

***Harmful Emission of Internal Combustion Engines –
A New Task in the Area of Harmonization of Croatian
Legislation***

**Štetna emisija motora s unutarnjim izgaranjem –
novi zadatak na području usklađivanja hrvatskog
zakonodavstva**

Ass. Prof. Zoran Lulić¹, Prof. Ivan Mahalec¹, Goran Šagi¹

¹ University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering
and Naval Architecture, Zagreb, Ivana Lučića 5

Doc. dr. sc. Zoran Lulić¹, prof. dr. sc. Ivan Mahalec¹, Goran Šagi¹

¹ Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje,
Zagreb, Ivana Lučića 5

Key words: *Internal combustion engines, harmful emission, legisla-
tion, EU Directive*

Abstract: *The paper deals with the EU 97/68 Directive and the amend-
ing Directives related to measures against the emission of
gaseous and particulate pollutants from internal combustion
engines to be installed in non-road mobile machinery. Also,
the legislation procedure and problems of implementation
process are considered.*

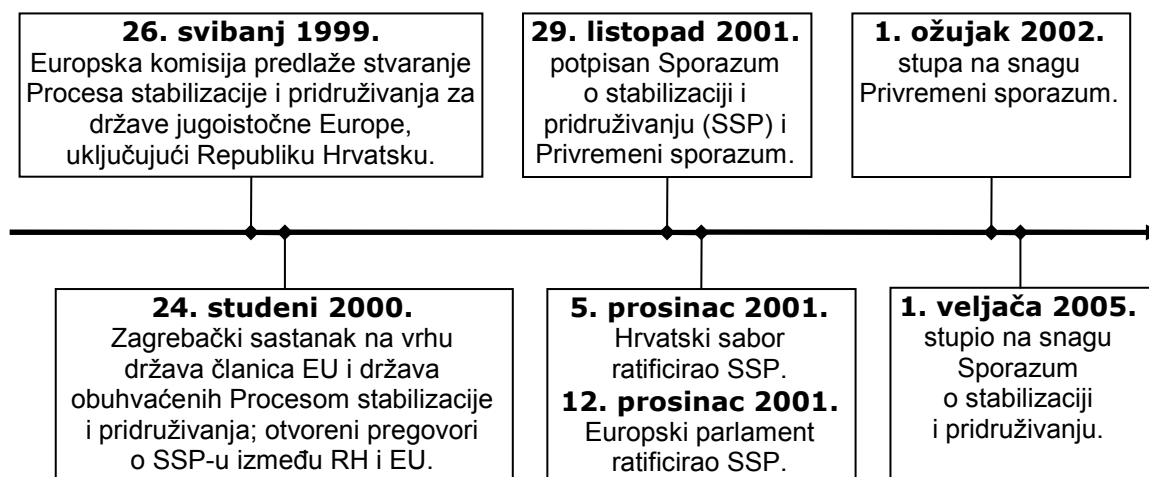
Ključne riječi: motori s unutarnjim izgaranjem, štetna emisija, zakonski
propisi, EU direktiva

Sažetak: U radu je dan pregled EU direktive 97/68 i njezinih izmjena i
dopuna koja se odnosi na štetnu emisiju plinovitih sastojaka
i čestica iz motora s unutarnjim izgaranjem namijenjenih ug-
radnji u izvancestovne pokretne strojeve. Također je dan i
osvrt na probleme procesa implementacije.

1. Uvod

Motori s unutarnjim izgaranjem ispuštaju u okolinu čitav niz štetnih sastojaka. Za sada su međunarodnim propisima ograničeni samo CO, HC, NO_x, čestice, kod plinskih motora metan i nemetanski ugljikovodici, a kod cestovnih motornih vozila kao cjeline i ispuštanje para goriva. U Republici Hrvatskoj je europskim homologacijskim propisima obuhvaćeno i uređeno područje štetne emisije motora cestovnih vozila i poljoprivrednih traktora, a propisima IMO/MARPOL uređena je emisija teških brodskih motora za plovidbu u međunarodnim vodama. Međutim, potpunu nepoznanicu predstavlja emisija motora stabilnih i izvancestovnih pokretnih strojeva i ostalih vozila. Za najveći broj tih motora se uopće ne zna kojim standardima odgovara njihova štetna emisija niti se o tome vodi jedinstvena evidencija na državnoj razini.

