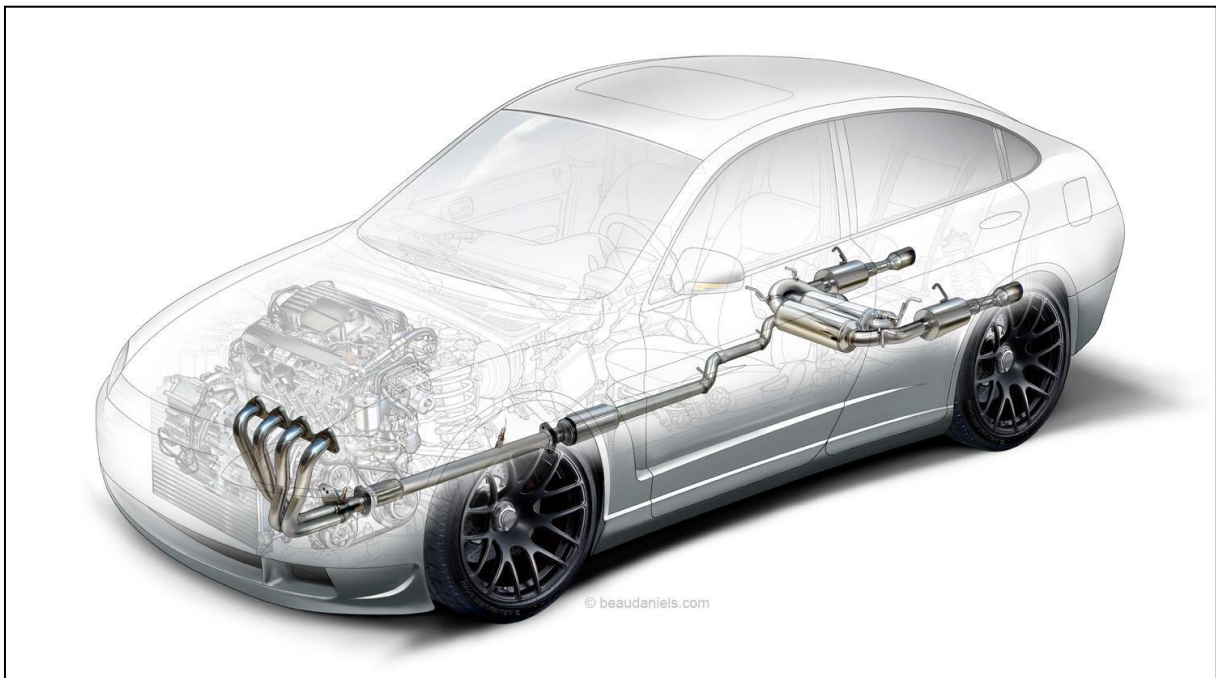


**Slika 2.1.** Vrste putničkih vozila u EU u 2019. godini [2]

Osobna vozila na benzinski i dizelski pogon koriste motore koji rade na principu četiri takta. To se ostvaruje ulaskom smjese zraka i goriva u cilindar motora te zapaljenjem odnosno ekspanzijom dolazi do potiska klipa unutar cilindra i u konačnici okretanja koljenastog vratila. Osnovna razlika između ova dva glavna tipa je da kod benzinskih (Otto) motora do zapaljenja gorive smjese dolazi prilikom pojave iskre na svjećici, a kod dizelskih motora dolazi do samozapaljenja smjese pod određenim uvjetima. Kod dizelskih motora tlačenjem zraka u taktu sabijanja na vrlo visok stupanj kompresije postiže se dovoljno visoka temperatura (oko 700°C) da bi se goriva smjesa sama zapalila. Wankel motori se zbog svojih mana rijetko koriste u cestovnim vozilima iako su ih neki od proizvođača počeli ponovno ugrađivati u hibridna vozila. Od velikih nedostataka ističu se kratak vijek trajanja, problemi s brtvljenjem

te visoke emisije štetnih ispušnih plinova zbog nepotpunog izgaranja smjese. Iz ispušnih sustava ovih motora izlaze ispušni plinovi od kojih je velika većina opasna i štetna za okoliš. [3]

Nakon izgaranja tj. nakon četvrtog takta ispušni plinovi moraju izaći iz motora što se ostvaruje izlazom kroz ispušnu granu koja je spojena na glavu motora. Ispušnim sustavom sa slike 2.2. ispušni plinovi se odvođe od motora do stražnjeg (ili bočnog) dijela vozila gdje izlaze u okolinu. Kod klasičnih automobila ispušni plinovi sa svih cilindara granom se povezuju u jednu cijev dok kod vozila s višim karakteristikama izvedba nešto drugačija. Najprije se plinovi sa dva susjedna cilindra povezuju u jedan tok, a kasnije se spajaju sa ostala dva. Time se doprinosi boljem izlazu ispušnih plinova jer nema direktno sudaranja plinova sa sva četiri cilindra. [3]



**Slika 2.2.** Ispušni sustav automobila [4]

## **2.1. Ne štetni sastojci ispušnih plinova**

Nakon izgaranja goriva unutar motora SUI nastaju ispušni plinovi od kojih su neki štetni, a neki nisu. Ne štetnim sastojcima smatraju se plinovi koji nemaju nepovoljan utjecaj na zdravlje čovjeka iako indirektno mogu utjecati na njegovo zdravlje. U ovu vrstu plinova spadaju:

- vodena para ( $H_2O$ ),

- kisik ( $O_2$ ),
- dušik ( $N_2$ ) i
- ugljikov dioksid ( $CO_2$ ). [5]

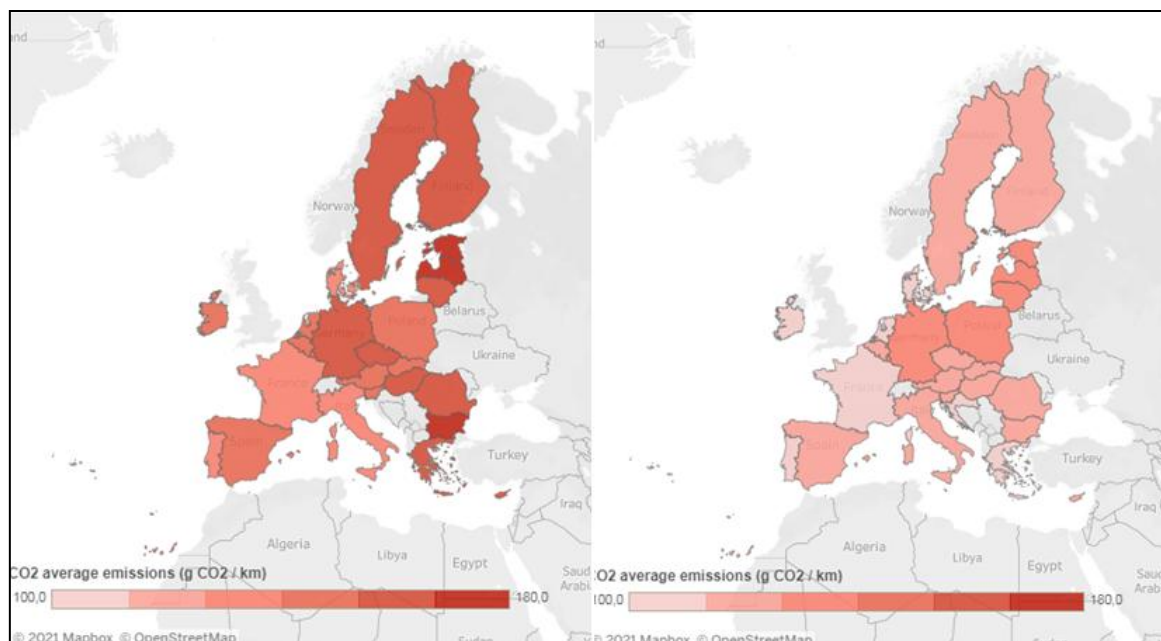
Vodena para ( $H_2O$ ) je bezbojan plin u kojem se voda nalazi u obliku puno lebdećih molekula vode. Može nastati hlapljenjem vode, isparavanjem vode ili sublimacijom leda. Kondenzacijom vodene pare u višim slojevima Zemljine atmosfere nastaju oblaci i oborine. Iako nije štetna za ljudsko zdravlje vodena para je veoma jak staklenički plin te uz plinove poput metana i ugljikovog dioksida utječu na održavanje temperature Zemlje na  $+16^\circ C$ . Međutim efektom staklenika podiže se temperatura Zemljine atmosfere što dovodi do kružnog procesa i sve većeg nastanka vodene pare iz mora i oceana.[5]

Kisik ( $O_2$ ) je plin bez boje, mirisa i okusa te ga u zraku ima oko 21%. Kisik podržava gorenje, ali ne gori, pa je najvažniji za proces izgaranja gorive smjese kod motornih vozila. U motor ulazi kroz usisni sustav kao jedan od sastojaka zraka, a izlazi kroz ispušni sustav ukoliko je goriva smjesa siromašna. [5]

Dušik ( $N_2$ ) je inertan plin bez boje, mirisa i okusa, ali je za razliku od kisika lakši od zraka i ne podržava gorenje. U motore motornih vozila ulazi sa zrakom u kojem ga ima oko 78% te iz razloga što ne podržava gorenje izlazi kroz ispušni sustav. Dušik nije štetan za ljude no može dovesti do gušenja ako iz pluća istisne kisik. [5]

Ugljikov dioksid ( $CO_2$ ) je plin bez boje i mirisa pri manjim koncentracijama. Kod većih koncentracija može doći do izazivanja osjećaja peckanja u grlu i nosu te osjećaja gušenja i razdraženost. Važan je sastojak u procesu fotosinteze. Uz već spomenutu vodenu paru i metan spada u stakleničke plinove te pridonosi globalnom zagrijavanju. Veliki problem njegovog nastanka je izgaranje fosilnih goriva što uzrokuje povećanje njegove koncentracije u atmosferi što se može vidjeti na slici 2.1.1.. Prema privremenim podacima Europske agencije za okoliš EEA (engl. European Environment Agency) prosječna emisija  $CO_2$  kod novih vozila prodanih u EU prošle godine porasla je za 0,4 g/km na 118,5 g/km. Od 2010. godine, kada je započet nadzor prema važećem zakonodavstvu EU, službene emisije smanjile su se za 22 g $CO_2$ /km (16%). Daljnja poboljšanja trebaju postići proizvođači vozila kako bi postigli cilj do i nakon 2021. godine od 95 g $CO_2$ /km. [5,6]





**Slika 2.1.1.** Prosječne emisije CO<sub>2</sub> u EU u 2009. godini (lijevo) i 2017. godini (desno) [6]

## 2.2. Štetni sastojci ispušnih plinova

Kad bi se u motornim vozilima odvijalo potpuno izgaranje goriva iz njih bi izlazili samo ne štetni ispušni plinovi. Potpuno izgaranje u motorima SUI nije moguće pa dolazi do ispuštanja i onih štetnih plinova, a to su:

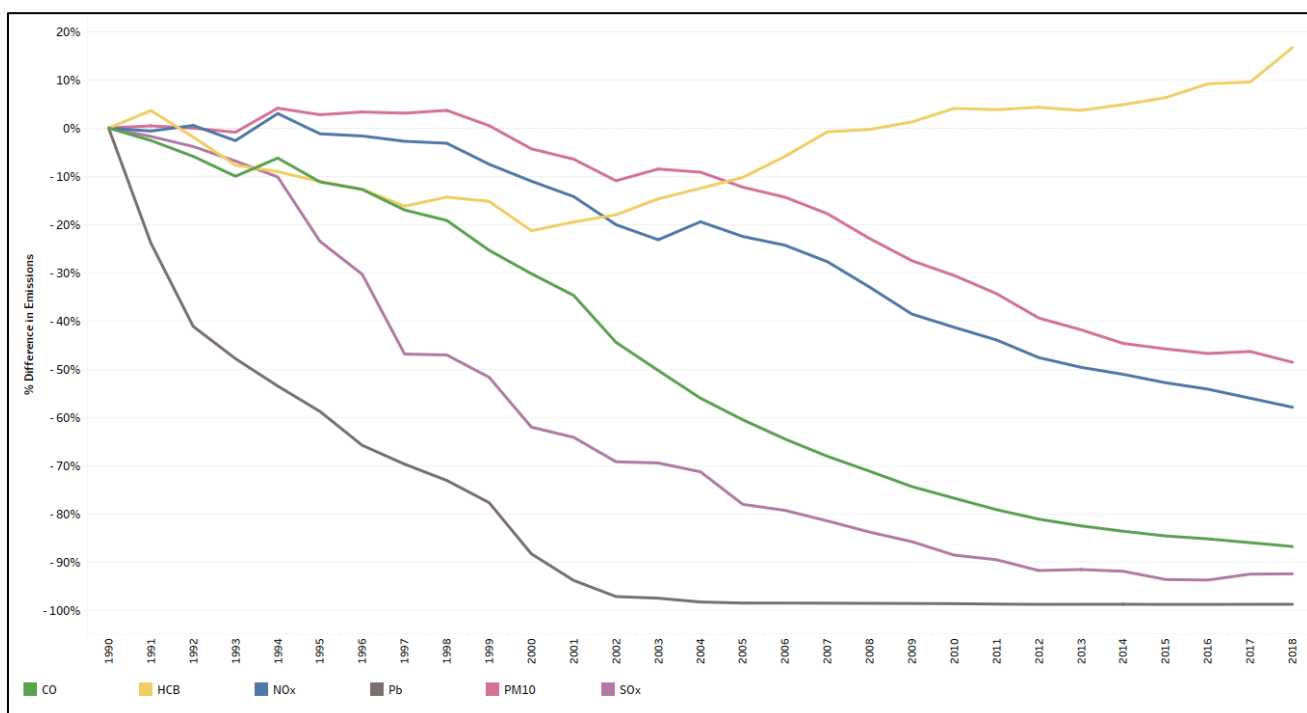
- ugljikov monoksid (CO),
- dušikovi oksidi (NO<sub>x</sub>),
- sumporni oksidi (SO<sub>x</sub>),
- ugljikovodici (HC),
- olovo (Pb) i spojevi olova te
- krute čestice (PM - engl. Particulate Matter). [5]

Ugljikov monoksid (CO) je plin bez boje, mirisa i okusa te u motornim vozilima nastaje kao produkt nepotpunog izgaranja goriva zbog nedostatka kisika. Vrlo je otrovan te udisanjem ulazi u dišni sustav i veže se na hemoglobin u krvi. Sklonost vezanja na hemoglobin mu je 250 puta veća sklonosti kisika pa zbog nedostatka kisika u tijelu dolazi do gušenja i smrti. Simptomi trovanja su ugljikovim monoksidom su glavobolja, mučnina, ubrzano i isprekidano disanje, vrtoglavica, zujanje u ušima i titranje pred očima. Ispušni plinovi benzinskih motora sadrže 0,25% do 10% CO, a dizelskih motora od 0,005% do 0,5%. Iz tog razloga se u

automobilima nalaze različite vrste katalizatora čime se emisije ispuštenog ugljikovog monoksida smanjuju do 3 puta. Hladne temperature uzrokuju povećane (do 180%) emisije unatoč korištenju katalizatora. Pored štetnog utjecaja na zdravlje ljudi, CO također ima štetan utjecaj okoliš pa mu se posvećuje osobita pažnja. [5]

Skupina dušikovih oksida ( $\text{NO}_x$ ) podrazumijeva spojeve dušika i kisika u rasponu varijable "X" od 0,5 do 2. Nastaju izgaranjem gorive smjese pri visokim temperaturama. Na njihov nastanak utječe temperatura, odnos zraka i goriva u smjesi te vrijeme zadržavanja plina u reakcijskoj zoni pri nižim temperaturama. Dušikovi oksidi vrlo su vrlo skupina plinova u atmosferi jer uzrokuju stvaranje kiselih kiša i smoga te sudjeluju u oštećivanju ozonskog omotača. [5]

Sumporni oksidi ( $\text{SO}_x$ ), čiji glavni predstavnik je sumporov dioksid ( $\text{SO}_2$ ), jako su štetni spojevi jer u kontaktu s vodom izazivaju nastanak kiselih kiša. Također usporavaju proces fotosinteze kod biljaka. Količina sumporovog dioksida ovisi o količinama sumpora u gorivu pa ga tako u dizelskim gorivima ima puno više nego kod benzinskih. Od izgaranja 1 kg dizelskog goriva u atmosferu izlazi 4 grama  $\text{SO}_2$ , a kod benzinskog goriva 0,26 grama  $\text{SO}_2$ . U Europi je trend emisija sumpornih oksida u konstantnom padu što se može vidjeti na slici 2.2.1. Razlog pada izražen je zbog kemijskog inženjerstva odnosno zbog povećanja kvalitete goriva i uklanjanja sumpora iz goriva. [5,7]



Slika 2.2.1. Trendovi ispuštanja štetnih spojeva u atmosferu prema EEA [7]

Ugljikovodici (HC) sastojci su benzinskih i dizelskih goriva, a kao izlazni produkti iz ispušnih sustava motornih vozila nastaju zbog nepotpuno izgaranja. Neugodnog su mirisa te utječu na stvaranje smoga. Vrsta motora, starost vozila, uvjeti rada i opterećenja, sastav i vrsta goriva te mazivih ulja u najvećoj mjeri utječu na emisije ugljikovodika. Zbog male brzine vožnje koje su tipične za gradsku vožnju dolazi do najvećih emisija istih. Benzen je iznimno zapaljiv, lako se odvaja od masnoća te je vrlo otrovan. Upravo se zbog tih razloga njemu pridodaje najveća pažnja, a velik problem predstavlja i to što je u smjesi sa zrakom vrlo eksplozivan. U ljudski organizam ulazi preko kože, pluća i probavnog sustava, ali najčešće se unosi inhalacijom. Kod trovanja izaziva simptome kao što su vrtoglavica, pospanost, glavobolja, nepravilan rada srca, zamagljeni vid, oštećenje jetre ili bubrega i slično. Ukoliko se udahne para benzena koncentracije od 2% u razdoblju 5 do 10 minuta rezultira smrću. Prema slici 2.2.1. može se zaključiti da su emisije ugljikovodika (konkretno benzena), za razliku od ostalih štetnih čimbenika, u daljnjem porastu. [5,8]

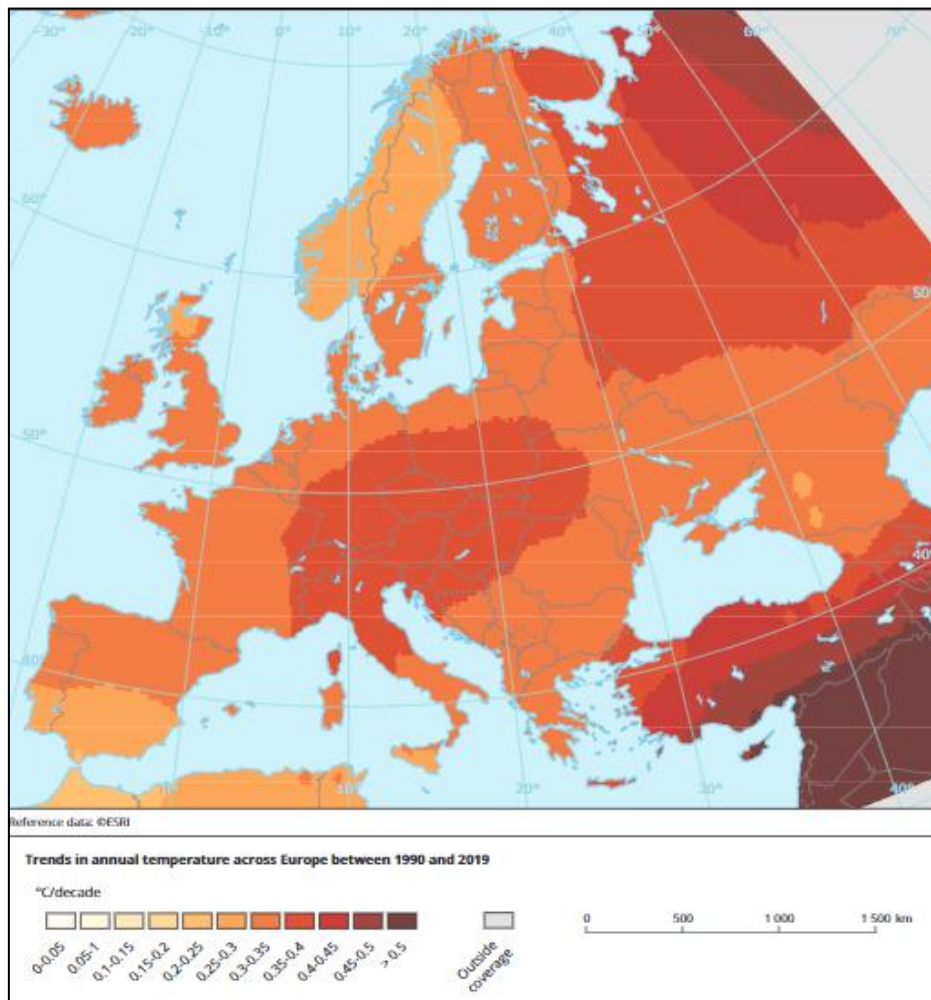
Olovo (Pb) je srebrnoplav metal koji je na svježem zraku sjajan, a pri dužem stajanju na zraku potamni zbog pojave zaštitnog oksidiranog i karboniziranog sloja. Do nedavno je sa svojim spojevima bilo jedan od najvećih onečišćivača zraka. Kod male djece i ljudi s anemijom olovo je vrlo otrovno. Štetno utječe na središnji i periferni živčani sustav, pa rezultira poremećajima u krvi i mozgu. Također zbog taloženja na kostima može imati i kancerogen utjecaj. Kod kemijskog inženjerstva benzinskom gorivu se kao aditiv dodaju olovo i njegovi spojevi radi bolje otpornosti na detonacije. Prema tome se vidi jasna razlika u padu (za 98%) udjela olova i njegovih spojeva iz benzinskih vozila u Hrvatskoj u razdoblju od 1990. do 2004. godine što je vidljivo na slici 2.2.1.. Zbog korištenja bezolovnog benzina, kao jedinog goriva koje se može koristiti kod benzinskih vozila s katalizatorom od 2004. do danas emisije olova su relativno konstantne. [5]

Krute čestice (PM) poput čađe i dima stvaraju najviše opasnosti za sigurnost prometa iz razloga što utječu na vidljivost. Sitne čestice ugljika koje nastaju uz visoku temperaturu i smanjen udio kisika nazivaju se čađom. Emisije krutih čestica ovise o kvaliteti goriva pa tako kod izgaranja goriva s visokim udjelima ugljika i vodika dolazi do povećanih emisija čađe. Pravilnim usklađivanjem vremena i količine ubrizganog goriva tijekom jednog ciklusa te dobrim omjerom zraka i goriva moguće je emisije čađe smanjiti na najmanju moguću mjeru. Za razliku od čađe do nastanka smoga dolazi zbog nakupljanja štetnih plinova koji se zbog hladnog zraka u nižim dijelovima atmosfere ne mogu dignuti u više dijelove. Stoga se smog zadržava u nižim dijelovima uzrokuje respiratorne bolesti kod ljudi. Uz to još može uzrokovati oštećenje plućnog tkiva, astmu, propadanje vegetacije i sl. Problem smoga

najizraženiji je u velikim svjetskim gradovima koji se različitim mjerama bore protiv zagađenja zraka. [5,8]

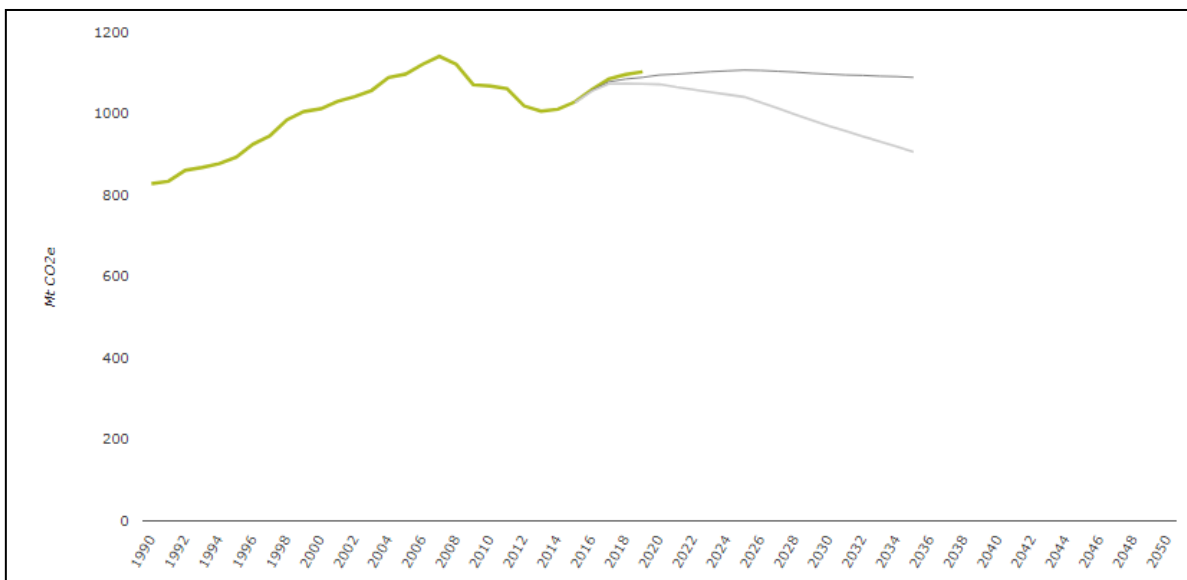
### 2.3. Efekt staklenika

Neki od ovih gore navedenih sastojaka ispušnih plinova iz vozila poput vodene pare, ugljikovog dioksida, metana, sumporovog dioksida i slično utječu na pojavu globalnog zagrijavanja Zemljine atmosfere. Takvi plinovi nazivaju se stakleničkim plinovima, a efekt zagrijavanja Zemljine atmosfere "efektom staklenika". Oni reflektiraju Zemljino dugovalno zračenje natrag pa je stoga prosječna temperatura na Zemlju viša za oko 36°C. Trenutno iznosi +16°C, a bez efekta staklenika bila bi -19°C. Na slici 2.3.1. naznačen je porast temperature u Europi od 1990. do 2019. godine.



