

OKVIRI RAZUMNIH RJEŠENJA ZA PRILAGODBU POSTOJEĆIH POGONA SEKTORA ZA TERMoeLEKTRANE HEP-a PROMJENAMA GRANIČNIH VRIJEDNOSTI EMISIJA U ZRAK

Dr. sc. Nikola B a r b a l i ć – mr. sc. Damir K o p j a r, Zagreb

UDK 338.49:621.31.22
PREGLEDNI ČLANAK

Razmatrane su mogućnosti prilagodbe proizvodnih jedinica Sektora za termoelektre HEP-a promjenama graničnih vrijednosti emisije, koje su propisane prema prijelaznim i završnim odredbama Uredbe o graničnim vrijednostima emisije u zrak iz stacionarnih izvora. Ukazano je na opći trend promjena emisijskih normi u svijetu i na njihov utjecaj na postupak propisivanja emisijskih normi u Hrvatskoj.

Značajnost promjena graničnih vrijednosti emisije ocijenjena je prema tzv. prvim i kontinuiranim mjerenjima emisije u proizvodnim pogonima Sektora za termoelektre. Izdvojeni su slučajevi emisija onečišćujućih tvari za koje treba poduzeti prikladne mjere, radi prilagodbe promijenjenim graničnim vrijednostima emisije, i određen je njihov poredak prema važnosti. Nabrojene su i analizirane objektivne mogućnosti rješavanja problema prilagodbe promjenama graničnih vrijednosti emisije u okviru razumnih rješenja.

Ključne riječi: emisijske norme, propisi, prijelazne odredbe, termoelektre, Hrvatska elektroprivreda, mjere prilagodbe, razumna rješenja.