Prihvaćanje europskih standarda i kriterija u zaštiti okoliša kao obveze Republike Hrvatske proizašle potpisivanjem *Sporazuma o stabilizaciji i pridruživanju* (SSP), prilagodba zakonodavstva zaštite okoliša konceptu održivog razvoja te nepostojanje zakonske regulative koje se odnosi na emisiju plinovitih onečišćivača i onečišćujućih krutih čestica iz motora s unutarnjim izgaranjem što se ugrađuju u izvancestovne pokretne strojeve, nameću potrebu implementacije direktive 97/68/EZ i njenih izmjena i dopuna u zakonodavstvo RH. Provedba ovog složenog zadatka teško da se može zamisliti bez djelotvornog nadzora, koji opet ne može biti vjerodostojan bez laboratorija za mjerenje štetne emisije ovih motora.



Slika 1. Kronologija prihvaćanja Sporazuma o stabilizaciji i pridruživanju

Sporazum o stabilizaciji i pridruživanju [1] Europska unija je ponudila državama jugoistočne Europe obuhvaćenim Procesom stabilizacije i pridruživanja, među koje pripada i Republika Hrvatska. SSP državi potpisnici daje status pridruženog člana i potencijalnog kandidata za članstvo u EU. SSP je pravni temelj i sadržajni okvir odnosa RH i EU te je prvi korak u institucionaliziranju odnosa s EU koji treba omogućiti postupne pripreme RH za ostvarenje punopravnog članstva u EU.

Obveze i ciljevi iz SSP-a. Sporazumom o stabilizaciji i pridruživanju se uređuju opća načela, politički dijalog, regionalna suradnja, slobodno kretanje roba, kretanje radnika, osnivanje pravnih osoba, pružanje usluga i kapitala, usklađivanje zakona, provedba zakona i pravila tržišnog natjecanja, pravosuđe i unutarnji odnosi, politike suradnje i financijska suradnja. Ciljevi su tog sporazuma: razvijanje političkog dijaloga između EU i zemlje potpisnice sporazuma, početak postupnog usklađivanja nacionalnog zakonodavstva zemlje potpisnice s pravnom stečevinom Europske unije, promicanje gospodarskih odnosa dviju strana, postupno razvijanje zone slobodne trgovine između dviju strana te poticanje regionalne suradnje u sklopu Procesu stabilizacije i pridruživanja.

Od potpisivanja SSP-a u listopadu 2001. godine Vlada RH je počela ispunjavati preuzete obveze prema *Planu provedbe Sporazuma o stabilizaciji i pridruživanju* [2], koji je usvojen neposredno prije potpisivanja SSP-a i od tada je na snazi. *Plan* je operativni dokument koji utvrđuje mjere potrebne za uspješnu provedbu obveza preuzetih potpisivanjem Sporazuma. *Plan* ujedno odgovara na ključna pitanja vezana za provedbu Sporazuma: što se mora učiniti, tko je odgovoran za pojedinačnu provedbu, kako i u kojim će se rokovima Sporazum provoditi.

RH i preuzete međunarodne obveze u zaštiti okoliša. Za većinu međunarodnih dokumenata o zaštiti okoliša kojima je potpisnik, i za većinu programa koje provodi, Republika Hrvatska mora učiniti promjene u zakonodavnom sustavu, osigurati resurse za implementaciju (budući da se često odnose na ograničavanje emisija u pojedinim tehnološkim procesima, prilagodbu novim tehnologijama, a najčešće na adaptaciju tehnoloških sustava modernijim i zahtjevnijim načinima proizvodnje), a često i inicirati administrativno-institucionalne promjene u postojećem sustavu zaštite okoliša, kako bi se obveze mogle provesti.