**Slika 2.3.1.** Povećanje temperature zraka u Europi od 1990. do 2019. godine. [9]

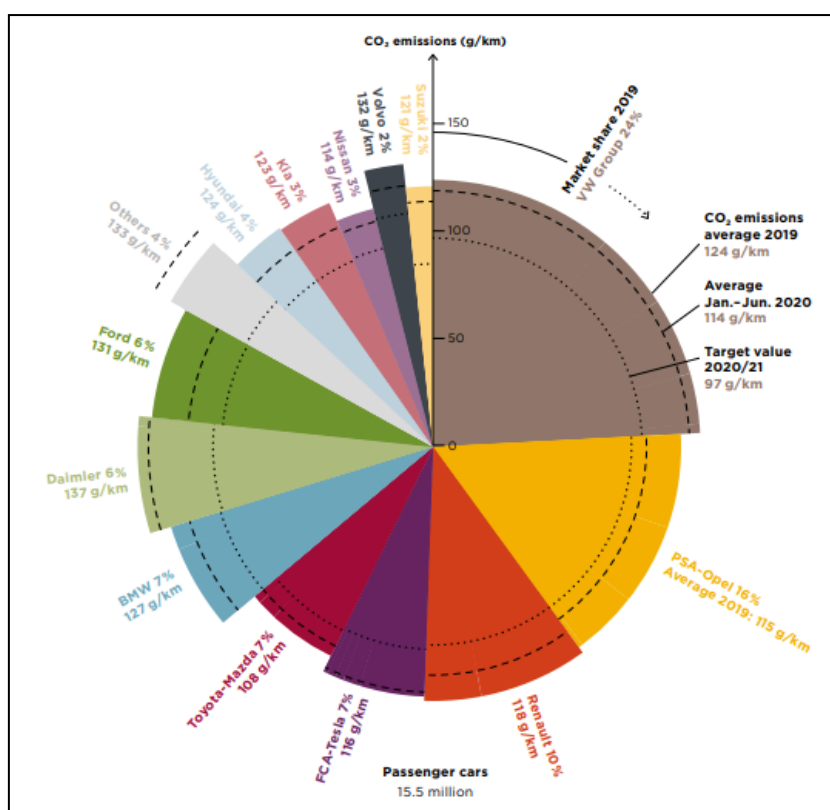
Vremenske prilike su sve ekstremnije što se vidi na sve blažim zimama, sve sušnijim ljetima, smanjenju ledenih površina itd. Vidjevši probleme koji se javljaju države potpisnice Konvencije o klimi 1997. godine usvojile su Kyotski protokol kojim se dogovorilo smanjenje emisija stakleničkih plinova. Ratificiralo ga je 55 država te je stupio na snagu 2005. godine. Od 1990. do 2016. godine Europska unija je smanjila emisije stakleničkih plinova za 22,4%. Velika Britanija i Njemačka činile gotovo polovicu ukupnog neto smanjenja. Cilj je da ukupno smanjenje do 2030. godine neto bude 55%. Emisije stakleničkih plinova iz transporta u EU povećale su se u 2018. i 2019. godini i nisu slijedile opći trend smanjenja (slika 2.3.2.). Potrebne su daljnje mjere posebno u cestovnom prijevozu koji najviše doprinosi transportnim emisijama. Mjerenje ukupne emisije stakleničkih plinova koju uzrokuje neka osoba, proizvod ili tvrtka vrši se tzv. "ugljičnim otiskom" (engl. carbon footprint). U ugljični otisak uključeno je šest stakleničkih plinova određenih Kyotskim protokolom, a to su ugljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ), fluorougljikovodici (HFC), dušikov oksid ( $\text{N}_2\text{O}$ ), perfluorougljici (PFC) i sumporov heksafluorid ( $\text{SF}_6$ ). Množenjem emisija svakog od njih sa njegovim stogodišnjim potencijalom globalnog zagrijavanja dobiva se parametar ekvivalenta ugljikovog dioksida ( $\text{CO}_2\text{e}$ ). Njime se uspoređuje njihov učinak u odnosu na jednu jedinicu  $\text{CO}_2$ . [10,11]



**Slika 2.3.2.** Razina emisija stakleničkih plinova iz prometa u EU [11]

## 2.4. Emisije kod pojedinih grupacija vozila

Pregledom najnovijih dostupnih statistika NEDC-a (engl. New European Driving Cycle) o CO<sub>2</sub> emisijama iz novih vozila može se vidjeti da su vozila prodana 2019. godine imala za 1 g/km veću razinu u odnosu na godinu ranije. Od 2019. prosječne emisije CO<sub>2</sub> morat će se smanjivati za 11,9% godišnje kako bi se ispunile ciljeve za 2021. godinu. Tržišni udjeli dizelskog goriva nastavili su padati, s 36% u 2018. na 31% u 2019. Elektrificirani pogonski sklopovi koji su se istodobno uveli u hibridno-električna vozila (HEV) porasli su s 3,4% na 3,7%, priključna hibridna električna vozila (PHEV - engl. Plug-in Electric Vehicle) ostala su stabilna na 1,2%, a baterijska električna vozila (BEV - engl. Battery Electric Vehicle) porasla su s 1,3% na 2,2%. Ostali pogonski sklopovi, uglavnom komprimirani prirodni plin i vozila na ukapljeni naftni plin, činili su 1,6% tržišta. Na slici 2.4.1. je prikazano 13 glavnih proizvođača koji predstavljaju oko 96% ukupne prodaje automobila u EU u 2019. godini. Mogu se vidjeti stanja emisije svake od grupacija iz 2019. gledajući na ciljeve u 2020./21.. [12, 13]



Slika 2.4.1. Emisije CO<sub>2</sub> iz novih osobnih automobila u Europi u 2019. godini [13]

Prema zadanim projekcijama napravljena je tablica 2.4.2. u kojoj su podaci sa slike 2.4.1. prikazani brojačno. Toyota-Mazda imala je najniže emisije CO<sub>2</sub> od svih glavnih proizvođača i

bila je najbliža svojoj graničnoj vrijednosti 2020./21.. Grupacija FCA-Tesla (engl. Fiat Chrysler Automobiles) zabilježila je najveći pad (6 g/km) zbog peterostrukog povećanja broja registracija Tesle od 2018. do 2019. godine. Bez Tesle, imali bi prosječnu emisiju CO<sub>2</sub> od 6 g/km. Ford je zabilježio najveći porast emisije CO<sub>2</sub> na 8 g/km dok je Suzuki je bio u najgoroj poziciji da ispuni svoj cilj, s preostalim smanjenjem od 36 g/km (29%), ali vjerojatno će dobiti izuzeće. Ford i Daimler bili su na drugom i trećem mjestu po udaljenosti od cilja. Prosječne emisije CO<sub>2</sub> morat će se smanjiti za 26 g/km (21%). [12,13]

**Tablica 2.4.2.** CO<sub>2</sub> emisije pojedinih grupacija i potrebne promjene [12]

Grupacije	Udio na EU tržištu	Prosječna masa vozila [kg]	CO <sub>2</sub> vrijednosti [g/km],NEDC			
			Prosjek 2019.	Promjena 2018.-2019.	Cilj 2020./21.	Potrebna promjena
Toyota-Mazda	7%	1,365	108	-2	95	13 (12%)
Nissan	3%	1,391	114	-1	95	19 (16%)
PSA - Opel	16%	1,288	115	1	92	23 (20%)
FCA - Tesla	6%	1,360	116	-6	94	22 (19%)
Renault	11%	1,299	118	5	92	26 (22%)
Suzuki	2%	1,092	121	7	85	36 (29%)
<b>PROSJEK</b>	<b>100%</b>	<b>1,421</b>	<b>122</b>	<b>1</b>	<b>96</b>	<b>26 (21%)</b>
Kia	3%	1,362	123	2	94	29 (23%)
Hyundai	4%	1,357	124	0	94	30 (24%)
VW Group	24%	1,453	124	2	97	27 (21%)
BMW	6%	1,616	127	1	103	24 (19%)
Ford	6%	1,466	131	8	98	33 (25%)
Volvo	2%	1,796	132	0	109	23 (18%)
Daimler	6%	1,592	137	3	102	35 (25%)

### 3. Europske norme zaštite okoliša

Potreba za održivim cestovnim prometom postoji već od 80-ih godina prošlog stoljeća, a prvi ekološki standardi u Europi vezani uz motorna vozila pojavili su se 1970. godine kada su bile ograničene samo emisije ugljičnog monoksida (CO) i ugljikovodika (HC). Kasnije se, 1977. godine uvode ograničenja za emisije dušikovih oksida za benzinske. Tek 11 godina kasnije uvode se ograničenja za količina krutih čestica dizelskih motora. Od 1992. godine javlja se naziv Euro za propise koji određuju razine dopuštenih emisija. Tada je uveden Euro 1 standard nakon kojeg se pojavio niz normi sve do današnjeg Euro 6 koji je uveden 2014. godine. Razlog uvođenja ovih normi je onečišćenje zraka za čije su glavni krivci promet, a tek onda industrija i proizvodnja električne energije. Glavni zadatak uvođenja je smanjenje emisija stakleničkih plinova poput ugljikovog dioksida (CO<sub>2</sub>), dušikovih oksida (NO<sub>x</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), fluorouglikovodika (HFC), perfluorouglijika (PFC) i sumporovog heksafluorida (SF<sub>6</sub>). Društvo proizvođača i trgovaca motornih vozila (SMMT - engl. Society of Motor Manufacturers and Traders) iznijelo je činjenicu da bi danas bilo potrebno 50 novih automobila da proizvedu jednaku količinu emisije onečišćujućih tvari kao jedno vozilo proizvedeno sedamdesetih. Kako sastojci benzinskog i dizelskog goriva nisu isti tako ni njihove emisije u okoliš nisu iste. Zbog toga oni podliježu različitim standardima (tablica 3.1. i tablica 3.2.). [14]

**Tablica 3.1.** Granične vrijednosti štetnih emisija dizelskih vozila M1\* kategorije [15]

Euro standard	Na snazi od	CO	HC	HC + NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM	PN
		[g/km]					[#/km]
EURO 1†	07.1992.	2,72 (3,16)	-	0,97 (1,13)	-	0,14 (0,18)	-
EURO 2,IDI	01.1996.	1,00	-	0,70	-	0,08	-
EURO 2, DI	01.1996. <sup>A</sup>	1,00	-	0,90	-	0,10	-
EURO 3	01.2000.	0,64	-	0,56	0,50	0,05	-
EURO 4	01.2005.	0,50	-	0,30	0,25	0,025	-
EURO 5a	09.2009. <sup>B</sup>	0,50	-	0,23	0,18	0,005 <sup>F</sup>	-
EURO 5b	09.2009. <sup>C</sup>	0,50	-	0,23	0,18	0,005 <sup>F</sup>	6,0×10 <sup>11</sup>
EURO 6	09.2014.	0,50	-	0,17	0,08	0,005 <sup>F</sup>	6,0×10 <sup>11</sup>



**Tablica 3.2.** Granične vrijednosti štetnih emisija benzinskih vozila M1\* kategorije [15]

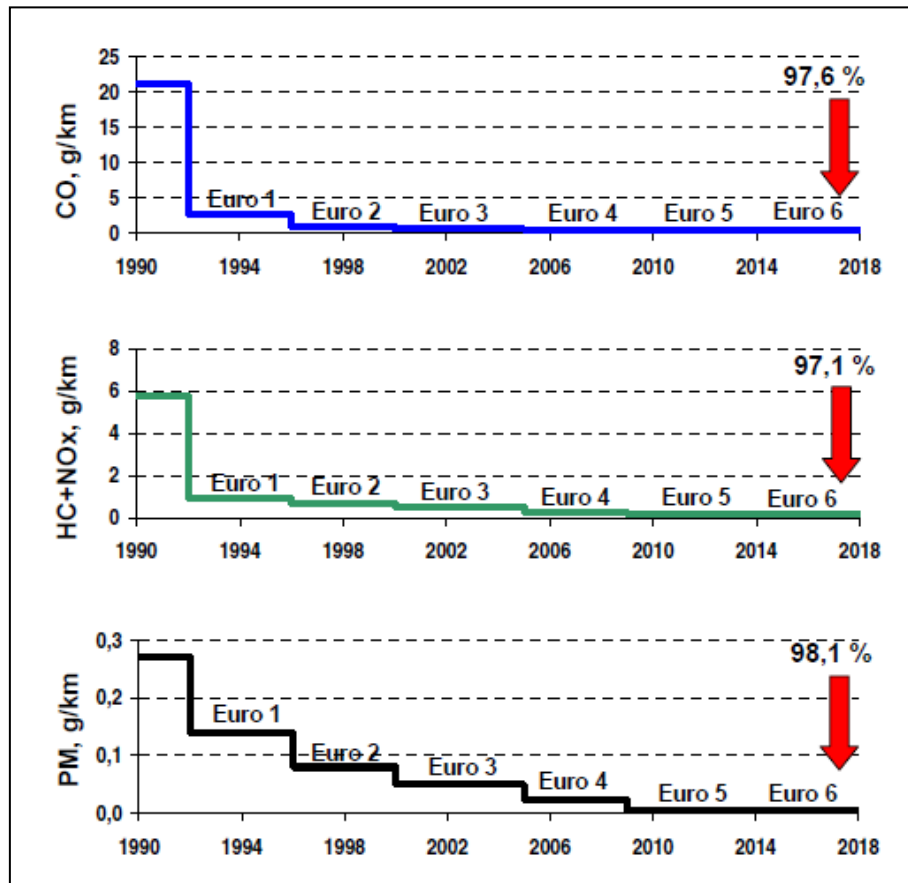
Euro standard	Na snazi od	CO	HC	HC + NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM	PN
		[g/km]					[#/km]
EURO 1†	07.1992.	2,72 (3,16)	-	0,97 (1,13)	-	-	-
EURO 2	01.1996.	2,20	-	0,50	-	-	-
EURO 3	01.2000.	2,30	0,20	-	0,15	-	-
EURO 4	01.2005.	1,00	0,10	-	0,08	-	-
EURO 5	09.2009. <sup>B</sup>	1,00	0,10 <sup>D</sup>	-	0,06	0,005 <sup>E,F</sup>	-
EURO 6	09.2014.	1,00	0,10 <sup>D</sup>	-	0,06	0,005 <sup>E,F</sup>	6,0×10 <sup>11</sup> E,G

Napomene koje vrijede za tablicu 3.1. i tablicu 3.2. su:

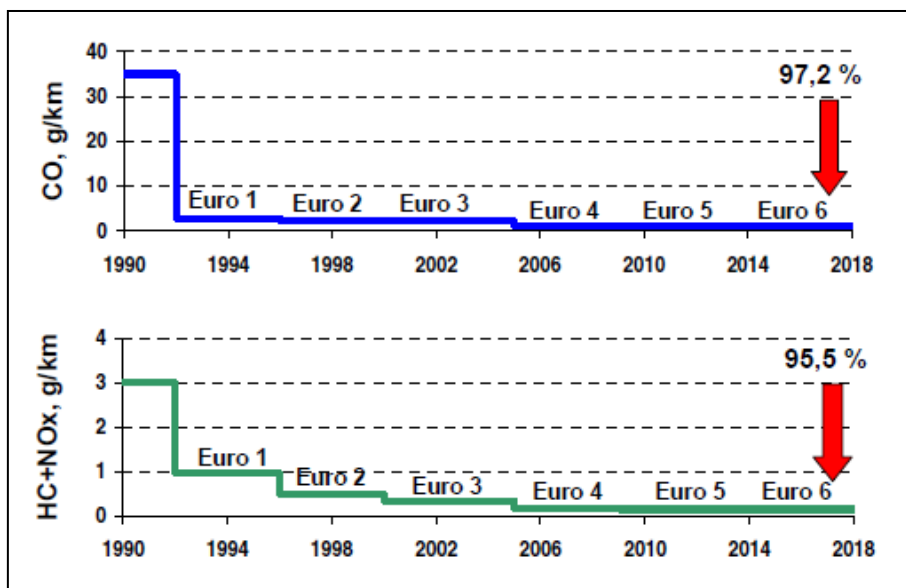
- \* → od euro 1 do euro 4 standarda osobna vozila preko 2500 kg kategoriziraju se pod oznakom N<sub>1</sub>,
- † → vrijednosti u zagradama su granice sukladnosti proizvodnje (COP - engl. Conformity Of Production),
- A → vrijedi do 30.09.1999., a nakon tog datuma motori sa direktnim ubrizgavanjem DI (engl. Direct Injection) moraju zadovoljavati ograničenja indirektnog ubrizgavanja IDI (engl. Indirect Injection Diesel),
- B → nakon siječnja 2011. vrijedi za sve modele,
- C → nakon siječnja 2013. vrijedi za sve modele,
- D → i vrijednost ne metanskih ugljikovodika NMHC= 0,068 g/km (engl. Non - Methane Hydrocarbons),
- E → primjenjivo samo na vozila koja koriste DI motore,
- F → 0,0045 g/km ako se koristi PMP (engl. Particle Measurement Programme) metoda mjerenja,
- G → 6,0×10<sup>12</sup> #/km u prve tri godine od datuma stupanja na snagu Euro 6. [15]

Na temelju ovih normi došlo se do znatnih smanjenja štetnih emisija što se u slučaju dizelskih motora može vidjeti na slici 3.3., a u slučaju benzinskih motora na slici 3.4.. Veliki skokovi od oko 80 % smanjenja mogu se zapaziti već nakon uvođenja Euro 1. Od početka uvođenja Euro normi do 2018. godine vidi se smanjenje razina ugljikovog monoksida za 97,6% kod dizelskih vozila i 97,2% kod benzinskih vozila M1 kategorije. U M1 skupinu vozila spadaju motorna vozila za prijevoz putnika koja osim sjedišta vozača imaju još najviše 8 sjedišta i manje od 3500 kg. Promjena ugljikovodika i dušikovih oksida kod M1 vozila s

dizelskim motorima je za 97,1%, a kod vozila s benzinskim motorima 95,5%. Za dizelska vozila još vrijedi istaknuti smanjenje emisija krutih čestica (PM) za 98,1%. Osim mase krutih čestica i čađe (PM) nakon uvođenja Euro 5 mjeri se i količina krutih čestica (PN - engl. Particle Number). Vrijednosti ostalih emisija izražava se u gramima po kilometru (g/km), a vrijednost PN izražava se kao količina po kilometru (#/km).