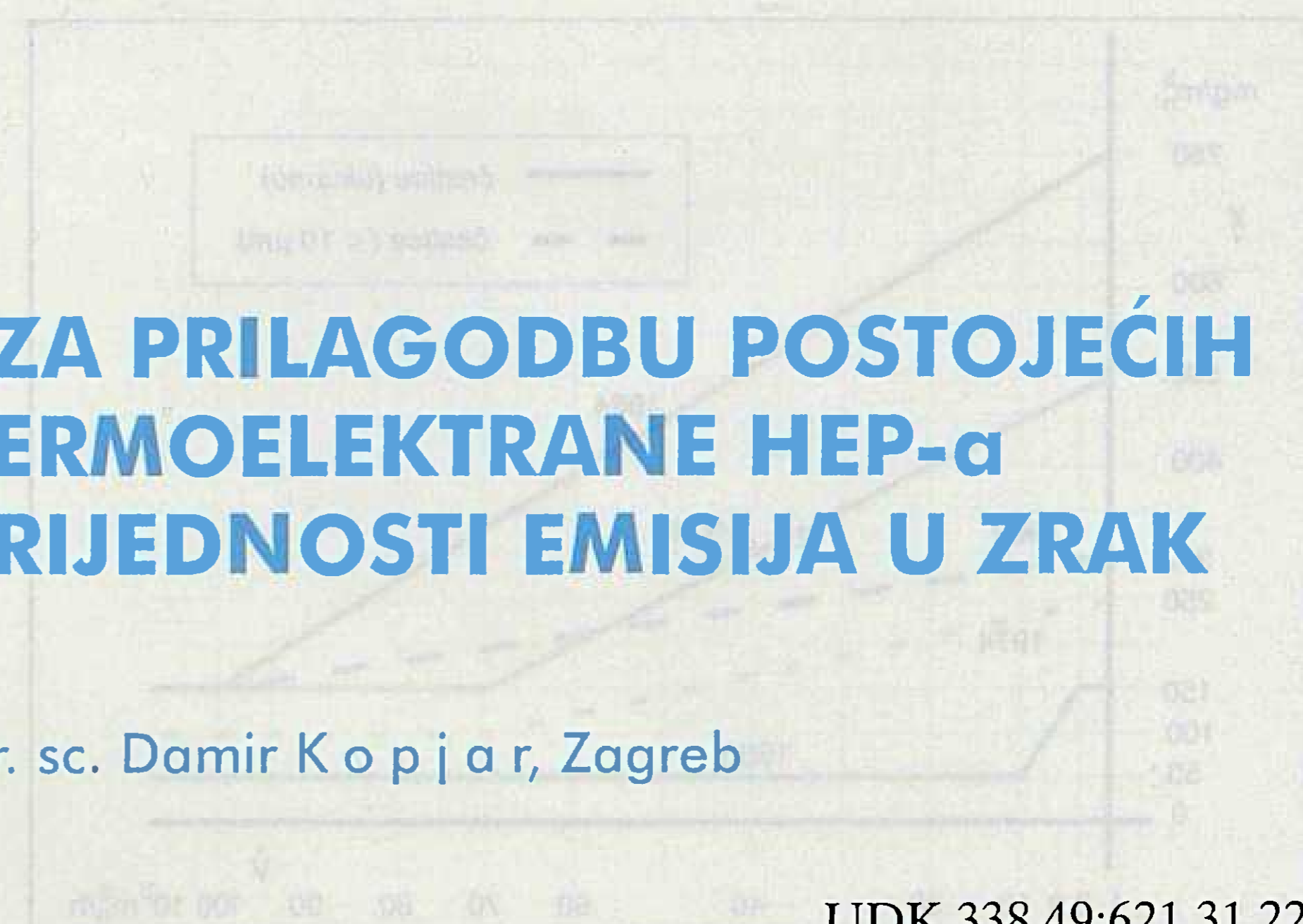
1. UVOD

Prema poglavlju "Prijelazne i završne odredbe", članak 124. – 135., Uredbe o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora [1] (Uredba GVE), granične vrijednosti emisije (GVE) onečišćujućih tvari znakovitih za rad pogonskih jedinica Sektora za termoelektre (STE) Hrvatske elektroprivrede (HEP), koje su se primjenjivala za "postojeća" postrojenja, trebaju se promijeniti na niže/strože vrijednosti, i to: dijelom od 1. srpnja 2002., dijelom od 1. srpnja 2004. godine. S obzirom na sadašnji i budući rad proizvodnih jedinica STE-a, nužno je ukazati na značenje propisanih promjena GVE te postaviti zadatke koje valja obaviti u cilju njihova udovoljenja. Posebice valja upozoriti na slučajeve u kojima su strože GVE propisane na temelju neobjektivnih procjena, takvih da se udovoljenje GVE ne može ostvariti s pomoću razumnih (tj. ekonomski opravdanih) tehničkih mjera. Za spomenute slučajeve trebat će, uz dovoljno argumenata i dokaza, zatražiti ispravke u najavljenim izmjenama Uredbe GVE.

Navest će se, ukratko, bitne odrednice zadataka koje pred STE postavljaju prijelazne i završne odredbe Uredbe GVE.

2. OPĆI, OČEKIVANI TREND PROMJENA GVE

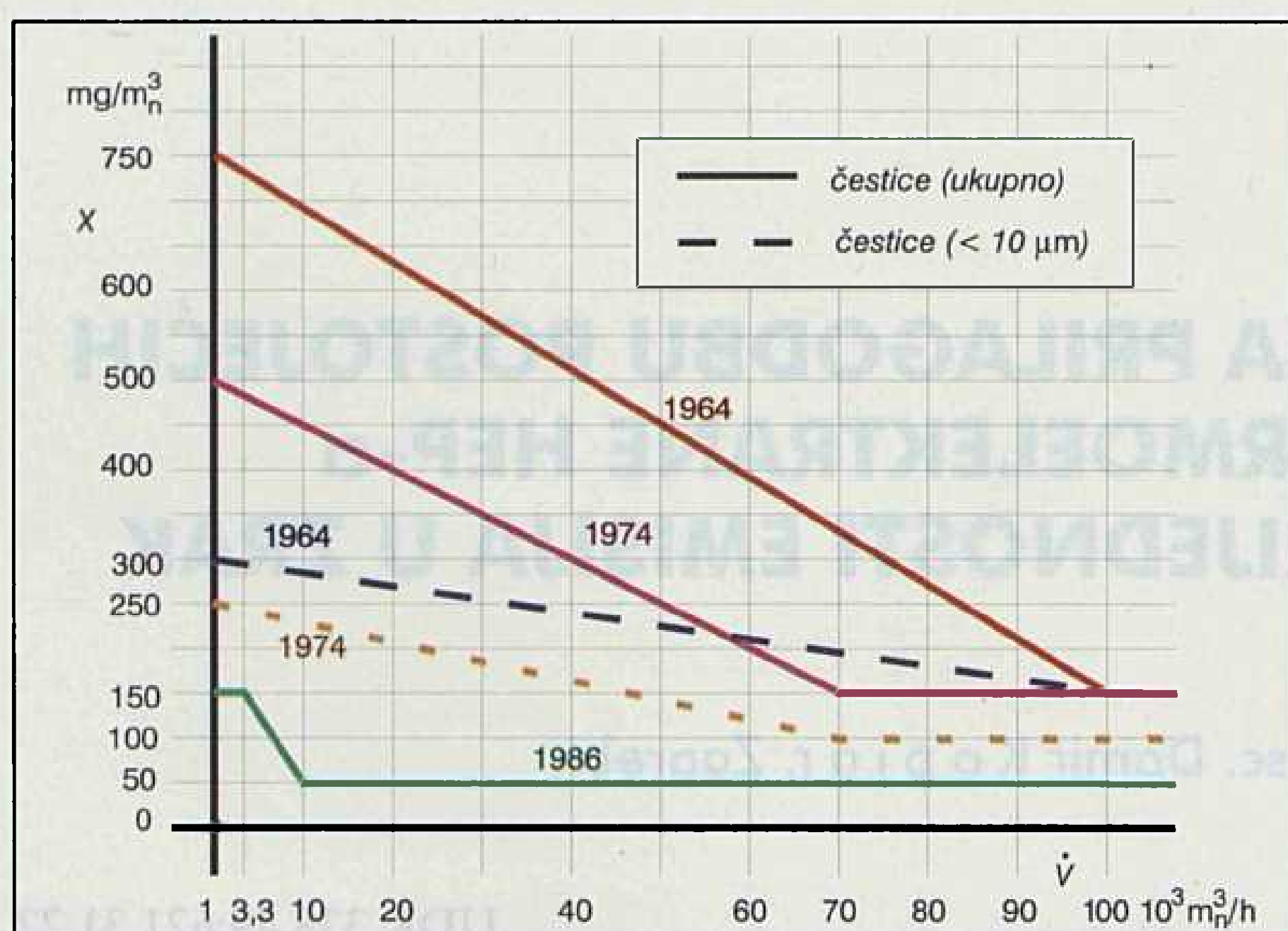
Granične vrijednosti emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora (GVE) ustanovljene su u Hrvat-