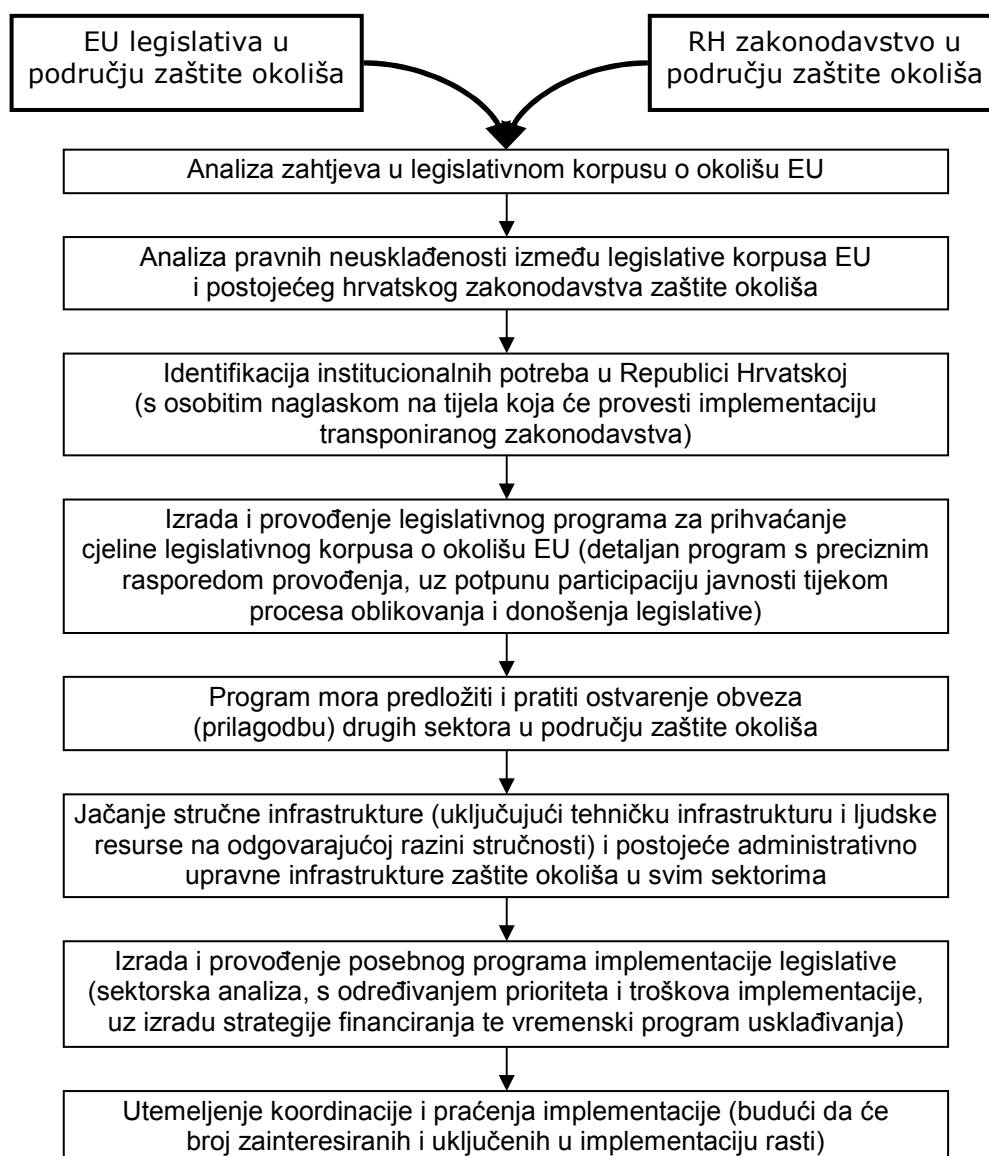
U Republici Hrvatskoj donesen je *Nacionalni plan djelovanja za okoliš*. On sadrži: konkretne ciljeve, mjere za ostvarivanje ciljeva, razinu djelovanja (državna, lokalna, ...), odgovorne nositelje (ministarstva i druga tijela državne uprave, regionalnu samoupravu, ...), vrijeme potrebno za provedbu mjera i aktivnosti radi ostvarivanja ciljeva: kratkoročno, srednjoročno i dugoročno te moguće financijske izvore (državni proračun, gospodarski sektor, gradski ili općinski ili županijski proračuni i međunarodni izvori).

Kao mjerila za određivanje prioriteta planova istaknuti su prije svega: održivost, socio-ekonomska i ekološka korist, financijska i tehnička provedivost projekta, ali i potreba za ispunjenjem prioriteta obveza Republike Hrvatske u procesu pridruživanja EU, npr. obveze iz tzv. Bijeće knjige.