Slika 3.3. Smanjenje štetnih emisija dizelskih vozila M1 kategorije [16]



Slika 3.4. Smanjenje štetnih emisija benzinskih vozila M1 kategorije [16]

### 3.1. Euro 1 norma (EC39)

Euro 1 standard ili norma EC39 prva je uvedena norma u srpnju 1992. godine. Kao prvi standard nije bio ni približno strog kao današnji standardi. Za označavanje maksimalnih količina štetnih tvari prije njega obično se u literaturi spominje Euro 0. Razine Euro 0 u dijagramima (slike 3.3. i 3.4.) su dobivene nakon naknadnih ispitivanja vozila i preračunavanjem na današnje standarde. U nova vozila bila je obavezna ugradnja katalizatora (slika 3.1.1.) kako bi se reducirale emisije ugljičnog monoksida (CO). Također, jedan od zahtjeva je prelazak na bezolovno benzinsko gorivo. Prema tablicama 3.1. i 3.2. emisijske granice kod Euro 1 standarda su iznosile  $CO < 2,72 \text{ g/km}$  i  $HC+NO_x < 0,97 \text{ g/km}$  za benzinska i dizelska vozila te  $PM < 0,14 \text{ g/km}$  samo za dizelska vozila. [14,16,17]



Slika 3.1.1. Primjer katalizatora [17]

### **3.2. Euro 2 norma (EC96)**

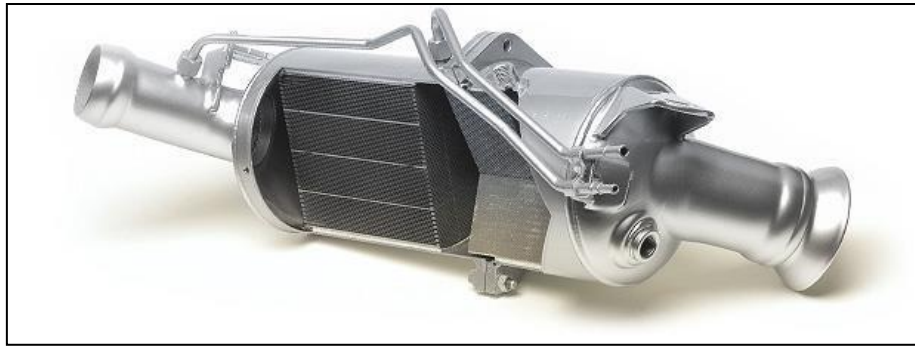
Uvođenjem norme Euro 2 1996. godine nastavilo se pooštravati već postojeće Euro 1 standarde. Emisije su se još uvijek ograničavale samo na ugljikov monoksid (CO) te na ne izgorjele ugljikovodike i dušikove okside (HC+NO<sub>x</sub>) za benzinske i dizelske motore te PM za dizele. Norme za benzinske i dizelske motore razlikovale su se zbog nejednolikih emisija. Isključivo za dizelska vozila Euro 2 standardi su se mijenjali pa su tako motori s direktnim ubrizgavanjem DI (engl. Direct Injection) nakon 30. rujna 1999. morali zadovoljavati ograničenja indirektnog ubrizgavanja IDI (engl. Indirect Injection Diesel). Euro 2 emisijske granice za benzinska vozila su iznosile CO<2,2 g/km, HC+NO<sub>x</sub><0,5 g/km. Za dizelske motore su iznosile CO<1,0 g/km, HC+ NO<sub>x</sub><0,7 g/km i PM<0,08 g/km. [14,17]

### **3.3. Euro 3 norma (EC2000)**

Euro 3 (EC2000) nastavio je s ograničavanjem vrijednosti ugljikovodika i dušikovog oksida za benzinske i dizelske motore. Također dodane su posebne granice dušikovitih oksida (NO<sub>x</sub>) za dizelska vozila. Iz ispitivanja je izbačeno vrijeme zagrijavanja vozila kako bi se dobili točniji podaci. Prema tablici 3.2. može se vidjeti da su za benzinske motore emisije ugljikovodika i dušikovitih oksida razdvojene u posebne kategorije. Novim Euro 3 standardom granice dozvoljenih emisija za benzinske motore su CO<2,3 g/km, HC<0,20 g/km i NO<sub>x</sub><0,15 g/km. Za dizelske motore su dozvoljene granice smještene su na CO<0,64 g/km, HC+NO<sub>x</sub><0,56 g/km, NO<sub>x</sub><0,50 g/km, a za PM na <0,05 g/km. [14,17]

### **3.4. Euro 4 norma (EC2005)**

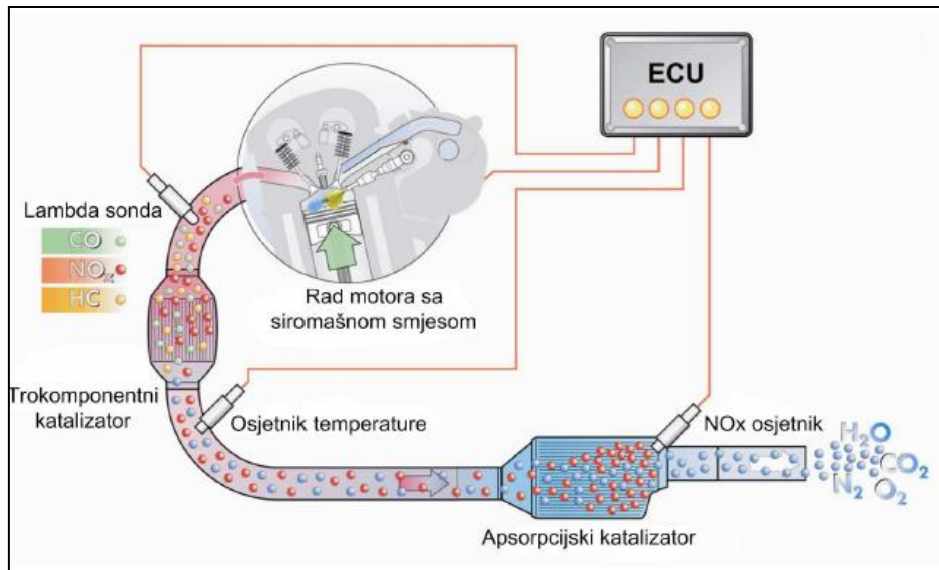
Euro 4 zajedno sa naknadnom Euro 5 normom bazirao se na smanjenje emisija dizelskih motora, posebice na smanjenje krutih čestica (PM) i dušikovitih oksida (NO<sub>x</sub>). Kod benzinskih vozila ograničenje za CO smanjeno na <1,0 g/km, HC na <0,10 g/km i NO<sub>x</sub> na <0,08 g/km. Za dizelska vozila dozvoljene emisije smanjene su na CO<0,50 g/km, HC+NO<sub>x</sub><0,30 g/km, NO<sub>x</sub><0,25 g/km i PM<0,025 g/km. Za postizanje ovih ograničenja na dizelskim vozilima u ispušne sustave su se počeli ugrađivati filteri čestica (slika 3.4.1.) koji uklanjaju čađu koja nastaje izgaranjem goriva u motoru. Kasnije su Euro 5 normom, isti pod kraticom DPF (engl. Diesel Particulate Filter), postali obavezni. [17]



**Slika 3.4.1.** Primjer filtera čestica u dizelskim vozilima [17]

### **3.5. Euro 5 norma**

Primjena norme Euro 5 počela je od rujna 2009. godine. S obzirom na Euro 4 smanjena dopuštena emisija  $\text{NO}_x$  kod benzinskih vozila i prvi put je samo za direktno ubrizgavanje ograničena količina čestica. Kod dizelskih motora je također smanjena emisija  $\text{NO}_x$ -a i količina emisijskih čestica. Također dizelska vozila moraju sadržavati DPF sa slike 3.4.1.. Kod benzinskih motora koji rade sa strogo stehiometrijskom gorivom smjesom ( $\lambda=1$ ) za smanjenje štetnih ispušnih emisija primjenjuje se trokomponentni katalizator prikazan na slici 3.5.1.. Trokomponentni katalizator reducira količine HC, CO i  $\text{NO}_x$ , za slučaj da je smjesa siromašna ( $\lambda_{\text{max}} \approx 3$ ) dodatno se koristi i apsorpcijski. S obzirom da dizelski motori rade s velikim pretičkom zraka rješenje sa trokomponentnim katalizatorom koji se koristi kod benzinskih motora ne zadovoljava funkciju smanjenja  $\text{NO}_x$ -a. Isti principi kod benzinskih vozila se koriste i zadovoljavaju Euro 6 standard. DPF-ovi hvataju 99% svih čestica i ugrađeni su u svaki novi dizel automobil. Za homologacije koje su obavljane od rujna 2011. (Euro 5b) i nove automobile od siječnja 2013. za dizelska vozila podlijegalo je novo ograničenje broja čestica PN. Dopuštene emisijske granice Euro 5 za benzinske motore ograničavaju emisije štetnih produkata iz ispuha na  $\text{CO} < 1,0 \text{ g/km}$ ,  $\text{HC} < 0,10 \text{ g/km}$ ,  $\text{NO}_x < 0,06 \text{ g/km}$  i  $\text{PM} < 0,005 \text{ g/km}$  (direktno ubrizgavanje). Za dizelske motore vrijednost  $\text{CO} < 0,50 \text{ g/km}$  je ostala ista kao kod Euro 4, a ostale vrijednosti su ograničene na  $\text{HC} + \text{NO}_x < 0,23 \text{ g/km}$ ,  $\text{NO}_x < 0,18 \text{ g/km}$ ,  $\text{PM} < 0,005 \text{ g/km}$  i  $\text{PN} < 6,0 \times 10^{11} \#/\text{km}$ . Automobili koji udovoljavaju Euro 5 standardima emitiraju ekvivalent jedne zrnice pijeska po prijeđenom kilometru. Procjene Europske komisije bile su da će se cijene vozila uslijed prelaska s Euro 4 na rigorozniji Euro 5 povećati za 377 € za vozila s dizelskim motorom, a za 51 € za one s benzinskim motorom. [14,16,17]



**Slika 3.5.1.** Shematski prikaz redukcije ispušnih plinova benzinskih vozila sa trokomponentnim i apsorpcijskim katalizatorom [16]

### 3.6. Euro 6 norma

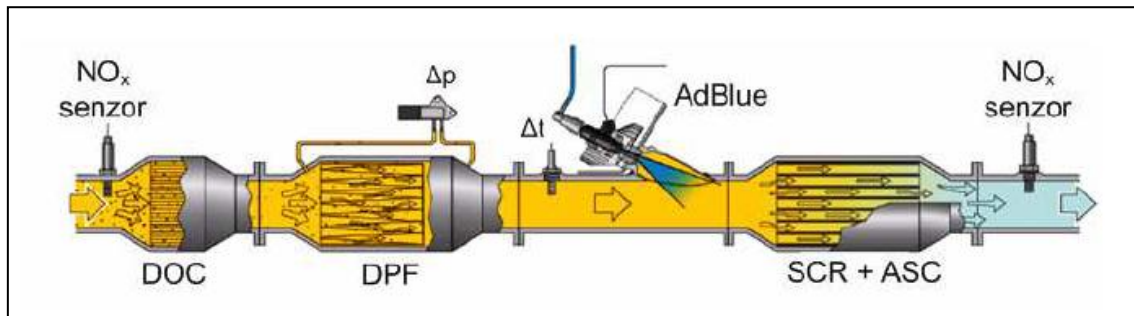
Euro 6 je trenutni standard koji je na snazi od rujna 2014. godine i nameće daljnje smanjenje (67% u odnosu na Euro 5) NO<sub>x</sub> emisija iz dizelskih vozila. Neke od studija povezuju NO<sub>x</sub> sa pojavom respiratornih problema kod ljudi. Sa Euro 6 normom emisije za benzinske motore ne smiju prelaziti granice za CO < 1,0 g/km, HC < 0,10 g/km, NO<sub>x</sub> < 0,06 g/km, PM < 0,005 g/km (direktno ubrizgavanje) i PN < 6,0 × 10<sup>11</sup> #/km (direktno ubrizgavanje), a za dizelske motore ne smiju prekoračiti vrijednosti za CO < 0,50 g/km, HC+NO<sub>x</sub> < 0,17 g/km, NO<sub>x</sub> < 0,08 g/km, PM < 0,005 g/km i PN < 6,0 × 10<sup>11</sup> #/km. Postizanje ovih razina emisija predstavlja probleme za proizvođače automobila jer promjena uvjeta izgaranja kako bi se smanjile NO<sub>x</sub> emisije može uzrokovati povećanje emisija čestica i obrnuto. Stoga se pojavila ideja za recirkulacijom ispušnih plinova (EGR - engl. Exhaust Gas Recirculation) kojim se dio usisnog zraka zamjenjuje sa recikliranim ispušnim plinovima. To uzrokuje smanjenje količina dušika koji bi oksidirao u NO<sub>x</sub> spojeve. [8,17]

#### 3.6.1. Euro 6 kod dizelskih vozila

Za postizanje Euro 6 standarda u dizelskim vozilima koriste se:

- oksidacijski katalizatori DOC (engl. Diesel Oxydation Catalyst) kojima se reduciraju NO<sub>x</sub> emisije,

- selektivnom katalitičkom redukcijom SCR (engl. Selective Catalytic Reduction). Upotrebom i ubrizgavanjem aditiva koji sadrži ureu u ispušni sustav  $\text{NO}_x$  se pretvara u dušik i vodu.,
- upotrebom i ubrizgavanjem tekućine, u spremnik goriva prilikom svakog punjenja čijim, djelovanjem se pomaže u regeneraciji DPF-a snižavanjem temperature potrebne za regeneraciju. [8]



**Slika 3.6.1.1.** Shematski prikaz Euro 6 ispušnog sustava kod dizelskih vozila [16]

Korištenjem selektivne katalitičke redukcije (SCR) vrući ispušni plinovi se unutar ispušnog sustava naknadno kemijski obrađuju. SCR katalizator u kombinaciji s AdBlue-om, koji je mješavina uree i vode, kemijskom reakcijom pretvara dušikove okside u dušik i vodu. Time se od štetnih i opasnih spojeva dobivaju neopasni. SCR sustavom smanjuju se emisije  $\text{NO}_x$  do 90% i poboljšava se kvaliteta zraka. Na slici 3.6.1.1. prikazana je shema sustava sa SCR-om gdje se dizelski oksidacijski katalizator (DOC) koristi za smanjenje količine  $\text{NO}_x$ , DPF služi za akumuliranje čestica i njihovo naknadno izgaranje, a SCR+ASC katalizator (engl. Ammonia Slip Catalyst) služi za smanjenje emisija  $\text{NO}_x$ . AdBlue je naziv za ispušnu tekućinu koja se koristi kod dizel vozila (DEF - engl. Diesel Exhaust Fluid). AdBlue je bezbojna, netoksična otopina proizvedena sintetičkim putem omjerom od 32,5% čiste uree i demineralizirane vode. Vozila mogu koristiti bilo koju AdBlue tekućinu koja odgovara normi ISO 22241-1 (engl. International Organization for Standardization). AdBlue tekućina može se kupiti na većini europskih benzinskih postajama i trgovina s opremom za motorna vozila. Tekućina ima zaseban spremnik u koji se AdBlue nalijeva kroz otvor koji je najčešće uz otvor za točenje goriva (slika 3.6.1.2.) ili u prtljažnom prostoru što ovisi o proizvođaču vozila. Propisano je da spremnik AdBlue ne smije biti prazan kako bi se osigurala provedba smanjenja dušikovih oksida. Proizvođači automobila ogradili su se mjerama koje sprječavaju pokretanje vozila ukoliko je spremnik prazan, ali se najprije vozača upozorava da je razina u spremniku niska. [15,16]

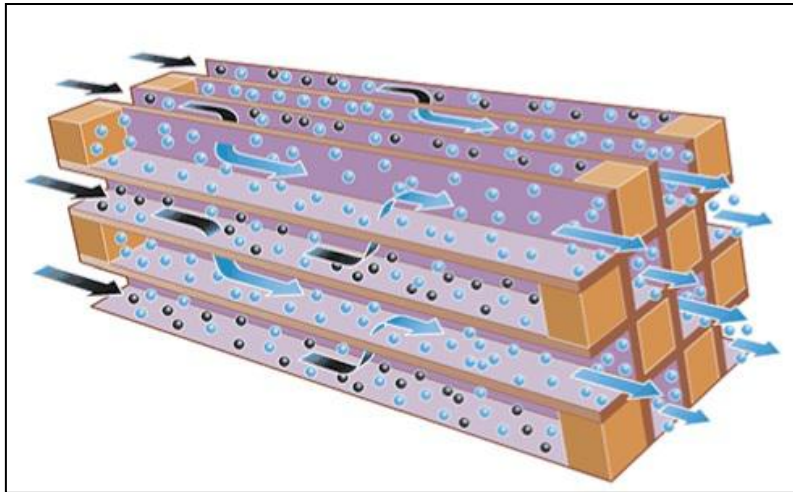


**Slika 3.6.1.2.** Otvor za točenje AdBlue tekućine [15]

### **3.6.2. Euro 6 kod benzinskih vozila**

U najnovijim benzinskim vozilima koja koriste motore s izravnim ubrizgavanjem omjeri goriva i zraka u smjesi su najhomogeniji što znači da se stvara još više krutih čestica. Kako bi se zadovoljila ograničenja propisana Euro 6 normom izvedena je inačica Euro 6c. Euro 6c standardom omogućava se smanjenje mase (PM) i količine (PN) čestica. Iz tog razloga se u benzinska vozila iza katalizatora ugrađuju filteri za čestice benzina. Filter za čestice benzina se sastoji od puno malih kanala kroz koje struje ispušni plinovi (slika 3.6.2.1.). Stranice filtera za čestice benzina su porozne te ispušni plin struji kroz njih, a čestice se zadržavaju u kanalima. Kanali su na krajevima zatvoreni te se čestice se talože na premazu ulaznih otvora. Naslage čađe s vremenom začepljuju filter čestica benzina pa je iz tog razloga potrebna tzv. regeneracija (slična regeneraciji DPF-a). To se javlja iz razloga što je temperatura ispušnih plinova viša od temperature zapaljenja čađe. Čestice ugljika se oksidacijom odnosno izgaranjem pretvaraju u ugljikov dioksid. Čestice čađe izgaraju na temperaturama iznad 600°C što često nije slučaj pa se temperatura programski namjerno povećava, a da to vozač ni ne primijeti. [15]





**Slika 3.6.2.1.** Kanali kod filtera čestica benzina [15]

### 3.6.3. Euro 6d norma

U zadnjih nekoliko godina sve se više spominju nove inačice poput Euro 6d, Euro 6d-TEMP, Euro 6d-TEMP-EVAP-ISC, Euro 6d-ISC-FCM i mnoge druge koji se mogu vidjeti u tablici 3.6.3.1.. Glavni razlog ažuriranja norme Euro 6 je skandal Volkswagena s lažiranjem emisija na testovima. Skandal je prozvan "Dieselgate" ili "Emissionsgate", a u javnost je izašao 2015. godine. [18]

**Tablica 3.6.3.1.** Ažuriranja norme Euro 6d za vozila M1 i N1 kategorije [18]

Euro standard	Obavezno za odobrenje novih vozila	Obavezno za prvu registraciju novih vozila	Kraj valjanosti
Euro 6d-TEMP	-	01.07.2017.	31.08.2019.
Euro 6d-TEMP-EVAP	-	-	31.08.2019.
Euro 6d-TEMP-ISC	01.01.2019.	-	31.08.2019.
Euro 6d-TEMP-EVAP-ISC	01.09.2019.	01.09.2019.	31.12.2020.
Euro 6d	-	-	31.08.2019.
Euro 6d-ISC	-	-	31.12.2020.
Euro 6d-ISC-FCM	01.01.2020.	01.01.2021.	do daljnjeg

Naime, neovisnim ispitivanjima utvrđeno je da su stvarne emisije zapravo višestruko veće laboratorijskih. Stoga je 2017. zastarjeli način mjerenja NEDC zamijenjen sa WLTP (engl. Worldwide Harmonized Light Duty Vehicles Test Procedure) postupkom. Time je naznačeno

uvođenje Euro 6d-TEMP standarda, a zajedno sa WLTP-om stiglo je mjerenje stvarnih emisija u vožnji RDE (engl. Real Driving Emissions). Granične vrijednosti emisija dušikovih oksida NO<sub>x</sub> za prema WLTP-u su 80 mg/km za dizelske motore i 60 mg/km benzinske motore. Prilikom RDE mjerenja dizelska vozila mogu emitirati do 168 mg/km, a benzinska do 126 mg/km. Jasno se može zaključiti da su emisije u stvarno prometu nešto veće u odnosu na ispitivanja na ispitnom stolu. Za usporedbu ova dva tipa mjerenja uveden je faktor sukladnosti CF koji se ne smije prekoračiti. Za Euro 6d-TEMP faktor sukladnosti iznosi 2,1 dok se smanjenjem ovog faktora na 1,43 prelazi na bolji Euro 6d. Stvarne emisije za dizelske automobile moraju ostati ispod 114,4 mg/km, a benzinski moraju zadržati emisiju NO<sub>x</sub> ispod 85,8 mg/km. [18,19]

Nakon Euro 6d standarda promjene u Europi nisu stale već su se pojavile nove izmjene. Izmjene zahtijevaju mjerenja emisija isparavanja EVAP (engl. The Evaporative Emission Control System) tijekom 48 sati. Mjerenje emisije EVAP uzima u obzir emisije ugljikovodika (HC) koje se javljaju tijekom vožnje i parkiranja. Iz benzinskih vozila ne smije izlaziti više od 2 grama ugljikovodika tijekom 48 sati. Dizelska vozila ne trebaju izvoditi postupak ispitivanja EVAP jer dizel nije hlapljiv, ali standard ostaje isto. Također je dodana ISC (engl. In Service Conformity) provjera stvarnih emisija vozila u prometu tijekom 5 godina ili 100 000 km nakon prve registracije. [18,19]

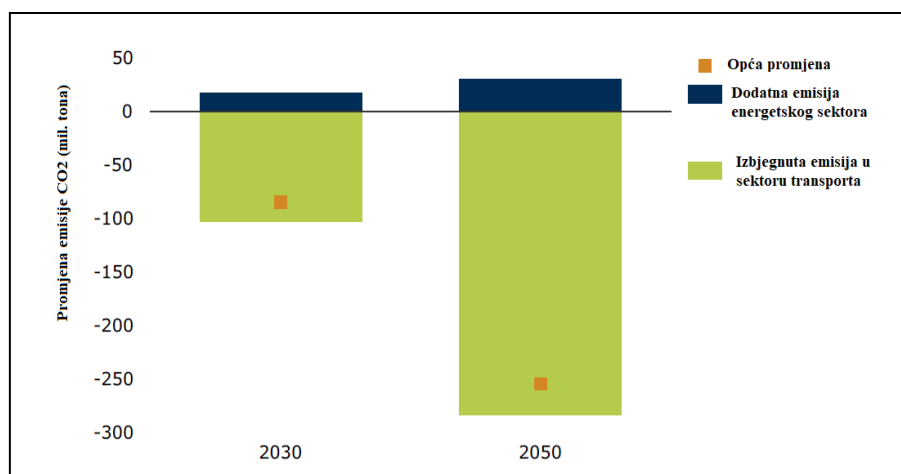
Norma Euro 6d-ISC-FCM zadnja je i trenutna norma koja je stupila na snagu, za sva novo registrirana vozila, 01.01.2021.. Proizvođači vozila mora koristiti slučajne ISC uzorke kako bi pokazali da automobili koji su već u pogonu također udovoljavaju zakonskim zahtjevima. Također za benzinska vozila je potreban sustav EVAP kako bi se mjerile emisije ugljikovodika. Dodavanjem kratice FCM (engl. Fuel Consumption Monitoring System) dodaje se novi propis kojim se popisuje sustav za nadzor potrošnje goriva koji sprema podatke o stvarnoj potrošnji goriva tijekom cijelog razdoblja vožnje u automobilu. Te se vrijednosti mogu očitati i procijeniti putem dijagnostičkog sučelja, ali do danas još nije utvrđeno tko, kada i gdje podatke treba očitati i koristiti. Očitavanjem ovih podataka može se provjeriti odstupanje između vrijednosti homologacije i stvarne potrošnje čime potrošač dobiva još realnije informacije o potrošnji. Novi propisi ne koriste se za nadzor vozača već se provjeravaju podaci koje pružaju proizvođači vozila. [18]