skoj Uredbom GVE, u prosincu 1997. godine. Zakonom o zaštiti zraka [2] dano je ovlaštenje predstavničkom tijelu jedinica lokalne samouprave da može, na svom području, donijeti strože propise od propisanih Uredbom GVE. Dužnost poslodavaca, vlasnika ili korisnika stacionarnog ili difuznog izvora onečišćenja zraka jest [2]:

- izvore onečišćenja zraka izgraditi i/ili proizvesti, odnosno opremiti, rabiti i održavati tako da ne ispuštaju u zrak onečišćujuće tvari iznad GVE,
- osigurati redovito praćenje (mjerenje i/ili proračunavanje) emisije iz izvora i o tome voditi očevidnik,
- osigurati redovito dostavljanje podataka o emisijama u katastar emisija u okoliš.

Granične vrijednosti emisije temeljno su oruđe u provođenju zaštite i poboljšanja kakvoće zraka. Na to upućuje učestalost i intenzitet njihovih promjena u svijetu u zadnjih nekoliko desetljeća. Redovito su to postrojenja. U prilog navedenoj tvrdnji, na slici 1. prikazane su promjene 'temeljne vrijednosti' – X emisijske norme za čestice, u ovisnosti o količini otpadnih plinova \dot{V} , prema njemačkim propisima (TA Luft) 1964., 1974. i 1986. godine [3, 4, 5] koji su, također, bili temeljem i odgovarajućih propisa u Europskoj uniji. Za prikazane promjene emisijskih normi za čestice može se ustvrditi da su bile opravdane i primjerene njemačkom financijskom potencijalu i stupnju tehnološkog razvoja. Naime, prije tri do četiri desetljeća istraživanja su upozorila na izuzetno veliki zdravstveni rizik pri udi-



Slika 1. Temeljne vrijednosti emisijske norme za čestice u ovisnosti o količini otpadnih plinova, prema TA Luft 1964., 1974. i 1986.