Dvije su teme posebno važne i dugoročno će imati veliki utjecaj na *zaštitu okoliša* u RH. Kao *prvo* to je prilagodba RH konceptu održivog razvoja, a *drugo* je približavanje i priključenje RH Europskoj uniji. Koncept održivog razvoja mora postati dominantna odrednica strategije razvoja Republike Hrvatske. Žele li se ispuniti sve pretpostavke u odnosu na okoliš koje se zemlji kandidatu za priključenje EU nameću, onda mora s obzirom na opsežnost posla, osim želje i jasno izražene političke volje, za taj korak imati

program i plan. Naime, eventualna integracija nije samo puko prepisivanje legislative EU, ona nadasve traži *implementaciju* europskih standarda i kriterija u zaštiti okoliša.

Usklađivanje zakonodavstva. Potpisivanjem Sporazuma o stabilizaciji i pridruživanju s EU, Hrvatska se obvezuje na *postupno usklađivanje zakonodavstva s pravnom stečevinom* Europske unije. Time će usklađivanje zakonodavstva prestati biti dobrovoljno, djelomično i izborno te postati obvezno, sveobuhvatno, postupno i nepovratno. Tijela državne uprave u pripremi zakonodavnih akata kojima se usklađuje zakonodavstvo RH s pravnom stečevinom Unije obvezna su uz zakonodavni akt priložiti ispunjenu Izjavu o usklađenosti i Usporedni prikaz podudarnosti odredaba prijedloga akta s odredbama relevantnih propisa Europske unije.



Slika 2. Postupak usklađivanja zakonodavstva RH s pravnom stečevinom EU u području zaštite okoliša

2. Područje primjene direktive 97/68 i njenih izmjena i dopuna

2.1. Direktiva 97/68/EZ

Ova direktiva obuhvaća motore strojeva namijenjenih i prilagođenih kretanju po tlu, na kotačima ili bez njih, i to motore s kompresijskim paljenjem, efektivne snage od 18 kW do 560 kW, a koji češće rade s promjenjivom brzinom vrtnje nego s konstantnom.

To su npr. motori industrijske opreme za bušenje, motori kompresora, utovarivača na kotačima, buldozera, traktora i utovarivača na gusjenicama, motori kamionskih utovarivača, izvancestovnih teretnih vozila, hidrauličnih bagera, poljoprivredne opreme, rotacijskih strojeva za obradu zemlje, šumske opreme itd.

2.2. Direktiva 2002/88/EZ

Direktiva obuhvaća motore koji se ugrađuju u strojeve namijenjene i prilagođene kretanju po tlu, na kotačima ili bez njih, i to:

1. motore s kompresijskim paljenjem snage od 18 kW do 560 kW, koji češće rade s promjenjivom brzinom vrtnje nego s konstantnom; Tu spadaju motori namijenjeni pogonu strojeva nabrojanih u točki 2.1.
2. motore s kompresijskim paljenjem, snage od 18 kW do 560 kW, koji rade s konstantnom brzinom vrtnje.

Ova ograničenja stupaju na snagu 31. prosinca 2006. godine, a odnose se na plinske kompresore, generatorske agregate s promjenjivim opterećenjem uključujući postrojenja za hlađenje i agregate za zavarivanje, pumpe za vodu, opremu za košnju travnjaka, opremu za obrezivanje raslinja, opremu za uklanjanje snijega, opremu za čišćenje itd.

3. motore s paljenjem pomoću električne iskre, snage manje od 19 kW. Strojevi čiji su motori obuhvaćeni ovom definicijom su: oprema za košnju travnjaka, motorne pile, generatori, pumpe za vodu, oprema za obrezivanje raslinja itd.