### 3.7. Ciljevi i procjene za budućnost

Kako su završila razdoblja za postizanje ciljeva do 2020. i 2021. godine postoje ciljevi za nadolazeće godine. Unatoč postignutom napretku potreba za održivim cestovnim prometom je neizbježna. Ciljevi EU naznačeni su u Uredbi (EU) 2019/631 koja je stupila na snagu 1. siječnja 2020. godine. Pariškim sporazumom dogovoren je cilj za budućnost u skladu s ciljem zadržavanja globalne prosječne temperature koja je za od 2°C manja od razine u preindustrijskom razdoblju. Nastojat će se zadržati to povećanje na 1,5°C iznad te razine. U ciljevima Uredbe se jasno naznačuje da je potrebno drastično smanjiti emisije onečišćivača zraka te da će se na tržištu morati pojaviti vozila s nultim i niskim emisijama te time steći značajan udio do 2030.. Očekivane koristi Uredbe uključuju:

- smanjenje emisija stakleničkih plinova iz cestovnog prometa za 23% u 2030. u odnosu na 2005.,
- ušteda za potrošače od oko 1100 eura tijekom života prosječnog novog automobila kupljenog 2030. i gotovo 4000 eura za prosječno novo kombi vozilo,
- pozitivni utjecaji na zapošljavanje u cjelokupnom gospodarstvu, s oko 60 000 radnih mjesta stvorenih do 2030. i do 80 000 ako se baterije proizvode u EU-u,
- glatki i postupni prijelaz prema mobilnosti s nultim emisijama omogućujući dovoljno vremena da se osigura odgovarajuće prekvalificiranje i preraspodjela radnika u automobilskom sektoru,
- signal za investitore u infrastrukturu za punjenje gorivom i punjenje, što će osigurati da su ispunjeni uvjeti koji omogućuju raspoređivanje vozila s nula i niskim emisijama. [20,21]

Uredbom se predviđa kako smanjiti emisije CO<sub>2</sub> iz cestovnog prometa i kako pomoći u postizanju cilju općeg smanjenja emisija štetnih stakleničkih plinova u ukupnom gospodarstvu do 2030. za najmanje 40% u odnosu na razine iz 1990.. Procjene pokazuju da će do 2050. udio električnih vozila u EU biti oko 80% (do 2030. godine 30%) te se smatra da će se udio onečišćenja iz cestovnog prometa uvelike smanjiti. No većom potrebom za električnom energijom rezultirale bi većim izgaranjem fosilnih goriva u sektoru energetike (slika 3.7.1.) što ne bi značilo da se ukupne emisije CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> i PM smanjuju. Time se korist od električnih vozila za okoliš ne bi u potpunosti ostvarila. [15,22]



**Slika 3.7.1.** Procjene kretanja emisije CO<sub>2</sub> za 2030. i 2050. godinu [15]

Cilj je da se što više iskorištavaju obnovljivi izvori energije jer su izvori fosilnih goriva iz gore navedenih razloga nepovoljni. Smatra se da će alternativna vozila u budućnosti uzrokovati promjenu električne infrastrukture pa je potrebno da se sektori cestovnog prometa i energetike povežu. Određena je i cijena za proizvođače čije CO<sub>2</sub> emisije prelaze dopuštena ograničenja od 95 €/g prijednog odstupanja za svako vozilo. Predviđa se veći broj vozila sa nula i niskim emisijama ZLEV (engl. Zero and Low Emission Vehicles) od kojih do 2030. godine mora biti 35% automobila i 30% kombi vozila. U Uredbi (EU) 2019/631 ZLEV vozila su definirana kao vozila s emisijama između 0 i 50 g/km. S obzirom na ove odredbe neki izvori se slažu da je EU još daleko od ostvarenja vizije o ZLEV vozilima. ZLEV vozila u 2019. je bilo samo 0,25% što govori da bi u sljedećih deset godina porast istih trebao biti pedeset puta. Prema tome vidi se da će prelazak na električna vozila ići sporije od očekivanog. Stoga Europska komisija radi na novom standardu Euro 7 koji će biti predstavljen krajem 2021. godine, a na snagu bi trebao stupiti 1. siječnja 2025.godine. [20,22]

### 3.7.1. Euro 7 norma

Trenutno za benzinska i dizelska vozila vrijede stari emisijski standardi jer su se kroz godine mijenjali samo načini mjerenja. Uvođenjem Euro 7 norme dopuštene vrijednosti benzinskih i dizelskih vozila bi se izjednačile, a zahtijevano smanjenje emisija bi bilo oko 5 puta. Uz to posebno bi se ograničile emisije metana (CH<sub>4</sub>), dušikovog(I) oksida (N<sub>2</sub>O) i amonijaka (NH<sub>3</sub>), koje do sada nisu imale ograničenja. Predviđene promjene sa Euro 6d na Euro 7 mogu se vidjeti u tablici 3.7.1.1.. [23,24]

**Tablica 3.7.1.1.** Promjene dopuštenih ispušnih emisija na normu Euro 7 [24]

	<b>Euro 6d benzin</b>	<b>Euro 6d dizel</b>	<b>Euro 7</b>
NO <sub>x</sub> [g/km]	0,06	0,08	0,03
PN [# /km]	6×10 <sup>11</sup>	6×10 <sup>11</sup>	1×10 <sup>11</sup>
CO [g/km]	1,00	0,50	0,30
CH <sub>4</sub> [g/km]	-	-	0,01
N <sub>2</sub> O [g/km]	-	-	0,01
NH <sub>3</sub> [g/km]	-	-	0,005

Smanjenje štetnih emisija može se postići na 2 načina:

- 1) smanjenjem potrošnje goriva i
- 2) smanjenjem udjela štetnih spojeva u ispušnim plinovima. [23,24]

Smanjenje potrošnje goriva može se ostvariti poboljšanjem aerodinamike, smanjenjem mase vozila, smanjenjem otpora kotrljanja (gume i sl.), obvezom ugradnje 48V blago hibridnog sustava sa Start-Stop funkcijom, ukidanjem mehaničkog pogonskog sustava 4×4 (ostat će samo hibridni 4×4) i dr. Kod vozila s benzinskim motorima udjeli štetnih spojeva u ispušnim plinovima mogu se smanjiti filtrima čestica čađe (GPF - engl. Gasoline Particulate Filter), širom primjenom Atkinsonovog ciklusa (odnosi se na povećanje geometrijskog stupnja kompresije kontroliranjem efektivnog stupnja kompresije) i povišenjem tlakova direktnog ubrizgavanja sa sadašnjih 200 do 300 na 300 do 400 bara. Kod dizelskih vozila poboljšanja se mogu postići unapređenjem Common-rail sustava ubrizgavanja s tlakovima od 2000 do 2500 bara na 2500 do 3000 bara. To će rezultirati pojavom treće generacije sustava za uklanjanje NO<sub>x</sub>-a i AdBlue sustava. Upotrebom materijala sa boljim svojstvima, zatim boljim površinskim oblogama i većom kvalitetom primjenjivih maziva dodatno će se pridonijeti smanjenju otpora trenja (gubici), smanjenju mase karoserije te povećanju ukupne čvrstoće. Samom implementacijom novih tehničkih rješenja doći će do povećanja cijene vozila za 1500 do 3000 eura. Pojedini izvori tvrde da će time vozila sa SUI motorima postati preskupa, neisplativa kako bi se veći broj kupaca prebacio na električna vozila. Kao još jedna od mogućnosti unapređenja razmatra se uvođenje naprednijeg sustava dijagnostike koji bi stalno nadzirao rad motora i usklađivao emisije. Može se zaključiti da sa povećanjem ekoloških zahtjeva dolazi do povećanja cijene i smanjenja isplativosti. [23,24]



Slika 3.7.1.2. Uvođenje nove Euro 7 norme [23]

### 3.8. Kvaliteta goriva

Sredinom 2009. godine Europski parlament i Vijeće Europske unije uvođenjem Direktive kvalitete goriva zahtijevaju da se do 2020. smanje emisije stakleničkih plinova od transportnih goriva za 6% u odnosu na razine iz 2010.. Direktiva o kvaliteti goriva odnosi se na benzin, dizel i biogoriva koja se koriste u cestovnom prijevozu. Iako ta smanjenja nisu postignuta nalaže se da se taj cilj poštuje i nakon 2020.. Goriva koja se koriste za cestovni prijevoz u EU moraju ispunjavati stroge zahtjeve kakvoće kako bi zaštitila ljudsko zdravlje i okoliš te osigurala da vozila mogu sigurno putovati. Također pravila zahtijevaju da se uspostavi jedinstveno tržište goriva i osigura da vozila mogu raditi svugdje u EU-u na bazi kompatibilnih goriva. Prema tome je Vlada Republike Hrvatske 14. lipnja 2017. izdala "Uredbu o kvaliteti tekućih naftnih goriva i načinu praćenja i izvješćivanja te metodologiji izračuna emisija stakleničkih plinova u životnom vijeku isporučenih goriva i energije" (NN 57/2017) kojom se propisuju granične vrijednosti sastavnica i/ili značajki kvalitete tekućih naftnih goriva. Za dizelska (tablica 3.8.1.) i benzinska (tablica 3.8.2.) goriva koja se stavljaju na tržište Republike Hrvatske namijenjenog za upotrebu u motornim vozilima SUI moraju zadovoljavati vrijednosti propisane aktualnim norma HRN EN 228 (hrvatska i europska norma) i HRN EN 590. Količina metilnih estera masnih kiselina (FAME, biodizel) u dizelskom gorivu smije biti iznad 7% v/v uz obavezno označavanje istoga dok količina metilciklopentadienil manganovog trikarbonila (MMT) kao metalnog dodatka u benzinskom i dizelskom gorivu ne smije biti veća od 2 mgMn/l. U tablici 3.8.2. oznaka A naznačuje početak ljetnog razdoblja sa 1. svibnja kao najkasnijim datumom, a završetak najranije 30.

rujna. Prema Direktivi o kvaliteti goriva do 2009. prosječni sadržaj sumpora u benzinu i dizelu bio je ispod 10 ppm. Da bi se biogoriva ubrajala u ciljeve smanjenja emisije stakleničkih plinova, moraju ispunjavati određene kriterije održivosti kako bi umanjili negativne utjecaje u svojoj proizvodnoj fazi. Emisije stakleničkih plinova iz biogoriva moraju biti niže u odnosu na fosilno gorivo koje zamjenjuju najmanje 50% (za postrojenja koja rade prije 5. listopada 2015.) i 60% za postrojenja koja počinju s radom nakon tog datuma. [25,26]

**Tablica 3.8.1.** Granične vrijednosti sastavnica i značajki kvalitete dizelskoga goriva [26]

Sastavnica i značajka kvalitete	Jedinica	Granične vrijednosti	
		najniže	najviše
cetanski broj		51,0	
gustoća pri 15°C	kg/m <sup>3</sup>		845,0
destilacija:			
-95% (v/v)predestilirano do:	°C		360,0
količina policikličkih aromatskih ugljikovodika	% m/m		8,0
količina ukupnog sumpora	mg/kg		10,0
količina metilnih estera masnih kiselina (FAME)	% v/v		7,0
točka filtrabilnosti za razdoblje:	°C		
– od 16.4. do 30.9.			0
– od 1.10. do 15.11.			-10
– od 1.3. do 15. 4.			-10
– od 16.11. do 29.2.			-25

**Tablica 3.8.2.** Granične vrijednosti sastavnica i značajki kvalitete benzina [26]

Sastavnica i značajka kvalitete	Jedinica	Granične vrijednosti	
		najniže	najviše
istraživački oktanski broj, IOB		95,0	
motorni oktanski broj, MOB		85,0	
tlak para, ljetno razdoblje <sup>A</sup>	kPa		60,0
destilacija:			
– % predestiliranoga do 100 °C	% v/v	46,0	
– % predestiliranoga do 150 °C	% v/v	75,0	
količina ugljikovodika:			
– olefini	% v/v		18,0
– aromati	% v/v		35,0
– benzen	% v/v		1,0
količina kisika			3,7
oksigenati:			
– metanol	% v/v		3,0
– etanol (mogu biti potrebni stabilizatori)	% v/v		10,0
– izo-propilni alkohol	% v/v		12,0
– terc-butilni alkohol	% v/v		15,0
– izo-butilni alkohol	% v/v		15,0
– eteri s 5 ili više atoma ugljika po molekuli	% v/v		22,0
– ostali oksigenati	% v/v		15,0
količina ukupnog sumpora	mg/kg		10,0
količina olova	g/l		0,005



## 4. Ispitivanje i kontrola

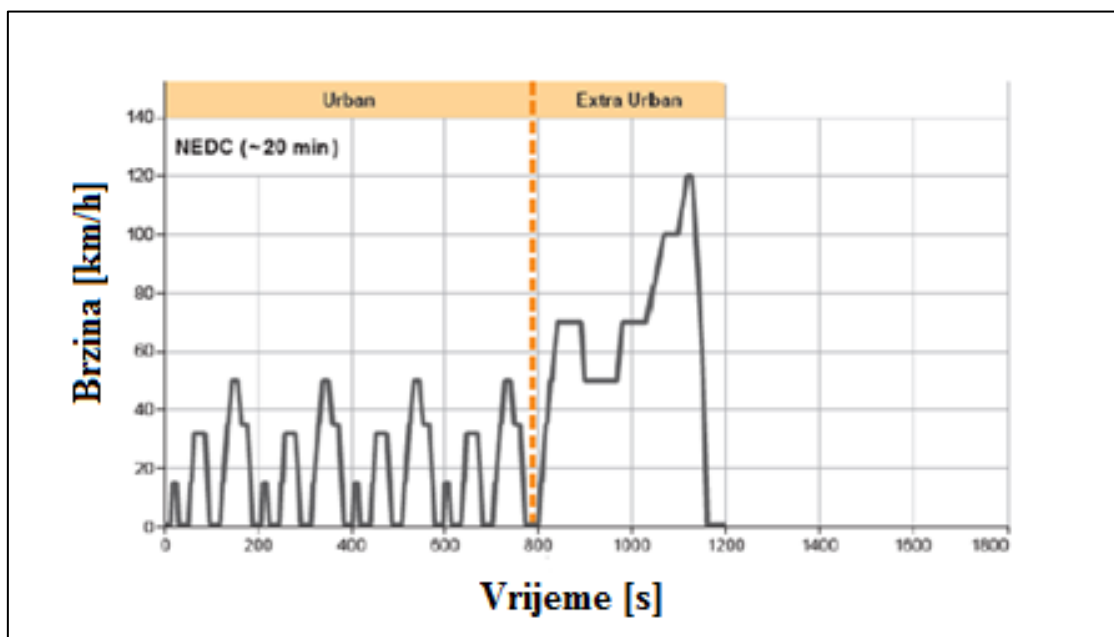
Kako bi se kontrolirale emisije ispušnih plinova iz vozila od strane različitih proizvođača unutar EU definirani su ispitni ciklusi. Oni trebaju što točnije prikazati stvarne emisije iz vozila. Uvođenjem standardnih ispitnih ciklusa u kontroliranim uvjetima najbolje se mogu simulirati stvarni uvjeti vožnje. Način provođenja testova strogo je definiran pravilnicima. Za testiranje osobnih vozila upotrebljavaju se ispitni valjci kojima se mogu simulirati gubitci trenja i otpora zraka kod vožnje. Postoji velik broj ispitnih ciklusa no samo neki od njih su standardizirani poput NEDC-a (engl. New European Driving Cycle) i WLTP-a (engl. Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedures) koji se i danas koristi. [27]

### 4.1. NEDC

U počecima razvoja ispitnih ciklusa pojavio se MVEG-A (engl. Motor Vehicles Emissions Group) ciklus koji se koristio za ispitivanje emisija i potrošnje goriva vozila M1 kategorije (EEC Direktiva 90/C81/01). Isti se sastoji od ECE-15 (engl. Economic Commission for Europe) i EUDC (engl. Extra Urban Driving Cycle) režima vožnje. Cijeli ispitni ciklus se sastoji od 4 ECE-15 ciklusa, a zatim slijedi jedan EUDC ciklus (slika 4.1.2.). Prije samog ispitivanja vozilo se najmanje 6 sati drži na okolišnoj temperaturi od 20 do 30°C. Nakon toga pokreće se motor i radi u praznom hodu 40 sekundi. Nakon 2000. godine period zagrijavanja motora u praznom hodu od 40 sekundi je uklonjen. U tom slučaju mjerenje podataka počinje na nula sekundi tj. od početka rada motora. Do eliminacije perioda zagrijavanja došlo je kako bi se potaknulo proizvođače na pojačano kontroliranje emisija prilikom hladnog starta. To se prvenstveno odnosi na poboljšanje tehničke izvedbe katalizatora koji trebaju postići radnu temperaturu kako bi imali maksimalnu efikasnost. Takav novi ispitni ciklus nazvan je MVEG-B no poznatiji je pod nazivom NEDC (engl. New European Driving Cycle). ECE je ciklus urbane vožnje drugog naziva UDC (engl. Urban Driving Cycle) koji simulira gradske uvjete vožnje. Karakteriziraju ga mala brzina vozila, nisko opterećenje motora i niske temperature ispušnih plinova. Nakon 4 ECE ciklusa dodan je EUDC ciklus kako bi se uzeli u obzir agresivniji uvjeti vožnje pri većim brzinama. Maksimalna brzina EUDC-a ograničena je na 120 km/h dok je za vozila male snage ograničena na 90 km/h. [27,28]

**Tablica 4.1.1.** Karakteristike ispitnih ciklusa [27]

KARAKTERISTIKE	JEDINICA	ECE-15	EUDC	NEDC
Udaljenost	km	0,9941	6,9549	10,9314
Ukupno vrijeme	s	195	400	1180
Vrijeme mirovanja (stajanje)	s	57	39	267
Prosječna brzina (uključujući zaustavljanja)	km/h	18,35	62,59	33,35
Prosječna brzina vožnje (bez zaustavljanja)	km/h	25,93	69,36	43,10
Maksimalna brzina	km/h	50	120	120
Prosječno ubrzanje	m/s <sup>2</sup>	0,559	0,354	0,506
Maksimalno ubrzanje	m/s <sup>2</sup>	1,042	0,833	1,042



**Slika 4.1.2.** Prikaz NEDC ispitnog ciklusa [28]

Oko NEDC postavljala su se mnoga pitanja mogu li se simulirati realni uvjeti vožnje. Brzine i ubrzanja su približno konstantni što u stvarnosti nije slučaj. U stvarnosti je vožnja mnogo dinamičnija sa puno neujednačenih ubrzanja i usporavanja, a to u velikoj mjeri utječe na potrošnju goriva i razine ispušnih plinova. U prošlosti je NEDC zadovoljavao potrebu zbog manjih ubrzanja i manjih konjskih snaga. Prema tome proizvođačima se ostavlja puno prostora za prilagođavanje ispitnih vozila i manevriranje ispitnim podacima. Održavanje vozila na okolišnoj temperaturi od 20 do 30°C daje razliku od 10°C što je dovoljno za

postizanje povoljnijih rezultata. Prema nekim istraživanjima između temperature 22 i 28°C razlika emisija je od 4 do 8 g/km CO<sub>2</sub>. Razlika između stvarnih i ispitnih emisija odnosi se na:

- 25 % zbog fleksibilnosti laboratorijskih uvjeta,
- 25 - 35 % zbog fleksibilnosti težine vozila,
- 10 - 20 % zbog propusta u testu i
- 10 - 20 % zbog nemogućnosti NEDC-a da prikaže realne uvjete. [27]

## 4.2. WLTP

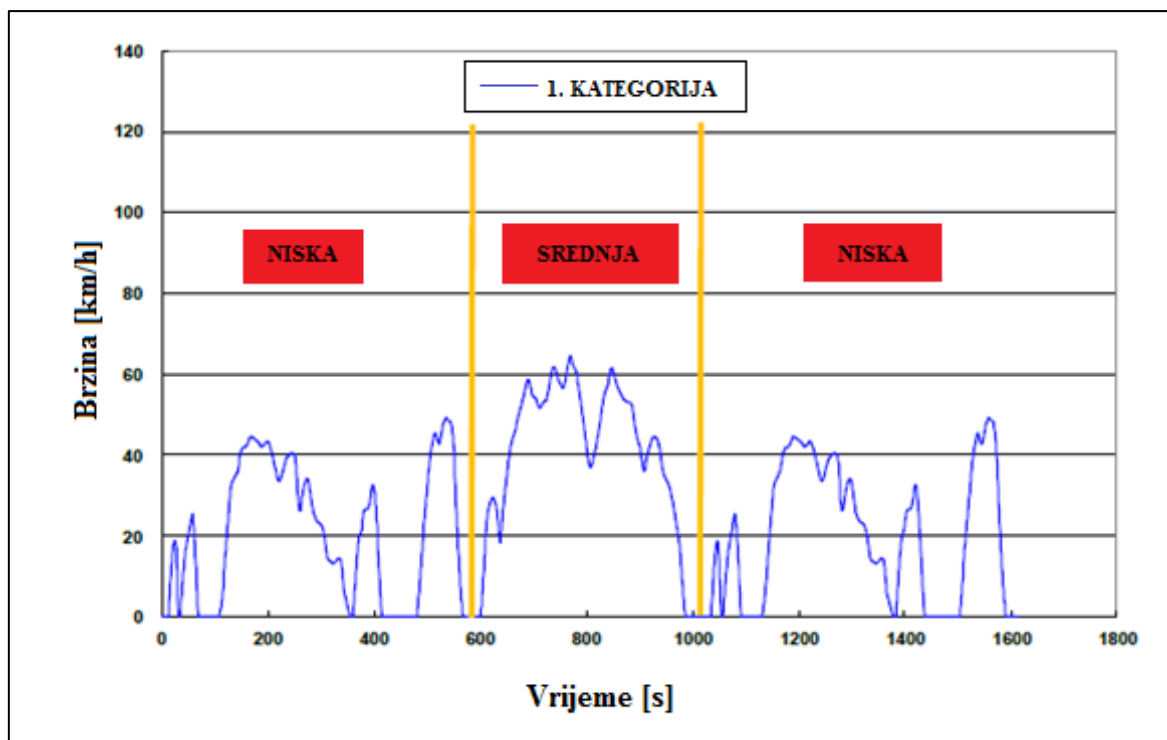
S obzirom da NEDC ne daje baš najtočnije rezultate o štetnim emisijama iz vozila zamijenjen je novim WLTP (engl. Worldwide Harmonized Light Duty Test Procedure) ispitnim ciklusom. Europska komisija dala ga je izraditi kako bi više odgovarao sadašnjim uvjetima vožnje te moderniziranim vozilima i novim tehnologijama. Također je 2017. godine izdana uredba kojom WLTP postaje obvezan za sve nove modele automobila od rujna 2017. godine, a za sve nove automobile od rujna 2018. godine. Zbog dinamičnijeg profila brzine, realnije mase vozila, opterećenja na cesti, niže temperature okoline i drugih čimbenika pokazalo se da WLTP daje realnije vrijednosti emisije CO<sub>2</sub> od postupka temeljenog na NEDC-u. Za razliku od NEDC postupka vrijednost emisije CO<sub>2</sub> bit će određena za svako pojedinačno vozilo uzimajući u obzir podatke poput mase dodatne opreme i aerodinamike kotača. Razlikuju se tri kategorije vozila s po jednim ciklusom za svaku kategoriju. Ciklus ovisi o vrijednosti omjera snage i ukupne trenutne mase vozila  $P_{mr}$  koji se računa po formuli:

$$P_{mr} = \frac{\text{Nazivna snaga [W]}}{\text{Ukupna trenutna masa [kg]} - 75[\text{kg}]}$$