2.3. Direktiva 2004/26/EZ

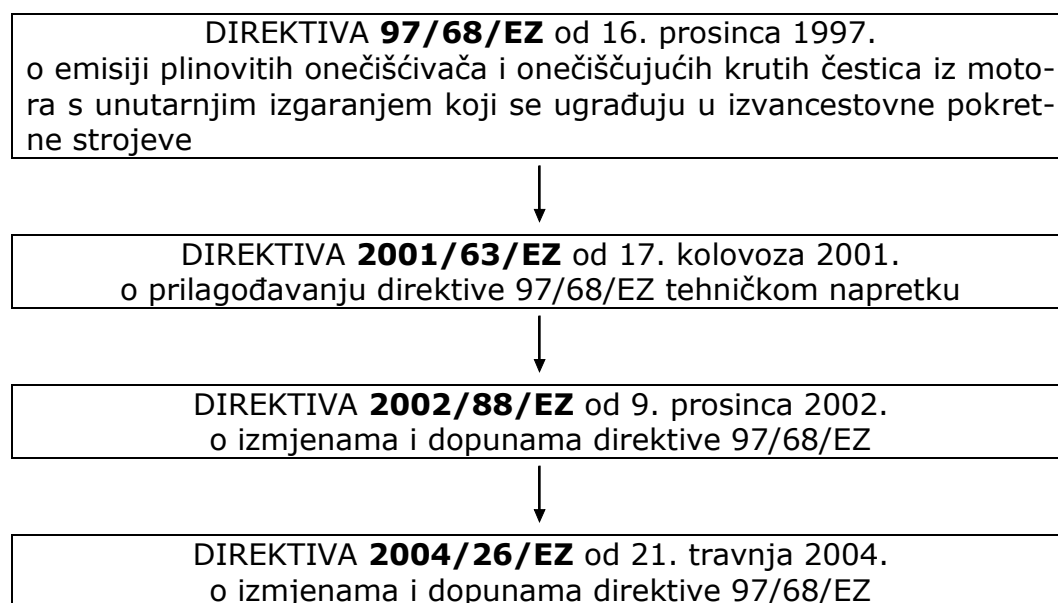
Ovom se direktivom proširuje područje primjene ranijih direktiva 97/68/EZ i 2002/88/EZ. Direktiva se primjenjuje na sve motore koji se ugrađuju u izvancestovne pokretne strojeve, kao i na *pomoćne* motore koji se ugrađuju u cestovna vozila namijenjena prijevozu putnika i robe. Direktiva se ne primjenjuje na motore koji pokreću cestovna motorna vozila definirana direktivama 70/56/EEZ i 92/61/EEZ, kao niti na poljoprivredne traktore definirane direktivom 74/150/EEZ.

Dodatno, ovom su direktivom obuhvaćeni motori koji se ugrađuju u strojeve namijenjene i prilagođene kretanju po tlu, na kotačima ili bez njih i to:

1. s motorima s kompresijskim paljenjem od 19 kW do 560 kW, koji češće rade s promjenjivom brzinom vrtnje nego s konstantnom;
2. s motorima s kompresijskim paljenjem snage od 19 kW do 560 kW, koji rade s konstantnom brzinom vrtnje (ova ograničenja stupaju na snagu 31. prosinca 2006. godine);
3. s motorima s paljenjem pomoću iskre, snage manje od 19 kW;
4. s motorima konstruiranim za pogon motornih vlakova koji su vozila na tračnicama pokretana vlastitim pogonom, posebno konstruirana za transport roba i/ili putnika;
5. s motorima konstruiranim za pogon lokomotiva koje su sastavni dijelovi vozila na tračnicama, pri čemu su lokomotive pokretane vlastitim pogonom, konstruirane za pokretanje i pogon vagona konstruiranih za transport tereta, putnika i ostale opreme, dok same nisu namijenjene transportu tereta ni putnika (izuzev rukovoditelja lokomotive) niti ostale opreme. (Pomoćni motori i motori namijenjeni pogonu opreme za održavanje i radove na tračnicama obuhvaćeni su točkom 1.)

Ova se direktiva ne primjenjuje na brodove (izuzev plovila namijenjenih za unutarnju plovidbu), zrakoplove te vozila za rekreaciju poput vozila za snijeg, izvancestovnih motocikala itd.

Obzirom na izuzetno široko područje primjene i praćenja razvoja tehnike, izvorna je direktiva dosad već tri puta izmijenjena i nadopunjavana.



Slika 3. Kronološki prikaz izvorne direktive 97/68/EZ, izmjena i dopuna

Direktiva i njezine izmjene i dopune uređuju područje tako da motore dijele prema namjeni u različite kategorije (prema snazi i/ili radnom volumenu) i stupnjeve (prema razinama dozvoljene štetne emisije). Te su podjele brojne i relativno složene (tablica 1.).

Tablica 1. Kategorije motora prema Direktivi 97/68 i izmjenama i dopunama

Direktiva	Stupanj	Vrsta/Namjena	Kat.	efektivna snaga, kW	na snazi od
97/68	I.	C.I.	A	$130 \leq P \leq 560$	30.06.1998.
			B	$75 \leq P < 130$	30.06.1998.
			C	$37 \leq P < 75$	30.06.1998.
	II.	C.I.	D	$18 \leq P < 35$	31.12.1999.
			E	$130 \leq P \leq 560$	31.12.2000.
			F	$75 \leq P < 130$	31.12.2001.
			G	$37 \leq P < 75$	31.12.2002.
2002/88	I.	S.I.	SH:1	$V < 20$	11.08.2004.
			SH:2	$20 \leq V < 50$	11.08.2004.
			SH:3	$V \geq 50$	11.08.2004.
			SN:1	$V < 66$	11.08.2004.
			SN:2	$66 \leq V < 100$	11.08.2004.
			SN:3	$100 \leq V < 225$	11.08.2004.
			SN:4	$V \geq 225$	11.08.2004.
	II.	S.I.	SH:1	$V < 20$	1.08.2007.
			SH:2	$20 \leq V < 50$	1.08.2007.
			SH:3	$V \geq 50$	1.08.2008.
			SN:1	$V < 66$	1.08.2004.
			SN:2	$66 \leq V < 100$	1.08.2004.
			SN:3	$100 \leq V < 225$	1.08.2007.
			SN:4	$V \geq 225$	1.08.2006.
2004/26	III.A.	C.I. / n_{var}	H	$130 \leq P < 560$	30.06.2005.
			I	$75 \leq P \leq 130$	31.12.2005.
			J	$37 \leq P < 75$	31.12.2006.
			K	$19 \leq P < 37$	31.12.2005.
		C.I. / n_{const}	H	$130 \leq P < 560$	31.12.2009.
			I	$75 \leq P \leq 130$	31.12.2009.
			J	$37 \leq P < 75$	31.12.2010.
			K	$19 \leq P < 37$	31.12.2009.
		Unutarnje vode	V1:1	$P \geq 37 \text{ kW}, V \geq 0,9 \text{ l/cil.}$	31.12.2005.
			V1:2	$0,9 \text{ l/cil.} \leq V \leq 1,2 \text{ l/cil.}$	30.06.2005.
			V1:3	$1,2 \text{ l/cil.} \leq V \leq 2,5 \text{ l/cil.}$ $37 \text{ kW} \leq P \leq 75 \text{ kW}$	30.06.2005.
			V1:4	$2,5 \text{ l/cil.} \leq V \leq 5 \text{ l/cil.}$	31.12.2006.
			V2	$V \geq 5 \text{ l/cil.}$	31.12.2007.
		Vlakovi	RC A	$P \geq 130$	30.06.2005.
		Lokomotive	RL A	$130 \leq P \leq 560$	31.12.2005.
			RH A	$P > 560$	31.12.2007.
	III.B.	C.I. / n_{var}	L	$130 \leq P < 560$	31.12.2009.
			M	$75 \leq P \leq 130$	31.12.2010.
			N	$56 \leq P < 75$	31.12.2010.
			P	$37 \leq P < 56$	31.12.2011.
		Vlakovi	RC B	$P \geq 130$	31.12.2010.
		Lokomotive	R B	$P \geq 130$	31.12.2010.
	IV.	n_{const}	Q	$130 \leq P < 560$	31.12.2012.
			R	$56 \leq P \leq 130$	31.12.2013.

C.I. - motori s kompresijskim paljenjem (engl. *compression ignition engine*); S.I. - motori s paljenjem pomoću iskre (engl. *spark ignition engine*); n_{var} - motori koji rade s promjenjivom brzinom vrtnje; n_{const} - motori koji rade s konstantnom brzinom vrtnje; Unutarnje vode - pogonski motori plovila za unutarnju plovidbu, Vlakovi - pogonski motori motornih vlakova; Lokomotive - pogonski motori lokomotiva.

3. Dozvoljene štetna emisija

Direktiva 97/68/EZ i njene izmjene i dopune propisuju dozvoljene vrijednosti štetne emisije ispušnih plinova CO, HC i NO_x i krutih čestica za sve kategorije motora navedenih u pregledu kategorije te datume stupanja na snagu.

Općenito govoreći dozvoljene vrijednosti za pojedine kategorije motora, izražene u g/kWh, su usporedbi s dozvoljenim vrijednostima za motore cestovnih gospodarskih vozila (EURO 1, 2, 3, 4) veće te je za očekivati da njihovo zadovoljavanje neće biti veliki problem za proizvođače motora.