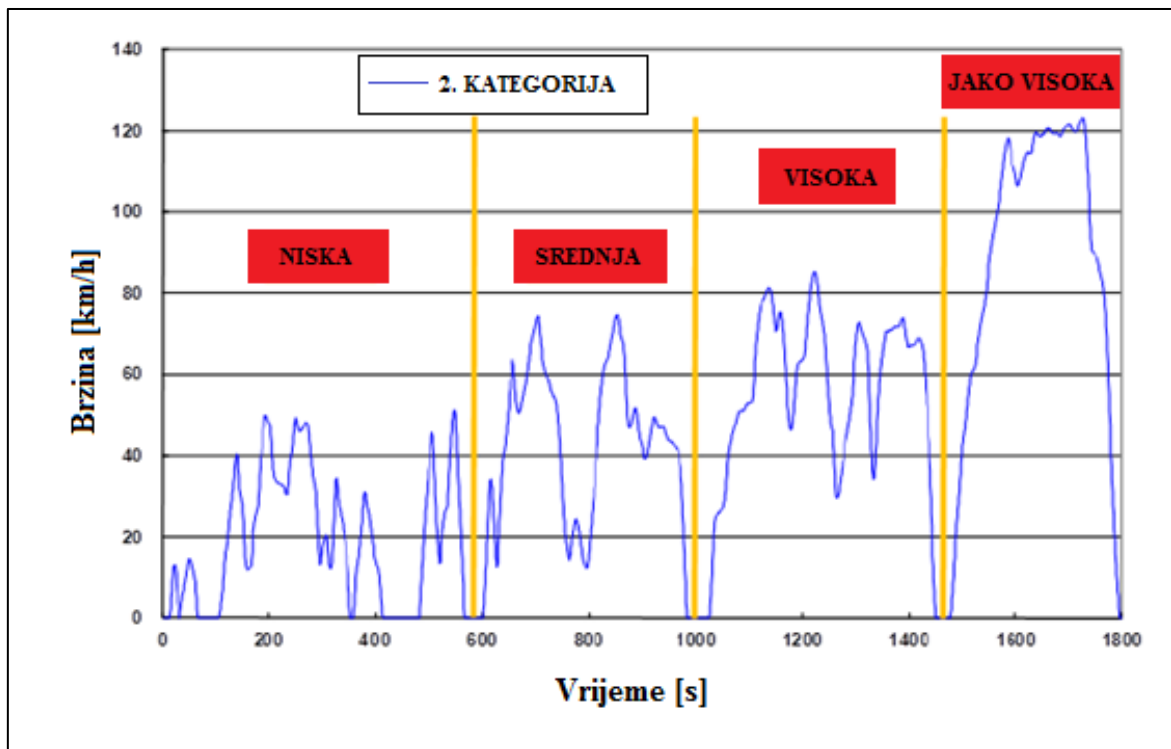
te se na temelju izračunatih vrijednosti dijele u tri kategorije:

1. kategorija  $P_{mr} < 22$  [W/kg],
2. kategorija  $22 < P_{mr} < 34$  [W/kg] i
3. kategorija  $P_{mr} > 34$  [W/kg]. [12,15]

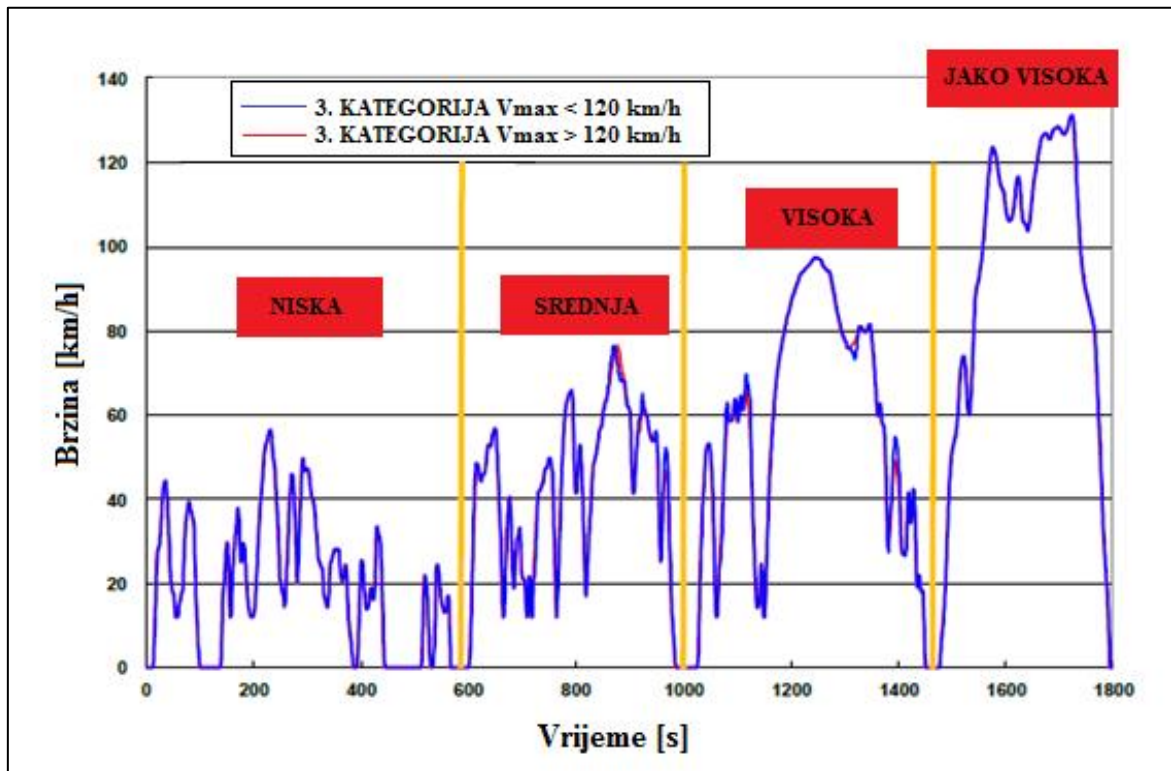
Ciklusi se dijele na različite faze prema brzini pa se razlikuju niska brzina, srednja brzina, velika brzina i jako velika brzina karakteristična za europsku vožnju autocestom. Za vozila prve kategorije ispitivanje obuhvaća fazu pri niskim brzinama, a zatim pri srednjim i još jednom pri niskim (slika 4.2.1.). Kompletan ciklus za vozila druge i treće kategorije sastoji se od odgovarajućih faza niske, srednje, visoke i jako visoke brzine. Kod vozila treće kategorije razlikujemo dvije potkategorije za vozila s najvećom brzinom manjom od 120 km/h i za ona s većom brzinom od 120 km/h (slika 4.2.3.). Hibridna i električna vozila također spadaju u treću kategoriju. Kod sve tri kategorije vrijeme trajanja je isto no razlika je u raspodjeli brzina i ubrzanja. Dok je kod NEDC-a stupanj prijenosa bio propisan kod WLTP-a se idealan stupanj prijenosa izračunava korištenjem algoritma kojem se u obzir uzimaju težina vozila i raspodjela snage prema broju okretaja. Česte promjene stupnjeva prijenosa unutar perioda od 5 sekundi izbačene su da bi se simulirali uvjeti praktične i ekonomične vožnje sa tehnikama štednje. Time se dobiju za 10 do 20% precizniji rezultati u odnosu na NEDC. [15,27,28]



**Slika 4.2.1.** Profil brzina za 1. kategoriju [28]



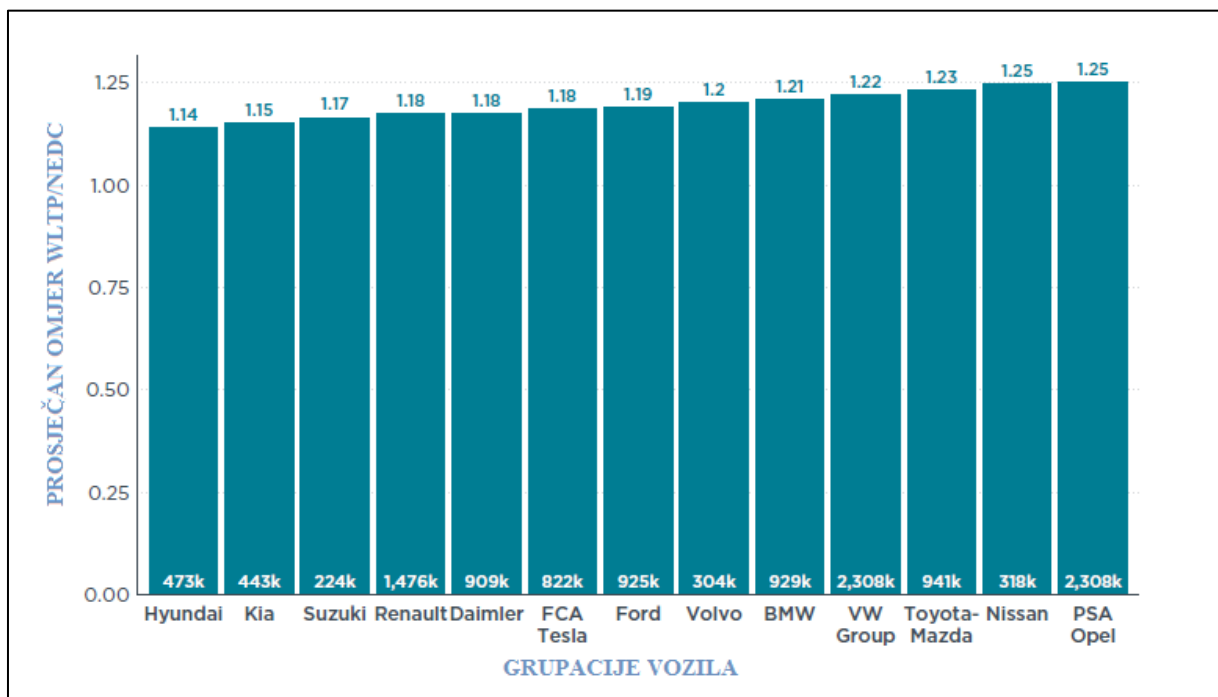
Slika 4.2.2. Profil brzina za 2. kategoriju [28]



Slika 4.2.3. Profil brzina za 3. kategoriju [28]

#### 4.2.1. Odnos WLTP-a i NEDC-a

U srpnju 2018. Europska komisija je procijenila da su proizvođači umjetno napuhavali izmjerene vrijednosti WLTP-a za približno 5%. Stoga je u prosincu 2018. revidirala korelacijski postupak WLTP-NEDC kako bi zatvorila utvrđene rupe. NEDC se postepeno izbacivao do 2020. te su se u prijelaznoj fazi vrijednosti emisija prema NEDC-u izračunavale na temelju izmjerenih podataka sa WLTP ciklusom. Za izračunavanje korelacijskih vrijednosti koristi se matematički alat CO<sub>2</sub>MPAS (engl. CO<sub>2</sub> Model for Passenger and commercial vehicles Simulation) kako bi se zadržao kontinuitet u prijelaznom razdoblju. S obzirom na vrijednosti dobivene WLTP-om i NEDC-om dolazi se do prosječnog omjera 1,21 za osobna vozila. Za automobile s nižim vrijednostima emisije NEDC omjer je veći dok pri vrlo visokim razinama emisije (oko 250 CO<sub>2</sub> g/km) dolazi se do usporedivih rezultata između ova dva postupka. Za električna vozila (BEV) i vozila s gorivim ćelijama (FCV - engl. Fuel Cell Vehicles) prosječni omjer je približno 1,28. Kod električnih vozila pak je gotovo konstantan za vozila različitih veličina. Osim toga omjer je nešto veći za veća vozila nego za manja vozila. Rezultati za hibridna električna vozila (HEV) pokazuju prosječan omjer znatno veći (približno 1,33 za osobna vozila). Također se omjeri razlikuju za pojedine grupacije vozila što se može vidjeti na slici 4.2.1.1.. [12,29]



Slika 4.2.1.1. Prosječan omjer WLTP/NEDC za pojedine grupacije u 2019. godini [12]

Kod vozila u kojima su motori SUI ciklus ispitivanja definiran je trajanjem, profilom rute (gradska vožnja, vožnja ruralnim krajevima i autocesta), temperaturnim uvjetima, ubrzanjem itd. Izvodi se samo jednom. Prema tome potrošnja goriva izračunava se iz emisije CO<sub>2</sub>. Također se mjere emisije onečišćujućih tvari (NO<sub>x</sub>, čestice i ostalo). Nadalje, kod plug-in hibridnih vozila ispitni ciklus se ponavlja slično kao kod SUI vozila. Jedina razlika je u ponavljanju sve dok se baterija hibridnog vozila potpuno ne isprazni. Time se mjeri ukupan električni raspon. Električni raspon je omjer ukupnog raspona i daje faktor korisnosti. Faktor korisnosti je između 100% (potpuno električno vozilo) i 0% (samo motor s unutarnjim izgaranjem). Vrijednost CO<sub>2</sub> izračunava se iz uobičajenog udjela u vožnji i izmjerene emisije CO<sub>2</sub>. Isto je i kod potpuno električnih vozila samo što je punjač ima mjerac električne energije kojim se mjeri potrošnja energije u kWh sve dok se baterija potpuno ne napuni. Potrošena električna energija i raspon vozila daju potrošnju električne energije u kWh/100km. [29]

Kad se NEDC i WLTP usporede s obzirom na trajanje WLTP ciklus traje deset minuta duže i uključuje samo 13% vremena u mirovanju. Ukupna duljina ciklusa je 23,5 km odnosno više od dva puta dulje od 11 km kod NEDC-a. Prednost je u tome što se ponašanje krajnjeg potrošača može bolje predstaviti, a izračunate vrijednosti su realnije. Kad se pogledaju razlike u profilima brzina vidi se razlika prosječne brzine od 13 km/h na strani WLTP-a. Kod WLTP-a brzine idu i preko 131 km/h pa se dinamičnijim profilom vožnje može realnije simulirati stvarne uvjete. Za razliku od NEDC-a koji je uključivao samo otpor kotrljanja tj. samo kotače i gume kao dodatnu komponentu WLTP također razmatra dodatnu opremu s utjecajem na aerodinamiku vozila, otpor kotrljanja, masu vozila i potrošnju energije i sl. Brojčani podaci mogu se očitati iz tablice 4.2.1.2.. [29]

WLTP korisnicima nudi realnije mjerilo za usporedbu potrošnje i emisije različitih modela vozila. Osim mjerenja potrošnje i emisije u laboratorijima u budućnosti će biti potrebno i zadovoljavanje granica emisija iz ispuha na cesti kako to zahtijeva novi Euro 6d-TEMP standard. To je dovelo do razvoja testa RDE (engl. Real Driving Emissions) koji je također uveden 1. rujna 2017. To uključuje upotrebu prijenosnog sustava za mjerenje emisija PEMS (engl. Portable Emissions Measuring System) za mjerenje emisija vozila u stvarnom cestovnom prometu. [29]

**Tablica 4.2.1.2.** Razlika između NEDC i WLTP ciklusa [29]

PARAMETRI	NEDC	WLTP
Početna temperatura	hladno	hladno
Vrijeme ciklusa	1180 s	1800 s
Trajanje	267 s	242 s
Udio zaustavljanja	22,6%	13,4 %
Udaljenost	10, 931 km	23,262 km
Maksimalna brzina	120 km/h	131,3 km/h
Prosječna brzina	33,35 km/h	46,5 km/h
Temperatura	25+/-5°C	23 °C

### 4.3. RDE

Razlog uvođenja RDE-a je neslaganje u rezultatima NO<sub>x</sub> emisija laboratorijskih (NEDC) ispitivanja i onih pri realnim uvjetima vožnje pomoću PEMS-a. Dozvoljene granice emisija određene su Euro 6d-TEMP standardom dok je uvođenje RDE-a osmišljeno u nekoliko faza. Prva faza započela je 1. rujna 2017. te novi modeli vozila u realnim uvjetima nisu smjeli emitirati 2,1 puta (uz mjernu toleranciju od 0,5) više NO<sub>x</sub> od dozvoljene granice za laboratorijsko ispitivanje ili 1,0 puta veće emisije čestica (PN) čemu je dodana tolerancija od 0,5. Od rujna 2019. sva nova vozila (uključujući i novoprodukovane stare modele) moraju zadovoljavati granicu NO<sub>x</sub> razlike od 2,1 puta. Od 1. siječnja 2020. je za nove modele vozila faktor usklađenosti od 2,1 smanjen je na 1,0 uz toleranciju od 0,5. Od siječnja 2021. isti počinje vrijediti za sve novoprodukovane modele dok je faktor usklađenosti za emisije čestica ostalo nepromijenjen od 1,0+0,5. Sam način RDE mjerenja odnosi se na stvarnu vožnju u svakodnevnom prometu uz poštivanje svih prometnih propisa. Kako bi rezultati bili mjerljivi ispitivanje mora zadovoljavati odgovarajuće cestovne i vremenske uvjete. Vožnja traje od 90 do 120 minuta sa jednakim udjelima gradske i izvan gradske vožnje te vožnje autocestom. U svakom od ta tri segmenta mora se prijeći najmanje 16 kilometara. Prosječna brzina za gradsku vožnju mora biti između 0 i 60 km/h, zatim 60 do 90 km/h u dijelovima izvan grada i do 160 km/h na autocesti. Sva tri ciklusa vožnje moraju biti neprekidni, ali izvan gradska vožnja smije prekinuti kratkim razdobljima gradske vožnje. Prilikom testiranja ponekad je teško izbjeći prolazak kroz gradska područja pa se mogu napraviti male iznimke. Isto tako se



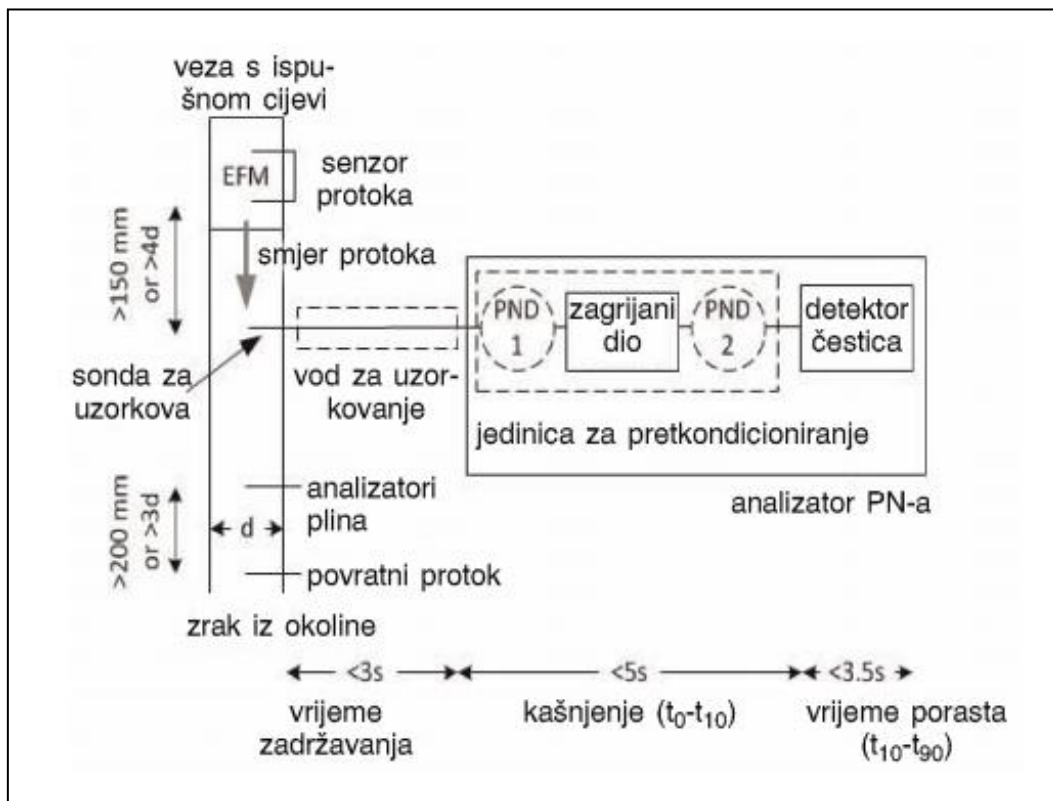
vožnja na autocesti smije se prekinuti kraćim razdobljima gradske ili izvan gradske vožnje. Pod time se smatraju slučajevi poput prolaska naplatnih kućica ili radovima na cesti. Zahtijevana temperatura okoline za vrijeme mjerenja treba biti između -2 i 35 °C. Ispitivanje se mora održati do maksimalne nadmorske visine od 1300 metara, a visinska razlika između početne i završne točke vožnje ne smije biti veća od 100 metara. Svi ovi najvažniji parametri RDE ciklusa prikazani su na slici 4.3.1.. Iako RDE točnije prikazuje stvarne emisije ni on ne može točno prikazati zbog razlika u stilu vožnje vozača, odabiru rute i opterećenju vozila i slično. [29,30,31]



**Slika 4.3.1.** Parametri propisani RDE ciklusom [29]

Kako bi se spriječilo manipuliranje prema Uredbi (EU) 2017/1154 definirano je kondicioniranje vozila prije RDE ispitivanja. Pod pojmom kondicioniranje misli se na stvaranje odgovarajućih uvjeta za ispitivanje odnosno pripremu vozila. Isto se vrši na način da se vozilo vozi najmanje 30 minuta, a nakon toga parkira sa zatvorenim vratima i poklopcem motora. Tako parkirano vozilo mora isključenim motorom odstajati između 6 i 56 sati. Uz to ekstremne vremenski uvjeti kao što su obilan snijeg, tuča, oluja, velike količine prašine i sl. moraju se izbjegavati. Načini postavljanja PEMS-a definirani su uputama proizvođača te se isti postavlja tako da se tijekom ispitivanja elektromagnetske smetnje, izloženost vibracijama, prašini, udarcima i promjenama temperature što je više moguće smanje. Tijekom rada PEMS mora biti hermetički zatvoren kako ne bi došlo do gubitka topline. Duljina ispušne cijevi ne

smije se nepotrebno produljiti, niti se smiju promijeniti priroda i tlak ispušnih plinova. Da se ne bi stvarale čestice pri očekivanim radnim temperaturama priključci trebaju biti termički stabilni. Preporučuje se da se sonda za uzorkovanje postavi u istoj ravnini sa ispušnom cijevi, a da uzorkovanje i bilježenje parametara počne prije uključivanja motora. Emisije se mjere za vrijeme trajanja cijelog cestovnog ispitivanja da bi završilo u trenutku kad se vozilo parkira, a motor isključi. Analizator PN-a sadrži jedinicu za pretkondicioniranje i detektor čestica sa učinkovitošću brojanja od 50% za čestice veće od 23 nm. Analizator PN-a uzima uzorak iz središnje osi ispušne cijevi što je vidljivo na slici 4.3.2.. Na slici isprekidane linije prikazuju opcionalne dijelove dok su EFM (engl. Exhaust mass Flow Meter) mjerac masenog protoka ispušnih plinova i PND (engl. Particle Number Diluter) razrjeđivač broja čestica. [31]



**Slika 4.3.2.** Shema postavljanja analizatora PN-a [31]



**Slika 4.3.3.** Izgled PEMS uređaja [32]

Kako je došlo do pojave novih vrsta vozila u koja spadaju plug-in hibridi i električna vozila javila se potreba za korigiranjem ispitnih ciklusa. Analogno sa SUI vozilima, u kojima se mjere emisije ugljikovog dioksida i potrošnja goriva u gradskoj, izvangradskoj i vožnji autocestom, kod plug-in hibrida se dodatno produljuje ciklus ispitivanja sve dok se baterija potpuno ne isprazni. Vrijednost CO<sub>2</sub> se izračunava iz konvencionalnog udjela u vožnji i izmjerene emisije CO<sub>2</sub>. Električna vozila pak se ispituju na način da se baterija isprazni od početka do kraja i mjeri se potrošnja električne energije. [29]

#### **4.4. Homologacija**

Homologacija je postupak kojim se dokazuje da je vozilo ili dijelovi vozila ispitani su skladu s važećim normama u državi u koju se uvoze. Obavlja se prije carinjenja, a osnovni cilj je da se spriječi uvoz nesigurnih i ekološki neprihvatljivih vozila u toj zemlji. Dokumente o homologaciji vozila i njihovih dijelova ili opreme izdaje nadležna državna ustanova koja izdaje certifikat sukladnosti u odnosno homologacijski list. U Republici Hrvatskoj (RH) to je Državni zavod za mjeriteljstvo (DZM) koji je ovlastio Centar za vozila Hrvatske (CVH). Način homologiranja opisan je u "Pravilniku o homologaciji vozila". Nakon homologiranja

proizvođač dijela ispitivani dio mora trajno postaviti znak koji dokazuje da je dio homologacijski ispitani i odobren. Potvrdom proizvođača pri uvozu dokazuje se kojim je EU direktivama i uredbama vozilo (odnosno njegovi sustavi i dijelovi) udovoljavalo u trenutku proizvodnje. Razlikuju se dva sustava homologacije. Prvi se temelji na ECE (engl. Economic Commission for Europe) pravilnicima koji su doneseni "Sporazumom o prihvaćanju jednakih tehničkih propisa za vozila na kotačima, opremu i dijelove koji mogu biti ugrađeni i/ili upotrijebljeni u vozilima na kotačima i uvjeti za uzajamno priznavanje homologacija dodijeljenih na temelju tih propisa" donesenog 1958. godine od strane Ujedinjenih naroda (UN). Sporazum su potpisale EU, Japan, Australija i još 8 europskih država samostalno. Pojedinačnim ECE pravilnicima donesene su odredbe o postupcima ispitivanja, označavanja i međusobnog priznavanja homologiranih dokumenata. Homologacijske potvrde prema ECE pravilnicima donose se prema tipu vozila s obzirom na određeni dio ili sklop. Odobrenje vozila kao cjeline ovim pravilnicima nije moguće. Drugi sustav homologacije temelji se na EEC/EC (engl. European Economic Community/ European Commission) direktivama odnosno EU propisima. Isti također donose odredbe o postupcima ispitivanja, označavanja i međusobnog priznavanja homologiranih dokumenata, ali postoji mogućnost odobrenja za vozilo kao cjelinu nazvan WVTA (engl. Whole Vehicle Type Approval). Danas u Hrvatskoj vrijedi više od 50 homologacijskih pravilnika koji se većinom odnose na zaštitu okoliša, svjetlosnu opremu te aktivnu i pasivnu sigurnost. Također se prihvaćaju homologacijski dokumenti iz drugih zemalja koji su sukladni hrvatskim ECE pravilnicima. Od početka uvođenja ovih pravilnika 70-ih godina prošlog stoljeća pravilnici se postupno pooštavaju. Do danas su već postroženi za 99% što upućuje na daljnje pooštavanje u vidu ekonomičnosti rada motora, a ne više na smanjenje razina ispušnih emisija. Također postupci homologacije razlikuju se ovisno o kategoriji vozila. U pravilniku za homologacijsko ispitivanje emisija ispušnih plinova R83 (70/220/EEC) razlikuje se 7 vrsta ispitivanja s obzirom na vrstu vozila, motora i pogonskog goriva [27,33]:

1. Za motorna vozila M1 i N1 kategorije vozila pogonjena benzinskim i dizelskim motorom. Kao rezultat se dobiju prosječne emisije ispušnih plinova te se ispitivanje provodi na valjcima po prethodno utvrđenoj krivulji vožnje uz uključivanje hladnog starta u mjerenje.
2. Samo za s benzinskim motorom. Pri praznom hodu motora mjere se emisije ugljikovog monoksida (CO). Ovakva ispitivanje podsjeća ispitivanje EKO testa samo što se u ovom slučaju ispitivanje provodi u kontroliranim uvjetima.

3. Samo za vozila s benzinskim motorom M1 i N1 kategorije. Ispitivanje se provodi u tri radna ciklusa. Jednom pri praznom hodu i dva puta pri 50 km/h u trećem stupnju prijenosa. Mjere se emisije plinova koji isparavaju iz kućišta motora.
4. Provodi se za motorna vozila M1 i N1 kategorije s benzinskim i dizelskim motorom. Mjeri se emisija ugljikovodikovih para iz ispuha u posebnim pripremljenim komorama koje imaju mogućnost kontrolirane promjene i održavanje temperature (od 20 do 34,6°C u 24h).
5. Provodi se za M1 i N1 kategoriju vozila s benzinskim i dizelskim motorom. Nakon vožnje od 80000 kilometara utvrđuje se izdržljivost sustava za pročišćavanje ispušnih plinova. Svakih 10000 km se mjere emisije plinova, a vožnja se obavlja na stazi ili na ispitnim valjcima u laboratoriju.
6. Samo za vozila s benzinskim motorom M1 i N1 kategorije. Odvija se prema gradskom ciklusu utvrđenom u ispitivanju 1. vrste. Mjeri se količina neizgorenog ugljikovog monoksida i ugljikovodika nakon hladnog starta pri temperaturu okoline od -7°C.
7. EOBD (engl. European On-Board Diagnostics) ispitivanje.

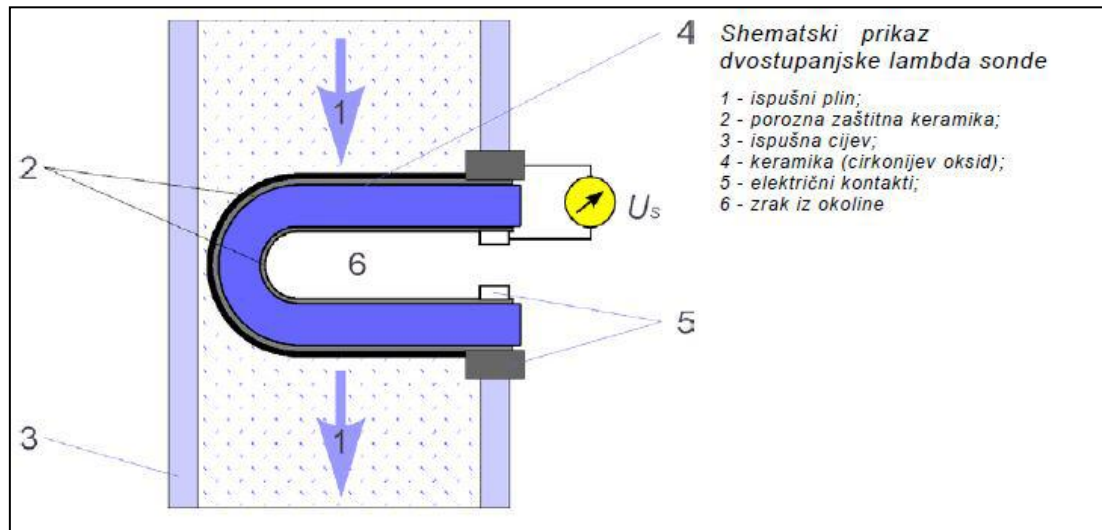
## 4.5. EKO test

Kroz vrijeme eksploatacije vozila sa motorima SUI dolazi do određenih promjena u njihovom radu, a samim time i do moguće tehničke neispravnosti. Prema tome može doći i do povećanja štetnih emisija iz ispuha i većeg zagađenja okoliša. Kako bi se to spriječilo vozila se periodički provjeravaju. Najčešće se provjera izvodi u okviru redovitih tehničkih pregleda prilikom kojih se vozilo podvrgava ispitivanju ispušnih plinova poznatijim pod nazivom EKO test. Ispituje se jesu li emisije štetnih ispušnih plinova u granicama koje su određene od strane proizvođača vozila. Prolazak na EKO testu uvjetuje prolazak na tehničkom pregledu odnosno ako vozilo ne zadovoljava propisane granice razina iz ispuha ne može proći tehnički pregled već se utvrđeni nedostaci moraju popraviti. Oprema za provedbu EKO testa sastoji se od analizatora ispušnih plinova (benzinska vozila), analizatora za mjerenje zacrnljenja (dizelska vozila) i uređaja za automatsku obradu podataka. Za potrebe ispitivanja motori SUI podijeljeni su u 3 skupine:

- BEZ-KAT (benzinski motor bez katalizatora ili motor s nereguliranim katalizatorom),
- REG-KAT (benzinski motor s reguliranim katalizatorom) i

- DIZEL (dizelski motor s prednabijanjem ili bez prednabijanja). [34]

Razlikovanje benzinskih motora BEZ-KAT i REG-KAT je postojanju lambda sonde (slika 4.5.1.). Lambda sonda je osjetnik koji mjeri sadržaj kisika u ispušnom plinu i regulira sadržaj zraka na vrijednost  $\lambda=1$ . Lambda ( $\lambda$ ) je omjer stvarne smjese goriva u odnosu na idealnu. Prema podacima očitanih od strane lambda sonde upravljačka jedinica motora ECU (engl. Engine Control Unit) regulira gorivu smjesu tj. količinu usisnog zraka i goriva. Ispitivanje EKO testa vrši se na način da se najprije vizualno pregleda ispušni sustav (propusnost i sl.), a zatim se sa analizatorom ispušnih plinova (u iznimnim slučajevima upotrebom dijagnostike OBD) pri praznom i povišenom hodu mjere emisije određenih emisija. Motor mora biti zagrijan na radnu temperaturu (iznad  $80^{\circ}\text{C}$ ), a mjere se podaci poput broja okretaja, CO, CO<sub>2</sub>, HC, O<sub>2</sub> i lambda ( $\lambda$ ). [27,34]



**Slika 4.5.1.** Shematski prikaz lambda sonde [27]

Prema primjeru sa slika 4.5.2. može se vidjeti da su vrijednosti koje utječu na prolazak EKO testa vrijednosti ugljikovog monoksida (CO) i lambde ( $\lambda$ ). Vrijednost lambde pri povišenom hodu treba biti između 0,97 i 1,03 dok se mjerenje razine CO vrši najprije pri povišenom hodu ( $2800$  do  $3200 \text{ min}^{-1}$ ) kada vrijednost ne smije prelaziti granicu od 0,3%. Zatim se pušta papučica gasa do praznog hoda u kojem vrijednost CO mora bit ispod 0,5%.

ISPITIVANJE ISPUŠNIH PLINOVA MOTORNIH VOZILA (EKO TEST):			
Temp. ulja/vode (C):	min: 80	maks: -	83
PRAZNI HOD:			
Prazni hod (min-1):	min: 710	maks: 930	790
CO (%):	min: -	maks: 0,50	0,355*
CO2 (%):	min: 13,00	maks: 18,00	14,550
HC (ppm):	min: -	maks: 100	75
O2 (%):	min: -	maks: 0,50	0,520
POVIŠENI HOD:			
Povišeni hod (min-1):	min: 2800	maks: 3200	2900
CO (%):	min: -	maks: 0,30	0,136*
CO2 (%):	min: 13,00	maks: 18,00	14,780
HC (ppm):	min: -	maks: 100	57
O2 (%):	min: -	maks: 0,50	0,180
Lambda (-):	min: 0,97	maks: 1,03	1,001*
* Rezultat utječe na prolaznost na eko testu			

**Slika 4.5.2.** Rezultat EKO testa OTTO - REG-KAT - EURO 5 vozila

Za razliku od benzinskih motora kod dizelskih (DIZEL) se mjeri samo zacrnljenje ispušnih plinova. Zacrnljenje se izražava koeficijentom zacrnljenja  $k$ . Ispitivanje se vrši sa analizatorom za mjerenje zacrnljenja (u iznimnim slučajevima upotrebom dijagnostike OBD) sa zagrijanim motorom na radnu temperaturu iznad  $80^{\circ}\text{C}$ . Mjeri se od brzine vrtnje motora u praznom hodu pa do najveće brzine vrtnje pritiskanjem papučice gasa. Prije samog mjerenja potrebno je propuhati motor sa najmanje tri ciklusa ubrzanja kako bi se izbacile čestice nakupljene u ispušnom sustavu. Zatim se mjeri razina zacrnljenja najmanje 3 puta sve dok se ne dobiju tri uzastopne vrijednosti koje se ne razlikuju više od  $0,5\text{m}^{-1}$ . Za krajnji rezultat ispitivanja izračunava se aritmetička sredina svih mjerenja te se na temelju tog podataka određuje prolazi li vozilo EKO test ili ne. [34]

ISPITIVANJE ISPUŠNIH PLINOVA MOTORNIH VOZILA (EKO TEST):			
Prazni hod (min-1):	min: 730	maks: 930	830
Regul. isključuje (min-1):	min: 3700	maks: 4300	4240
Zacrnjenje uzorak:	1 (m-1): 0,01		
	2 (m-1): 0,01		
	3 (m-1): 0,01		
	4 (m-1): -		
	5 (m-1): -		
	6 (m-1): -		
	7 (m-1): -		
	8 (m-1): -		
	9 (m-1): -		
	10 (m-1): -		
Rasipanje rezultata (m-1):	min: -	maks: 0,50	0,00
Srednje zacrnjenje (m-1):	min: -	maks: 0,50	0,01*
* Rezultat utječe na prolaznost na eko testu			

Slika 4.5.3. Rezultat EKO testa DIZEL - EURO 4 vozila

## 4.6. AIR indeks

AIR (engl. The Allow Independent Road-testing) indeks je međunarodni, neovisan i standardiziran sustav ocjenjivanja koji točno otkriva koliko zagađenja vozilo proizvodi. Smatra se da je postojeći WLTP ciklus nereprezentativan s obzirom da proizvođači još uvijek mogu korigirati svoje rezultate da bi prošli testiranja. Iz razloga što je AIR indeks neovisan izvor sve više svjetskih gradova ga počinje koristiti za provjeru vozila. Zbog velikih problema sa zagađenjem većina uspostavlja zone ultra niskih emisija ULEZ (engl. Ultra Low Emission Zone) kako bi se poboljšala kvaliteta zraka i utjecaj na sve sudionike u prometu. Svaki automobil i kombi neovisno se testiraju u skladu s dobrovoljnim standardiziranim europskim protokolom CWA17379. Ovaj standard je dobrovoljan (ne obavezan) i usredotočuje se na stvarne emisije NO<sub>x</sub> u gradu i primjenjuje se na vozila certificirana prije propisa RDE. Time AIR indeks omogućuje procjenu vozila prije RDE-a na način koji nije postignut samo laboratorijskim testom. Svaka ocjena dobiva se testiranjem najmanje dva vozila istog tipa najmanje tri puta. Vozila su nabavljena neovisno od proizvođača vozila, a testiranje se provode u gradovima. Najmanje 5 putovanja mora trajati 10 kilometara od kojih svako traje otprilike 20-ak minuta i u potpunosti odgovarati graničnim uvjetima u protokolu. Prosječna brzina mora biti između 20 i 40 km/h, a osim toga određene su i vrijednosti minimalnog i

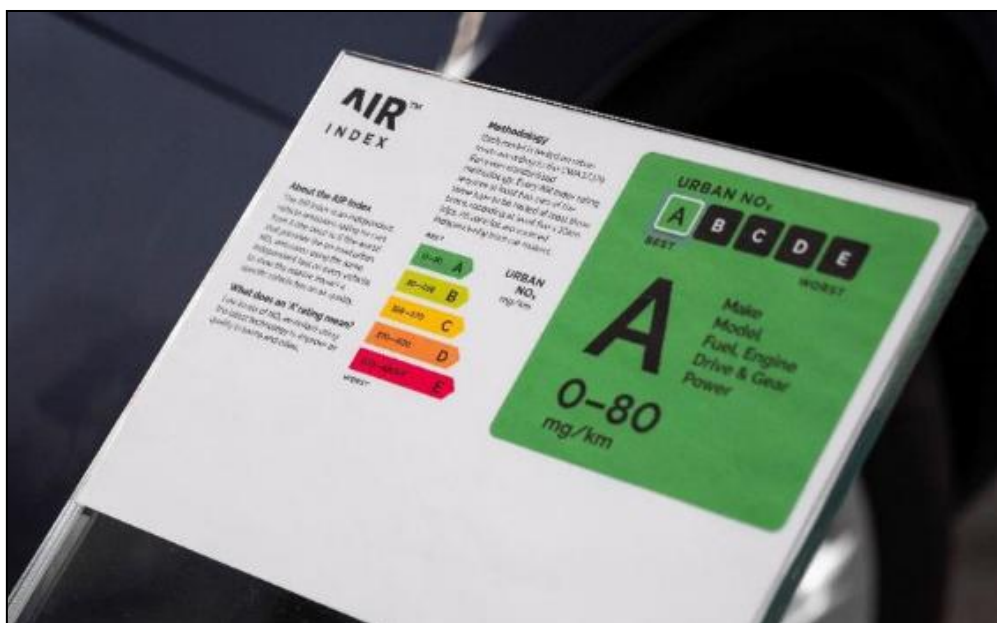


maksimalnog ubrzanja i nagiba koji odgovaraju tipičnoj gradskoj vožnji. Također okolišnja temperatura treba biti između 10 i 20 °C. Rezultati koji se bilježe su emisije CO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> koji se zasebno smještaju u kategorije od A (najbolje) do E (najgore) što se može vidjeti na slici 4.6.1.. Razlikuju se dvije vrste ocjena, a to su cjelovite i predviđene. [35]



**Slika 4.6.1.** Cjelovite i predviđene ocjene prema AIR indeksu [35]

Predviđene ocjene daju naznaku emisija s ocjenama koje slijede iste granice kao i cjelovite ocjene. Za razliku od cjelovitih predviđene su označene sa slovima od A do E upisane unutar neispunjenog okvira (slika 4.6.1.). Za CO<sub>2</sub> razvijen je multivarijacijski parametarski model koji koristi širok raspon varijabli (marku vozila, vrsta goriva, zapremninu motora, snaga i težina vozila). Prosječna pogreška predviđanja pri analizi CO<sub>2</sub> iznosi 3,3%. Za predviđanje ocjene NO<sub>x</sub> koristi se linearna interpolacija između najbližih "susjeda". Prosječna pogreška modeliranja za NO<sub>x</sub> iznosi 2,6%. Glavna ograničenja ovog pristupa za predviđanje ocjena NO<sub>x</sub> su da najbliži "susjedi" mogu imati značajno različite emisije za neka specifična vozila ili gdje tipovi motora slični nekim vozilima nisu testirani. S obzirom da je AIR indeks relativno nova metodologija s ubacivanjem novih vrijednosti u bazu podataka dolazi do povećanja ukupne točnosti. [35]



**Slika 4.6.2.** Označavanje prema AIR indeksu [35]

AIR indeks također izračunava realnije podatke o potrošnji goriva. AIR koristi isti prijenosni analizator plina kao i za emisije onečišćujućih tvari. Mjerenjem CO i CO<sub>2</sub> u ispušnim plinovima za poznatu vrstu goriva moguće je vrlo precizno izračunati potrošeno gorivo. To se naziva metoda ravnoteže ugljika, a koristi se i za izračun službenih ocjena potrošnje goriva. Vrijednosti potrošnje se navode numerički, a ne kao klasifikacija ocjena jer to daje jasniju sliku kupcima automobila. Iako su mnogi principi mjerenja isti, službeni podaci proizvođača o potrošnji goriva trenutno se izvode iz laboratorijskih ispitivanja (WLTP). Što su veće emisije ugljika to je manja potrošnja goriva. Ne postoji ekvivalentna izravna veza između potrošnje goriva i drugih emisija onečišćujućih tvari. [35]

Kako bi se zornije prikazala klasifikacija vozila prema AIR indeksu u odnosu na konvencionalne načine ispitivanja prikazat će se nekoliko primjera.

#### **4.6.1. Primjer 1**

Prvo odabrano vozilo je Renault Clio iz 2017. godine sa ugrađenim 1,5 dCi dizelskim motorom. Prema Euro standardu podložen je Euro 6 s time da je vozilo WLTP ciklusom ispitivano prije uvođenja RDE-a. Iz tog razloga nisu dostupni podaci o stvarnim emisijama na cesti. Mjenjač je ručni sa 5 stupnjeva prijenosa. Ostali podaci mogu se iščitati iz tablice 4.6.1.1..