4. Ispitni postupak

Ispitivanje se provodi na motoru postavljenom na ispitni stol i spojenom s kočnicom (dinamometrom). Na temelju izmjerene apsolutne temperature zraka na usisu motora T_a [K] i atmosferskog tlaka p_s [kPa] određuje se parametar f_a :

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s} \right)^x \left(\frac{T}{298} \right)^y$$

gdje su x i y parametri ovisni o načinu paljenja gorive smjese u motoru i načinu punjenja cilindra. Ispitni postupak, ovisno o kategoriji motora, priznaje se kao valjan ako je vrijednost parametra f_a : $0,93 \leq f_a \leq 1,07$.

4.1. Ispitni ciklusi

Direktiva 97/68/EZ spada u direktive „starog pristupa“ te su njome i njezinim izmjenama i dopunama propisani ispitni ciklusi za sve kategorije motora.

Ispitni ciklusi određeni su brojem radnih točaka ciklusa, brzinom vrtnje motora i opterećenjem motora te težinskim faktorima za pojedine radne točke.

4.2. Ispitna oprema za određivanje emisije ispušnih plinova

Direktivom je također propisana potrebna mjerna oprema kao i način njezina priključivanja. Ispitna oprema za određivanje emisije nerazrijeđenih ili razrijeđenih ispušnih plinova temelji se na upotrebi analizatora plinova:

- za mjerenje emisije ugljikovodika - HFID analizator (engl. *Heated flame ionization detector*),
- za mjerenje emisije ugljik-monoksida i ugljik-dioksida - NDIR analizator (engl. *Non-dispersive infrared analyser*),
- za mjerenje emisije dušičnih oksida - HCLD ili ekvivalentan analizator (engl. *Heated chemiluminescent detector*).

Osim analizatora za mjerenje emisije motora potrebna je još brojna druga oprema, počev od sonde za uzimanje struje plina, pumpi, ventila te regulatora tlaka. Za praćenje tijeka mjerenja potrebni su također osjetnici temperature, osjetnici tlaka i mjeraci protoka.

Prije dolaska do analizatora plinova, struja ispitivanog plina vodi se kroz grijani predfilter i grijani filter. Namjena filtera je odvajanje krutih čestica iz struje ispitivanog plina.

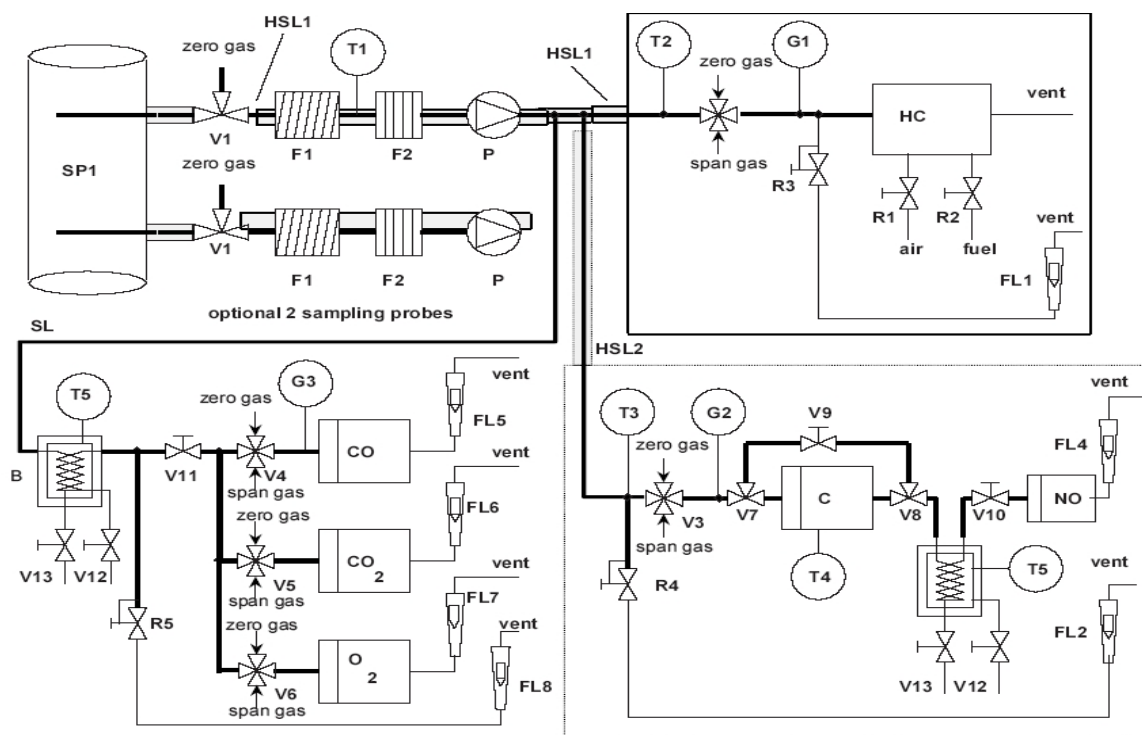
Treba naglasiti da se struja ispitivanog plina vodi od ispitne sonde do razdjelnog ventila posebnim grijanim vodom.

Nakon razdjelnog ventila, ispitivani se plin vodi do analizatora ugljikovodika cijevi izrađenom od nehrđajućeg čelika ili od PTFE-a. Pri tome se mora održavati temperatura stijenke od $463 (190\text{ }^{\circ}\text{C}) \pm 10\text{ K}$.

Vod do NO_x analizatora je također grijan s razlikom da mora osigurati temperaturu stijenke od 328 do 473 K (55 do 200 °C). Kako se vodovi griju prvenstveno zbog toga da bi se spriječila kondenzacija vode i stvaranje sumporne kiseline, temperatura voda ovisi o sadržaju sumpora u gorivu.

Za razliku od spomenutih, vod do analizatora za CO (CO₂) ne mora biti grijan a treba biti izrađen od nehrđajućeg čelika ili od PTFE-a.

Ispitna oprema je vrlo složena, što je vidljivo iz prikaza na slici 4.



Slika 4. Shematski prikaz protoka nerazrijeđenih ispušnih plinova kroz mjernu opremu za određivanje emisije CO, NO_x i HC

Za motore s kompresijskim paljenjem (Dieselove motore) osim plinovitih sastojaka ispituje se i emisija krutih čestica. Za razliku od ispitivanja plinovite emisije, kod emisije krutih čestica može se koristiti nekoliko različitih načina mjerenja.

5. Zaključak

U okviru priprema za pridruživanje Europskoj uniji Hrvatska treba implementirati Direktivu 97/68/EZ, koja se odnosi na štetnu emisiju pogonskih motora strojeva i izvancestovnih vozila. Polazeći od iskustava u provođenju homologacijskih propisa za cestovna vozila, smatramo da za to postoje i potrebna znanja i ljudski resursi. Imajući na umu šarolikost tržišne ponude, borbu trgovaca za osvajanje tržišnih segmenata i još potpunu neuređenost područja, mišljenja smo da ovom zadatku treba pristupiti studiozno ali istovremeno i odlučno, vodeći računa o svim relevantnim čimbenicima. Kao prvo, potrebno je izraditi plan provedbe implementacije Direktive u hrvatsko zakonodavstvo, pri čemu treba imati na umu da cilj ne smije i ne može biti tek puko prepisivanje propisa nego i njihovo stvarno provođenje. Provođenje se pak može osigurati jedino uspostavljanjem djelotvornog nadzora, a on neće biti ni djelotvoran ni vjerodostojan bez da se uspostavi nezavisan laboratorij za mjerenje štetne emisije motora s unutarnjim izgaranjem. Naime, iako je apsolutno gledajući broj tih motora znatno manji od broja motornih vozila, situacija u pogledu štetne emisije je znatno složenija jer se ovi motori, za razliku od vozila, uvoze sa svih strana svijeta. Kompetentan, akreditirani laboratorij osnovni je uvjet i temelj provođenja Direktive 97/68/EZ u stvarnost.

6. Izvori podataka

- (1) Sporazum o stabilizaciji i priključivanju, <http://www.mei.hr>
- (2) Plan provedbe Sporazuma o stabilizaciji i pridruživanju, <http://www.mei.hr>
- (3) Privremeni sporazum, <http://www.mei.hr>
- (4) Direktiva 97/68/EZ Europskog parlamenta i Vijeća
- (5) Direktiva Komisije 2001/63/EZ
- (6) Direktiva 2002/88/EZ Europskog parlamenta i Vijeća
- (7) Direktiva 2004/26/EZ Europskog parlamenta i Vijeća