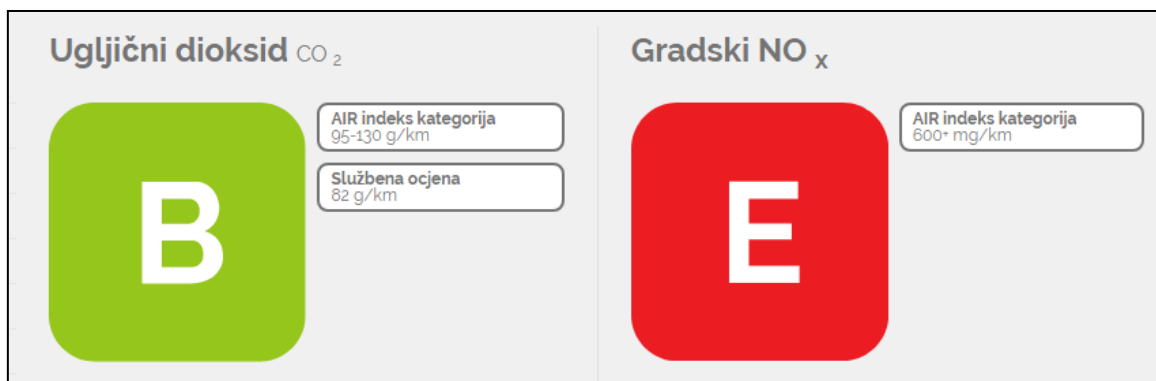
**Tablica 4.6.1.1.** Vozilo Renault Clio Dynamique Nav [35]

<b>Godina modela</b>	2017.
<b>Euro standard</b>	Euro 6 prije RDE -a
<b>Oblik karoserije</b>	Hatchback
<b>Pogon</b>	prednji
<b>Mjenjač</b>	ručni
<b>Motor (CC)</b>	1461 ccm
<b>Motor (l)</b>	1,5 l
<b>Snaga</b>	89 KS
<b>Predviđena potrošnja goriva</b>	59.0 mpg 4,8 l/100 km

Podaci WLTP ispitnog ciklusa pronađeni su na mrežnim stranicama Agencije za certifikaciju vozila (VCA - engl. Vehicle Certification Agency). U laboratoriju je iz vozila emitirano 85 g/km CO<sub>2</sub>, 158 mg/km CO, 33 mg/km NO<sub>x</sub> i 0,1 mg/km čestica (PM). Proračunata srednja potrošnja goriva kreće se oko 3,3 litre na 100 kilometara.

**Tablica 4.6.1.2.** Podaci WLTP-a za vozilo 1 [36]

CO <sub>2</sub> [g/km]	85
CO [mg/km]	158
HC [mg/km]	-
NO <sub>x</sub> [mg/km]	33
HC+NO <sub>x</sub> [mg/km]	60
PM [mg/km]	0,1
Potrošnja goriva [l/100km]	3,3



**Slika 4.6.1.3.** Kategorizacija vozila 1 prema AIR indeksu [35]

Neovisnim mjerenjima od strane AIR indeksa odabrano vozilo smješteno je u B kategoriju prema emisijama ugljikovog dioksida i u E kategoriju s obzirom na NO<sub>x</sub> emisije u gradskoj vožnji. B kategorija CO<sub>2</sub> ima raspon 95-130 g/km, E kategorija NO<sub>x</sub>-a proteže se iznad 600 mg/km. Službeno je izmjerena količina od 82 g/km CO<sub>2</sub>. Prema tome mogu se uočiti određene razlike između WLTP mjerenja i mjerenja prema AIR indeksu. Stvarna emisija CO<sub>2</sub> prema AIR indeksu manja je za 3 g/km u odnosu na WLTP pa se može zaključiti da vozilo u stvarnim uvjetima eksploatacije emitira manje CO<sub>2</sub> nego pri laboratorijskim ispitivanjima. Iz tog razloga je i B kategorija vrlo zadovoljavajuća. S druge strane emisije NO<sub>x</sub>-a pri gradskoj vožnji AIR indeksa i WLTP-a se ne mogu uspoređivati. No prema E kategoriji vidi se da isto vozilo emitira izrazito visoke količine NO<sub>x</sub>-a pri gradskoj vožnji. U pogledu potrošnje goriva također se mogu uočiti razlike. Proizvođač prema svojim WLTP ispitivanjima navodi da je potrošnja 3,3 l/100km dok je AIR u odnosu na emisije CO<sub>2</sub> predvidio nešto veću potrošnju od oko 4,8 l/100km (vidljivo u tablici 4.6.1.1.). [36,37]

## 4.6.2. Primjer 2

Za sljedeći primjer odabran je Volkswagen Passat iz 2018. godine sa automatskim mjenjačem. Pogoni ga 2,0 TDI motor sa 148 konjskih snaga (KS). Emisijski standard je Euro 6. Ostali podaci su u tablici 4.6.2.1..

**Tablica 4.6.2.1.** Vozilo Volkswagen Passat S [35]

<b>Godina modela</b>	2018.
<b>Euro standard</b>	Euro 6 RDE
<b>Oblik karoserije</b>	Saloon
<b>Pogon</b>	prednji
<b>Mjenjač</b>	automatski
<b>Motor (CC)</b>	1968 ccm
<b>Motor (l)</b>	2,0 l
<b>Snaga</b>	148 KS
<b>Predviđena potrošnja goriva</b>	51,7 mpg 5,5 l/100 km

Iz tablice 4.6.2.2. očitani su podaci za WLTP mjerenja prema kojima odabrano vozilo emitira 118 g/km CO<sub>2</sub>, 80 mg/km CO, 62 mg/km NO<sub>x</sub> i 83 mg/km HC+NO<sub>x</sub>.

**Tablica 4.6.2.2.** Podaci WLTP-a za vozilo 2 [36]

CO <sub>2</sub> [g/km]	118
CO [mg/km]	80
HC [mg/km]	-
NO <sub>x</sub> [mg/km]	62
HC+NO <sub>x</sub> [mg/km]	83
PM [mg/km]	0
Potrošnja goriva [l/100km]	4,5



**Slika 4.6.2.3.** Kategorizacija vozila 2 prema AIR indeksu [35]

AIR ispitivanja smjestila su vozilo u C kategoriju emisija CO<sub>2</sub> i B kategoriju NO<sub>x</sub>-a. Službeno je izmjerena količina od 118 g/km emitiranog CO<sub>2</sub> čime se vozilo smješta u C kategoriju čiji je raspon 130 do 189 g/km. U odnosu na WLTP razina CO<sub>2</sub> je jednaka pa se daje za zaključiti da Volkswagen nakon afera s emisijama daje reprezentativne podatke. Kod NO<sub>x</sub> emisija situacija je nešto bolja te je sa izmjerenom emisijom vozilo smješteno u B kategoriju sa rasponom od 80-168 mg/km. U usporedbi s vozilom iz primjera 1 (slika 4.6.1.3.) vidi se da je ocjena ugljikovog dioksida za jednu kategoriju lošija dok je ocjena gradskog NO<sub>x</sub>-a za dvije kategorije bolja. Također se vidi razlika u potrošnji goriva između WLTP (4,5 l/100km) i AIR (5,5 l/100km) ispitivanja. Isto tako kad se uspoređi potrošnja goriva u odnosu na primjer 1 jasno je zašto je kategorija CO<sub>2</sub> manja.

### 4.6.3. Primjer 3

Kao treći primjer analizirano je vozilo Kia Sportage južnokorejskog proizvođača iz 2019. godine. Prema tablici 4.6.3. vidi se da je u vozilo ugrađen dizelski motor zapremnine 1,6 litara sa 114 KS i ručni mjenjač sa 6 stupnjeva prijenosa. Po obliku karoserije spada u SUV (engl. Sport Utility Vehicle) vozila te odgovara Euro 6 standardu. Vozilo je homologirano nakon uvođenja RDE-a pa su dostupni podaci o stvarnim RDE vrijednostima. Stoga se u ovom slučaju realnije mogu usporediti NO<sub>x</sub> vrijednosti u gradskoj vožnji prema promatranim ispitivanjima (WLTP i AIR).

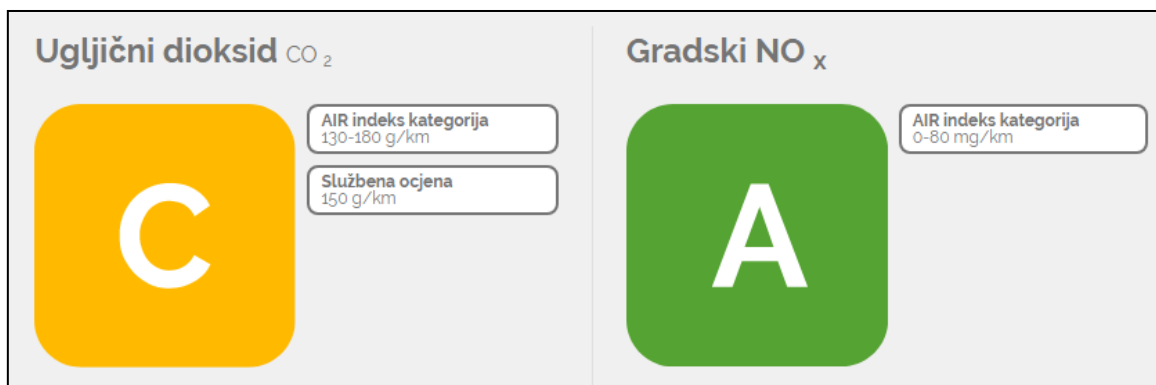
**Tablica 4.6.3.1. Vozilo Kia Sportage [35]**

<b>Godina modela</b>	2019.
<b>Euro standard</b>	Euro 6 RDE
<b>Oblik karoserije</b>	SUV
<b>Pogon</b>	prednji
<b>Mjenjač</b>	ručni
<b>Motor (CC)</b>	1598 ccm
<b>Motor (l)</b>	1,6 l
<b>Snaga</b>	114 KS
<b>Predviđena potrošnja goriva</b>	44,8 mpg 6,3 l/100 km

Prema VCA podaci za WLTP nalaze se u tablici 4.6.3.2. prema čemu iznose CO<sub>2</sub> 130 g/km, CO 136 mg/km, NO<sub>x</sub> 38 mg/km, HC+NO<sub>x</sub> 88 mg/km, čestice 0,3 mg/km dok je emisija NO<sub>x</sub>-a u gradskoj vožnji prema RDE ciklusu 150 mg/km.

**Tablica 4.6.3.2. Podaci WLTP-a za vozilo 3 [36]**

CO <sub>2</sub> [g/km]	130
CO [mg/km]	136
HC [mg/km]	-
NO <sub>x</sub> [mg/km]	38
HC+NO <sub>x</sub> [mg/km]	88
PM [mg/km]	0,3
Potrošnja goriva [l/100km]	4,9
Gradski NO <sub>x</sub> (RDE) [mg/km]	150



**Slika 4.6.3.3.** Kategorizacija vozila 3 prema AIR indeksu [35]

Ovo vozilo prema emisijama pri AIR ispitivanjima smješteno je u C kategoriju prema emisijama CO<sub>2</sub> i A kategoriju prema NO<sub>x</sub>-u. Kako je i u primjeru 2 naznačeno C kategorija ima raspon od 130 do 180 g/km CO<sub>2</sub> dok je A kategorija NO<sub>x</sub> najbolja kategorija i kreće se od 0 pa do 80 mg/km. Prema tome je ovo Kia vozilo iznimno ekološki prihvatljivo. Službena ocjena CO<sub>2</sub> je 150 g/km što je nešto više nego kod WLTP ispitivanja gdje je izmjereno 130 g/km. Iznenaduje podatak da je RDE gradskom vožnjom izmjereno 150 mg/km NO<sub>x</sub>-a, a AIR indeksom spada u A kategoriju. Također prema AIR mjerenjima CO i CO<sub>2</sub> predviđena potrošnja je viša i iznosi 6,3 l/100km u odnosu na WLTP sa 4,9 l/100km. Daje se za zaključiti da razlike među vrijednostima postoje. Kako je kategorizacija AIR indeksom relativno nova postoji mogućnost da neki od podataka nisu potpuno točni. Širenjem baze rezultata vjerojatno će doći do povećanja točnosti, a moguće je da i ovakav način provjere ispušnih emisija postane vodeći u homologaciji i ispitivanju sukladnosti s važećim ekološkim propisima.



## 5. Freoni

Fluorirani staklenički plinovi poznatiji pod nazivom freoni koriste se za prijenos topline u rashladnim uređajima te kao potisna sredstva za raspršivanje tekućina koje se nalaze u raznim sprejevima. U freone spadaju fluorougljikovodici (HFC), sumporov heksafluorid ( $\text{SF}_6$ ), perfluorougljici (PFC) i tvari koje sadrže iste. Fluorougljikovodik je organski spoj čija se molekula sastoji od fluora, vodika i do 6 atoma ugljika. Spoj perfluorougljika pak se sastoji samo od fluora i ne više od 6 atoma ugljika. Sedamdesetih i osamdesetih godina prošlog stoljeća otkriveno je da njihova upotreba rezultira štetnim utjecajima na okoliš. Prvenstveno se misli na oštećivanje ozona koji se nalazi u višim dijelovima atmosfere te štiti Zemljinu površinu od ultraljubičastog zračenja. S time se počeo povezivati termin ozonskih rupa te potreba za smanjenjem količine freona u upotrebi. Nadalje freoni se također upotrebljavaju u motornim vozilima kao rashladno sredstvo u klima uređajima. Tako je 1987. Montrealskim protokolom odlučeno da se za 50% smanji upotreba freona te je kasnije još pooštren. Kako bi se reducirale emisije fluoriranih plinova iz mobilnih klimatizacijskih sustava (MAC - engl. Mobile Air-Conditioning) EU postupno uvodi zabrane. Tako je 2006. izdana "Direktiva 2006/40/EZ o emisijama iz sustava za klimatizaciju u motornim vozilima" koja je i danas na snazi. Odnosi se na osobna i laka gospodarska vozila. Cilj direktive je da se izbacе freoni s potencijalom globalnog zagrijavanja GWP (engl. Global Warming Potential) većim od 150. Potencijal globalnog zagrijavanja označava potencijal klimatskog zagrijavanja fluoriranog stakleničkog plina s obzirom na odgovarajući potencijal ugljikovog dioksida. GWP se izračunava kao potencijal klimatskog zagrijavanja 1 kg plina u razdoblju od 100 godina u odnosu na odgovarajući potencijal 1 kg  $\text{CO}_2$ . Od 1. siječnja 2011. sustavi klima uređaja koji sadrže freone sa GWP-om većim od 150 ne smiju se ugrađivati u nova vozila čija je homologacija izdana nakon tog datuma. Naknadna zabrana ugrađivanja u sva vozila krenula je od 1. siječnja 2017. godine. Izuzetak je ponovno punjenje sustava koji već sadrže te plinove ili su ugrađeni u vozila prije tog datuma. [37,38]

Prvi klimatizacijski sustavi u automobilima koristili su freon R-12 (diklordifluormetan), ali je zbog vrlo visokog štetnog utjecaja na ozonski omotač zabranjen i zamijenjen sa R-22 (klordifluormetan), a kasnije sa R-134a (1,1,1,2-tetrafluoroetan). R-134a spada u skupinu fluorougljikovodika (HFC-134a) i ima GWP 1300 što je visoko iznad cilja od 150. Prema Direktivi njegovo korištenje u novim vozilima se zabranjuje nakon 1. siječnja 2017. godine. Zbog tog razloga došlo je do potrebe za novim prihvatljivijim plinom pa se danas u nova vozila stavlja R-1234yf (2,3,3,3-tetrafluoropropen). Njegov GWP iznosi 4 što je za 99,7%

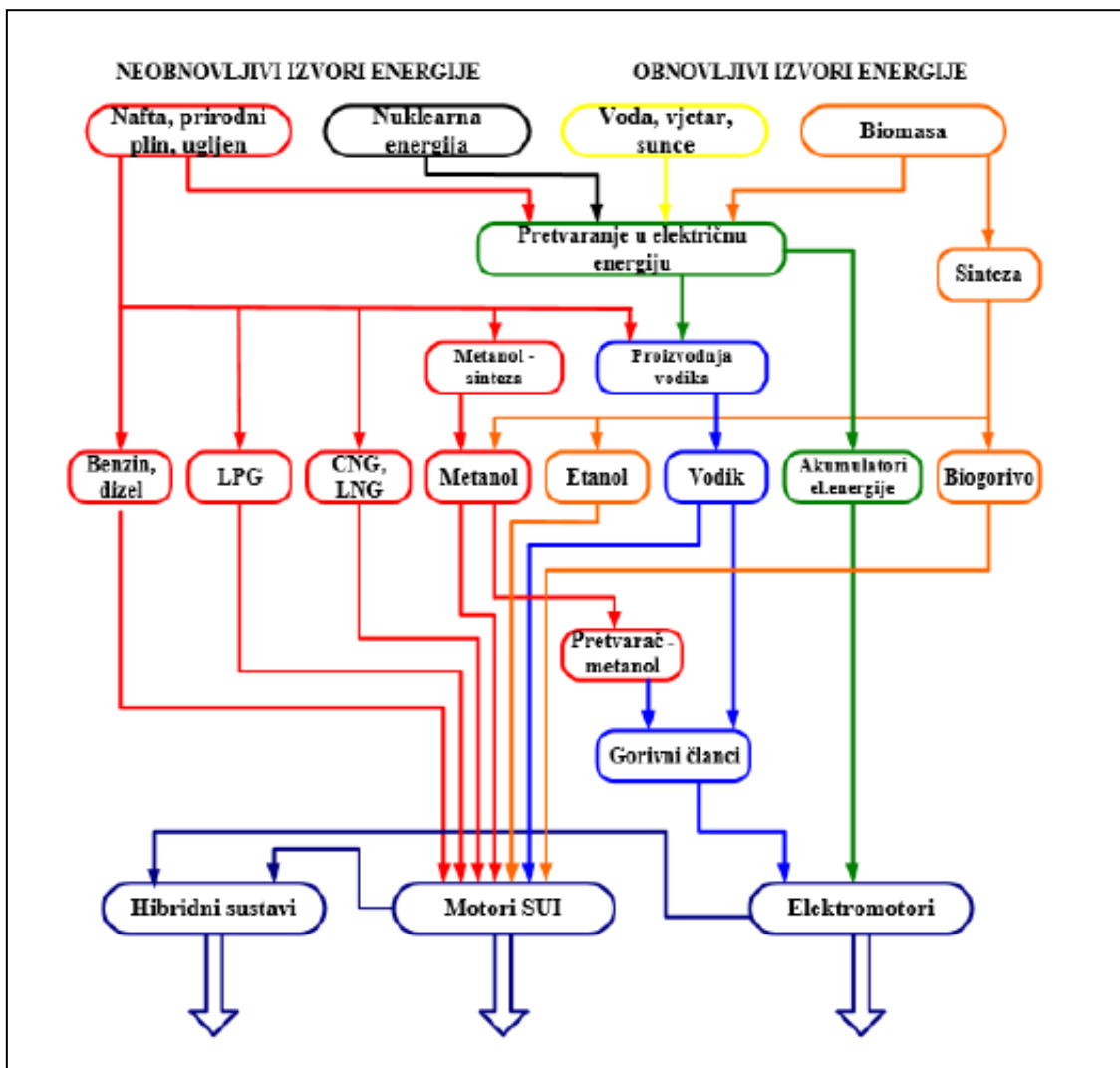
manje od R-134a. Iako je ekološki prihvatljiviji ima nedostatke poput veće cijene i manje učinkovitosti (oko 10%). Isto tako ima i nižu temperaturu samozapaljenja od R-134a. Zbog problema s opskrbom proizvođača R-1234yf plinom Europska komisija je 2013. privremeno odgodila primjenu Direktive no u današnje vrijeme dostupne količine su se povećale pa ga većina novih vozila koristi. U daljnjem pogledu poboljšanja automobilske kompanije već razmatraju nove mogućnosti. Kao alternativa se spominje R-744 (ugljičkov dioksid). Ugljičkov dioksid kao prirodno rashladno sredstvo potpuno je ekološki prihvatljiv te ima izvrsna termodinamička svojstva i nisku potrošnju energije. Njegov potencijal globalnog zagrijavanja je minimalan i iznosi 1 što se vidi u tablici 5.1.. [37,38]

**Tablica 5.1.** GWP pojedinih freona [38]

<b>FREON</b>	<b>GWP</b>
R-12	10900
R-22	1810
R-134a	1300
R-1234yf	4
R-744	1

## 6. Alternativna vozila

S obzirom na nedostatke goriva iz fosilnih izvora sve više se uvode nove generacije vozila. Najveći problem predstavljaju štetne emisije ispušnih plinova koje onečišćuju zrak i okoliš pa se stoga automobilska industrija okreće k obnovljivim izvorima energije (slika 6.1.). Alternativna goriva koja se sve više koriste su ukapljeni naftni plin (LPG - engl. Liquefied Petroleum Gas), prirodni plin, električni pogon, alkoholna goriva, biljna ulja i vodik. Njihovom upotrebom ne mogu se postići nulte stope ispušnih plinova zbog kemijskog sastava goriva i potrebe za podmazivanjem motora, ali se u velikoj mjeri utječe na smanjenje ispušnih emisija i stakleničkih plinova. [8]



Slika 6.1. Izvori energije za pogon cestovnih vozila [8]

Prema slici 6.1. vidi se da je korištenje motora SUI nezaobilazno budući da imaju i svoje pozitivne karakteristike bez obzira koje se pogonsko gorivo koristi. Osnovni kriteriji za ocjenu alternativnih goriva za pogon motora SUI su:

- emisija ispušnih plinova,
- potrošnja goriva,
- cijena alternativnog goriva,
- performanse vozila s pogonom na alternativna goriva,
- nalazišta, način dobivanja i rezerve alternativnog goriva,
- troškovi konverzije ili proizvodnje vozila,
- načini i mogućnosti uskladištenja goriva na vozilu,
- mogućnost punjenja gorivom i potrebna infrastruktura te
- opća sigurnost vozila. [8]

Sve više se spominju električna, hibridna i priključna (engl. plug-in) hibridna vozila pa se trendovi u automobilskoj industriji dijele na pet skupina:

- a) elektrifikacija vozila,
- b) autonomnost vozila,
- c) djeljivost vozila,
- d) povezanost vozila i
- e) sve češći period unaprjeđenja vozila. [15]

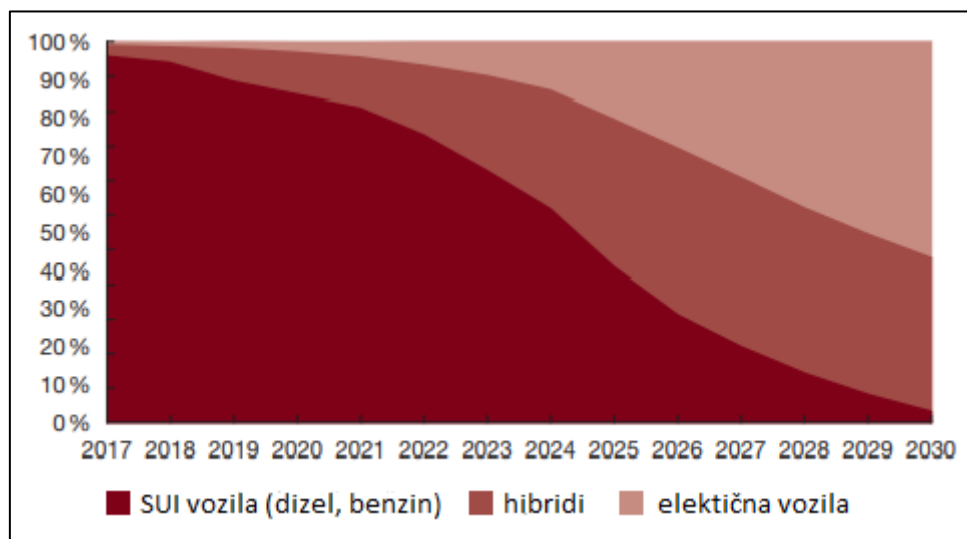
Tehničkim rješenjima hibridnog pogona u kombinaciji sa motorima SUI znatno su smanjene emisije ispušnih plinova iz vozila. Hibridni pogon ima više od jednog pogonskog izvora što se najčešće ostvaruje kombinacijom motora SUI i barem jednim elektromotorom. Dije se na mikro hibride, umjerene i srednje hibride te potpune hibride. Osnovne razlike među njima su snaga i napon pogonskog električnog sustava, start-stop sustav, regenerativno kočenje, podrška okretnog momenta i električna vožnja. Prema vezi mehaničkog i električnog dijela razlikuju se serijski i paralelni hibridni sustavi. Potpuni hibridi su oni kojima je omogućena vožnja vozila gonjenih samo elektromotorom. Kod umjerenog hibrida elektromotor samo pomaže motoru SUI. Vozila koja su sadržavaju samo start-stop sustav smatraju se mikro hibridima, iako imaju samo jedan izvor pogona tj. motor SUI. Hibridna vozila čije se baterije mogu puniti preko priključka iz električne mreže nazivaju se priključnim hibridnim vozilima odnosno plug-in hibridima (slika 6.2.). Glavna značajka im je

povećan doseg vožnje na samo električnu energiju pa im prosjek potrošnje goriva može biti vrlo nizak. [8]



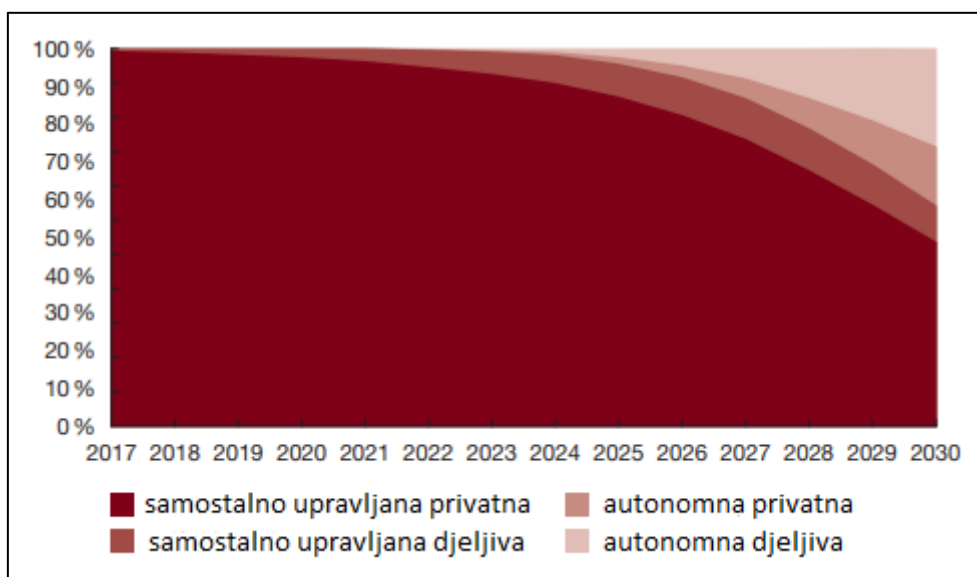
**Slika 6.2.** Priključno (plug-in) hibridno vozilo [4]

Električna vozila pogone se elektromotorom koristeći energiju pohranjenu u bateriji. Ovakva vozila još nisu dospjela u masovnu primjenu te se još razvijaju. Probleme predstavljaju baterije koje imaju relativno veliku masu, a i dometi električnih vozila nisu na razini vozila sa spremnicima za dizelska i benzinska goriva. Također probleme predstavljaju niske temperature uslijed kojih se smanjuju kapaciteti baterija. Jedan od problema je predstavljanje opasnosti za okoliš uslijed nepravilnog rukovanja baterijama. Prema slici 6.3. vidi se trend smanjenja vozila sa motorima SUI uz povećanje broja hibridnih i električnih vozila. [8]



**Slika 6.3.** Budućnost pogona vozila [39]

Budućnošću cestovnih vozila smatraju se autonomna vozila i djeljivost. Pretpostavlja se da će u budućnosti ljudi cestovnim vozilima prelaziti puno više kilometara te će se samim time i vozila prije zamjenjivati novim. Autonomnim vozilima vožnja će biti lakša, ugodnija, sigurnija i jeftinija. Uvođenjem autonomnih vozila koncepti dijeljenja postat će ekonomski isplativi. Mobilnost će se razvijati od današnjih samostalno upravljanih privatnih vozila prema samostalno upravljanim djeljivim vozilima. Nakon toga autonomnim vozilima će se omogućiti privatna i djeljiva autonomna vožnja čiji se udjeli mogu vidjeti na slici 6.4..[39]



Slika 6.4. Trendovi mobilnosti vozila [39]

## 7. Zaključak

U današnjem svijetu cestovnog prometa još uvijek se u najvećoj mjeri koriste vozila pogonjena motorima SUI gdje se prvenstveno misli na benzinska i dizelska vozila (slika 2.1.). Od izuma automobila do danas automobilska industrija postala je jedan od glavnih zagađivača okoliša. Sve ekstremnije vremenske prilike na Zemlji daju do znanja da je šteta učinjena ljudskim djelovanjem. Pojedini ispušni plinovi kao produkt izgaranja goriva u motorima SUI vrlo su štetni te pridonose globalnom zagrijavanju Zemljine atmosfere odnosno utječu na "efekt staklenika". Vidjevši posljedice koje izazivaju staklenički plinovi države potpisnice Konvencije o klimi 1997. godine usvojile su Kyotski protokol. Stupio na snagu 2005. godine, a glavni cilj mu je smanjenje emisija stakleničkih plinova. Definirano je 6 najzastupljenijih stakleničkih plinova, a to su ugljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ), fluorougljikovodici (HFC), dušikov oksid ( $\text{N}_2\text{O}$ ), perfluorougljici (PFC) i sumporov heksafluorid ( $\text{SF}_6$ ). Zbog toga što je cestovni promet najveći onečišćivač okoliša ovim kemijskim spojevima pojavila se potreba za europskim standardima zaštite okoliša koji se odnose na motorna vozila. Od 1992. godine javlja se naziv Euro za standarde koji određuju razine dopuštenih emisija iz ispuha vozila. Tada je uvedena Euro 1 norma, a naknadnim pooštavanjima, izmjenama i dopunama stiglo se do današnjeg Euro 6 standarda. Kako ispušni plinovi iz benzinskih i dizelskih vozila nisu isti razlikuju se i kontrolirane emisije. Kod benzinskih vozila s ograničavane su emisije CO, HC, HC+NO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> i čestice (PM i PN), a kod dizelskih CO, HC+NO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> i čestice. Euro 6 stupio je na snagu 2014. godine pa se već spominje uvođenje novog Euro 7 standarda koji bi se primjenjivao od 1. siječnja 2025. godine. Nadalje, s obzirom da vrijednosti emisija ovise procesu izgaranja goriva unutar motora SUI bilo je potrebno regulirati i kvalitetu primjenjivih goriva. Za ispitivanje i kontrolu vozila u odnosu na odgovarajuće emisijske standarde razvijeni su usklađeni ispitni ciklusi poput NEDC-a i WLTP-a. To su standardizirani ispitni ciklusi koji se provode u laboratorijskim uvjetima od strane proizvođača vozila. Zbog ne baš reprezentativnih podataka (NEDC) i već poznatih skandala s emisijama ("Dieselgate") javila se potreba za novim ispitnim ciklusom. Da se spriječe manipulacije i zlouporabe od strane proizvođača uveden je Usklađeni svjetski postupak ispitivanja lakih vozila (WLTP) koji od rujna 2018. godine vrijedi za sva nova vozila. Radi neslaganja s NO<sub>x</sub> rezultatima iz laboratorijskih mjerenja pojavio se RDE postupak mjerenja emisija pri stvarnim uvjetima vožnje. RDE se sastoji od ciklusa gradske i izvangradske vožnje te vožnje autocestom pod točno određenim parametrima trajanja, brzine, temperature, nadmorske visine i sl. Kroz vrijeme eksploatacije vozila dolazi do određenih promjena u njihovom radu pa su moguće

drugačije emisije ispušnih plinova nego što su to kod novih vozila. Kako bi se to izbjeglo vozila se podvrgavaju ispitivanjem na EKO testu koji se najčešće provodi u okviru redovitih tehničkih pregleda. Za buduće još reprezentativnije podatke o emisijama i potrošnji goriva spominje se AIR indeks kao neovisno ispitivanje. Upotreba freona u rashladnim sustavima vozila također zaslužuje osobitu pažnju. Freoni isto spadaju u stakleničke plinove pa je njihova upotreba također regulirana europskim propisima. Reguliranje je određeno dozvoljenim parametrom globalnog zagrijavanja (GWP). Novim R-1234yf plinom čiji je  $GWP = 4$  vidljivo je poboljšanje od 99,7% u odnosu na prijašnji R-134a ( $GWP = 1300$ ) i postignut cilj smanjenja GWP-a ispod 150. Dosadašnjim mjerama zaštite okoliša smanjile su se štetne emisije u atmosferi no za postizanje daljnjih ciljeva bit će potrebno poduzeti nove korake. Tu se već nameću nova alternativna vozila na električni, hibridni i plug-in pogon. Isto tako ostaje za vidjeti kako će se razvijati sustavi autonomnosti, djeljivosti i mobilnosti.

U Varaždinu, 21. rujana 2021.

---



IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, DAVID KOVAČ (*ime i prezime*) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom PRIMJENA EUROPSKIH NORMI ZAŠTITE OKOLIŠA U PROIZVODNJI MOTORNIH VOZILA M1 KATEGORIJE (*upisati naslov*) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(*upisati ime i prezime*)

Kovač David  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, DAVID KOVAČ (*ime i prezime*) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom PRIMJENA EUROPSKIH NORMI ZAŠTITE OKOLIŠA U PROIZVODNJI MOTORNIH VOZILA M1 KATEGORIJE (*upisati naslov*) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(*upisati ime i prezime*)

Kovač David  
(vlastoručni potpis)

## 8. Literatura

- [1] [https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles_en) (dostupno 07.01.2021.)
- [2] <https://www.acea.be/statistics/article/Passenger-Car-Fleet-by-Fuel-Type> (dostupno 08.01.2021.)
- [3] R. Marin: Tehnologija automobila, Auto Mart, Zagreb, 2010.
- [4] <https://beaudaniels.com/automotive> (dostupno 08.01.2021.)
- [5] J. Jurkovic: Mjere smanjenja štetnih ispušnih plinova Otto motora, Završni rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016.
- [6] <https://www.eea.europa.eu/highlights/no-improvements-on-average-co2> (dostupno 12.01.2021.)
- [7] <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-pollutant-emissions-data-viewer-3> (dostupno 12.01.2021.)
- [8] K. Kavelj: Štetni učinci ispušnih plinova Diesellovih motora na okoliš i zdravlje ljudi, Završni rad, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2018.
- [9] <https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-drivers-of-eu-ghg> (dostupno 12.01.2021.)
- [10] <https://www.eea.europa.eu/themes/climate/eu-greenhouse-gas-inventory/eu-greenhouse-gas-inventory-2016> (dostupno 12.01.2021.)
- [11] <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-greenhouse-gases-7/assessment> (dostupno 12.01.2021.)
- [12] U.Tietge, P. Mock, J. Drnoff: CO<sub>2</sub> emissions from new passenger cars in Europe: Car manufacturers' performance in 2019, International council on clean transportation, kolovoz 2020.
- [13] P. Mock, S. Díaz: European market vehicle statistics, International council on clean transportation, 2020.
- [14] <https://www.rac.co.uk/drive/advice/emissions/euro-emissions-standards/> (dostupno 13.01.2021.)
- [15] T. Vučetić: Održavanje i dijagnostika kvarova osobnih vozila prema EU normama, Diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2019.
- [16] G. Šagi, R. Tomić, P. Ilinčić: Razvoj propisa o dopuštenim emisijama štetnih tvari iz motora s unutarnjim izgaranjem, 2009., str. 159-173

- [17] J. Zirdum: Sustav akvizicije podataka iz vozila za analizu energetske učinkovitosti vožnje, Diplomski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016.
- [18] <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/auto-kaufen-verkaufen/neuwagenkauf/euro-6d-temp-modelle/> (dostupno 15.01.2021.)
- [19] <https://www.fleeteurope.com/fr/new-energies-fiscalite-et-legislation/europe/features/do-you-know-your-euro-6-your-6c-and-6d-temp?a=DQU04&t%5B0%5D=Diesel&t%5B1%5D=RDE&t%5B2%5D=Euro%206d&t%5B3%5D=WLTP&t%5B4%5D=Euro%206d%20TEMP&t%5B5%5D=EVAP&t%5B6%5D=Taxation%20Guide&curl=1> (dostupno 15.01.2021.)
- [20] Uredba (EU) 2019/631 Europskog parlamenta i vijeća od 17. Travnja 2019. O utvrđivanju standardnih vrijednosti emisija CO<sub>2</sub> za nove osobne automobile i za nova laka gospodarska vozila te o stavljanju izvan snage uredbi (EZ) br. 443/2009 i (EU) br. 510/2011 (dostupno 18.01.2021.) Dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html?locale=hr>
- [21] [https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/regulation\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/regulation_en) (dostupno 15.01.2021.)
- [22] <https://www.eea.europa.eu/themes/transport/electric-vehicles/electric-vehicles-and-energy> (dostupno 15.01.2021.)
- [23] <https://www.jutarnji.hr/autoklub/aktualno/tjeraju-li-nas-samo-na-struju-euro-7-norma-motore-s-unutarnjim-izgaranjem-ubija-od-2026-15076973> (dostupno 30.6.2021.)
- [24] <https://autoportal.hr/izdvojeno/euro-7-2025-dva-scenarija-za-ekoloske-norme-povom-principu-ostar-i-ostriji/> (dostupno 30.6.2021.)
- [25] [https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/fuel\\_en#tab-0-0](https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/fuel_en#tab-0-0) (dostupno 16.01.2021.)
- [26] Uredba o kvaliteti tekućih naftnih goriva i načinu praćenja i izvješćivanja te metodologiji izračuna emisija stakleničkih plinova u životnom vijeku isporučenih goriva i energije, NN 57/2017
- [27] M. Mandić: Postupak mjerenja emisije štetnih produkata izgaranja iz motora s unutarnjim izgaranjem, Završni rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2014.
- [28] Worldwide Emission Standards and Related Regulations, Passenger Cars / Light and Medium Duty Vehicles, Continental, svibanj 2019.
- [29] <https://www.daimler.com/sustainability/climate/wltp/> (dostupno 3.8.2021.)
- [30] [https://dieselnet.com/standards/eu/ld\\_rde.php](https://dieselnet.com/standards/eu/ld_rde.php) (dostupno 20.8.2021.)
- [31] Uredba Komisije (EU) 2017/1154 od 7. lipnja 2017. o izmjeni Uredbe (EU) 2017/1151 o dopuni Uredbe (EZ) br. 715/2007 Europskog parlamenta i Vijeća o

homologaciji motornih vozila s obzirom na emisije svjetlosti putnička i gospodarska vozila (Euro 5 i Euro 6) te o pristupu informacijama o popravku i održavanju vozila, izmjenama i dopunama Direktive 2007/46/EZ Europskog parlamenta i Vijeća, Uredbe Komisije (EZ) br. 692/2008 i Uredbe Komisije (EU) br. 1230/2012 i stavljanju izvan snage Uredbe (EZ) br. 692/2008 i Direktive 2007/46/EZ Europskog parlamenta i Vijeća u pogledu stvarnih emisija iz vožnje iz lakih putničkih i gospodarskih vozila (Euro 6) (dostupno 30.8.2021.) Dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R1154&from=EN>

- [32] <https://www.aip-automotive.de/en/Products/Emission-Technology/Portable-Emission-Measurement> (dostupno 30.8.2021.)
- [33] <https://www.cvh.hr/gradani/homologacija/sto-je-homologacija-vozila/> (dostupno 30.8.2021.)
- [34] Đ.Šilić: Ispitivanje motornih vozila, Veleučilište Velika Gorica, Velika Gorica, 2010.
- [35] <https://airindex.com/> (dostupno 3.9.2021.)
- [36] <https://carfueldata.vehicle-certification-agency.gov.uk/> (dostupno 3.9.2021.)
- [37] Direktiva 2006/40/EZ Europskog Parlamenta I Vijeća od 17. svibnja 2006. o emisijama iz sustava za klimatizaciju u motornim vozilima i o izmjeni Direktive Vijeća 70/156/EEZ (dostupno 7.9.2021.) Dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0040&from=DA>
- [38] <https://www.boconline.co.uk/en/products-and-supply/refrigerant-gases/index.html> (dostupno 7.9.2021.)
- [39] Autofacts: Five trends transforming the Automotive Industry, PwC, 2017.

## Popis slika

<b>Slika 2.1.</b> Vrste putničkih vozila u EU u 2019. godini [2] .....	2
<b>Slika 2.2.</b> Ispušni sustav automobila [4] .....	3
<b>Slika 2.1.1.</b> Prosječne emisije CO <sub>2</sub> u EU u 2009. godini (lijevo) i 2017. godini (desno) [6] ....	5
<b>Slika 2.2.1.</b> Trendovi ispuštanja štetnih spojeva u atmosferu prema EEA [7] .....	6
<b>Slika 2.3.1.</b> Povećanje temperature zraka u Europi od 1990. do 2019. godine. [9].....	8
<b>Slika 2.3.2.</b> Razina emisija stakleničkih plinova iz prometa u EU [11] .....	9
<b>Slika 2.4.1.</b> Emisije CO <sub>2</sub> iz novih osobnih automobila u Europi u 2019. godini [13].....	10
<b>Slika 3.3.</b> Smanjenje štetnih emisija dizelskih vozila M1 kategorije [16].....	14
<b>Slika 3.4.</b> Smanjenje štetnih emisija benzinskih vozila M1 kategorije [16].....	15
<b>Slika 3.1.1.</b> Primjer katalizatora [17] .....	15
<b>Slika 3.4.1.</b> Primjer filtera čestica u dizelskim vozilima [17].....	17
<b>Slika 3.5.1.</b> Shematski prikaz redukcije ispušnih plinova benzinskih vozila sa trokomponentnim i apsorpcijskim katalizatorom [16] .....	18
<b>Slika 3.6.1.1.</b> Shematski prikaz Euro 6 ispušnog sustava kod dizelskih vozila [16].....	19
<b>Slika 3.6.1.2.</b> Otvor za točenje AdBlue tekućine [15] .....	20
<b>Slika 3.6.2.1.</b> Kanali kod filtera čestica benzina [15] .....	21
<b>Slika 3.7.1.</b> Procjene kretanja emisije CO <sub>2</sub> za 2030. i 2050. godinu [15] .....	24
<b>Slika 3.7.1.2.</b> Uvođenje nove Euro 7 norme [23] .....	26
<b>Slika 4.1.2.</b> Prikaz NEDC ispitnog ciklusa [28] .....	30
<b>Slika 4.2.1.</b> Profil brzina za 1. kategoriju [28].....	32
<b>Slika 4.2.2.</b> Profil brzina za 2. kategoriju [28].....	33
<b>Slika 4.2.3.</b> Profil brzina za 3. kategoriju [28].....	33
<b>Slika 4.2.1.1.</b> Prosječan omjer WLTP/NEDC za pojedine grupacije u 2019. godini [12] .....	34
<b>Slika 4.3.1.</b> Parametri propisani RDE ciklusom [29] .....	37
<b>Slika 4.3.2.</b> Shema postavljanja analizatora PN-a [31].....	38
<b>Slika 4.3.3.</b> Izgled PEMS uređaja [32] .....	39
<b>Slika 4.5.1.</b> Shematski prikaz lambda sonde [27].....	42
<b>Slika 4.5.2.</b> Rezultat EKO testa OTTO - REG-KAT - EURO 5 vozila.....	43
<b>Slika 4.5.3.</b> Rezultat EKO testa DIZEL - EURO 4 vozila.....	44
<b>Slika 4.6.1.</b> Cjelovite i predviđene ocjene prema AIR indeksu [35] .....	45
<b>Slika 4.6.2.</b> Označavanje prema AIR indeksu [35].....	46
<b>Slika 4.6.1.3.</b> Kategorizacija vozila 1 prema AIR indeksu [35] .....	48

<b>Slika 4.6.2.3.</b> Kategorizacija vozila 2 prema AIR indeksu [35] .....	50
<b>Slika 4.6.3.3.</b> Kategorizacija vozila 3 prema AIR indeksu [35] .....	52
<b>Slika 6.1.</b> Izvori energije za pogon cestovnih vozila [8] .....	55
<b>Slika 6.2.</b> Priključno (plug-in) hibridno vozilo [4] .....	57
<b>Slika 6.3.</b> Budućnost pogona vozila [39] .....	57
<b>Slika 6.4.</b> Trendovi mobilnosti vozila [39] .....	58

## Popis tablica

<b>Tablica 2.4.2.</b> CO <sub>2</sub> emisije pojedinih grupacija i potrebne promjene [12].....	11
<b>Tablica 3.1.</b> Granične vrijednosti štetnih emisija dizelskih vozila M1* kategorije [15].....	12
<b>Tablica 3.2.</b> Granične vrijednosti štetnih emisija benzinskih vozila M1* kategorije [15].....	13
<b>Tablica 3.6.3.1.</b> Ažuriranja norme Euro 6d za vozila M1 i N1 kategorije [18] .....	21
<b>Tablica 3.7.1.1.</b> Promjene dopuštenih ispušnih emisija na normu Euro 7 [24].....	25
<b>Tablica 3.8.1.</b> Granične vrijednosti sastavnica i značajki kvalitete dizelskoga goriva [26]....	27
<b>Tablica 3.8.2.</b> Granične vrijednosti sastavnica i značajki kvalitete benzina [26].....	28
<b>Tablica 4.1.1.</b> Karakteristike ispitnih ciklusa [27] .....	30
<b>Tablica 4.2.1.2.</b> Razlika između NEDC i WLTP ciklusa [29] .....	36
<b>Tablica 4.6.1.1.</b> Vozilo Renault Clio Dynamique Nav [35].....	47
<b>Tablica 4.6.1.2.</b> Podaci WLTP-a za vozilo 1 [36] .....	47
<b>Tablica 4.6.2.1.</b> Vozilo Volkswagen Passat S [35] .....	49
<b>Tablica 4.6.2.2.</b> Podaci WLTP-a za vozilo 2 [36] .....	49
<b>Tablica 4.6.3.1.</b> Vozilo Kia Sportage [35] .....	51
<b>Tablica 4.6.3.2.</b> Podaci WLTP-a za vozilo 3 [36] .....	51
<b>Tablica 5.1.</b> GWP pojedinih freona [38] .....	54