sanju čestica manjih od oko 10 μm , koje prodiru duboko u pluća i, posebice, čestica manjih od oko 0,1 μm , koje prodiru i u plućno tkivo. Kao rezultat tih, tada novih saznanja, emisijske norme za čestice su postupno mijenjane, uz uvažavanje teškoća koje promjene emisijskih normi donose postojećim postrojenjima: uz objektivnu procjenu nužnosti ili obujma prilagodbe i rokova u kojima se te prilagodbe mogu obaviti. Usporedo su poticani, i financijski su podržani, istraživanja i razvoj u području odvajanja čestica, koji su prilagodbu novim emisijskim normama omogućili uz dosljednu primjenu BATNEEC-načela (*Best Available Technology Not Entailing Excessive Costs*). No, teško bi bilo dokazivati jesu li promjene (postrojenja) emisijskih normi i u 'ostalim' onečišćujućih tvari rezultat pouzdanih istraživačkih postupaka, ili su samo rezultat pritiska javnosti, koji se neprekidno usmjerava k industrijskim pogonima, posebice termoenergetskim postrojenjima. Takvo ili slična pitanja bitno je postaviti s obzirom na dosadašnji i budući izbor *GVE*, koji bi trebalo prilagoditi našim osobitim uvjetima i objektivnim mogućnostima. Tada, u poimanju značenja BATNEEC-načela valja ukazati na relativnost značenja pojmova *available technology* (raspoloživa tehnologija) ili *excessive costs* (prekomjerni troškovi), koji u hrvatskim ili, npr., njemačkim uvjetima određuju različite razine vrijednosti.

Činjenica jest da je izbor *GVE* ograničen uvjetima koje nalažu međunarodne obveze Hrvatske i njih se nedvojbeno mora ispuniti, ali, isto tako, nema uvijek dovoljno opravdanja takve uvjete bitno postrožavati nekritičkim prihvaćanjem uzora iz zemalja s najstrože postavljenim emisijskim ograničenjima.

3. BITNE PROMJENE *GVE* ZA POGONE STE-a, PREMA PRIJELAZNIM I ZAVRŠNIM ODREDBAMA UREDBE *GVE*

U poglavlju "Prijelazne i završne odredbe" Uredbe *GVE* propisane su *GVE* i rokovi njihove primjene za

male, srednje i velike uređaje za loženje te za plinske turbine, koji su postojali ili su bili u izgradnji 1. siječnja 1998. ("postojeći" uređaji). Prema propisanoj razredbi u Uredbi *GVE*, od "postojećih" uređaja za loženje u STE-u, samo 4 uređaja (3 kotla u TE-TO Osijek i 1 kotao u EL-TO Zagreb) spadaju u razred srednjih (< 50 MW), a svi ostali su u razredu velikih ložišta (> 50 MW). Prema razredbi plinskih turbina u Uredbi *GVE*, sve "postojeće" plinske turbine STE-a su unutar sljedećih razreda:

- prema turbinskoj snazi (članak 90. Uredbe *GVE*): 10 – 100 MW;
- prema količini otpadnih plinova (članak 90. i 91. Uredbe *GVE*): > 60 000 m^3/h .

U tablici 1. prikazane su sve promjene *GVE* (u prijelaznim i završnim odredbama Uredbe *GVE*) bitne za "postojeće" pogonske jedinice STE-a, prema njihovoj strukturi, razredbi i vrsti korištenog goriva, s naznakom rokova njihova nastupanja. Iz pregleda u tablici 1. izuzete su, iako važeće u pojedinim ložištima, promjene *GVE* za dimni broj i zacrnjenje – zbog teškoća njihova cjelovitog određenja i/ili vrednovanja te nesvrhovitosti njihova kontinuiranog mjerenja.

Valja uočiti, prema podacima u tablici 1., da u srednjih ložišta na plin i ulje "bitne promjene" *GVE* postoje samo za nadzor emisija čestica te da su one istovjetne analognim, "bitnim promjenama" *GVE* za čestice u velikih ložišta na plin i ulje. Zbog toga u daljim izlaganjima "slučajeve" srednjih ložišta nije nužno posebno izdvajati.

Tablica 1. Pregled bitnih promjena *GVE* za pogone STE-a

Uređaj /gorivo/	Onečišćujuća tvar	<i>GVE</i> -koncentracija/(mg/m^3)	
		drugi rok nastupanja promjena <i>GVE</i> : 1. 7. 2004. ↑	
srednja ložišta /plin/	čestice	10	5
srednja ložišta /EL, T-ulje/	čestice	100	50
velika ložišta /ugljen/	čestice	200	100
	NO_x	1200	650
velika ložišta /plin/	čestice	10	5
	NO_x	700	350
velika ložišta /T-ulje/	čestice	100	50
	NO_x	900	450
	SO_2	5100	1700
plinske turbine /prirodni plin/	NO_x	450	150
	SO_2	600	200
		usiljeni rok nastupanja promjena <i>GVE</i> : 1. 7. 2002. ↓	

4. EMISIJA "BITNIH" ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI U "POSTOJEĆIM" POGONIMA SEKTORA ZA TERMOELEKTRANE HEP-a

Značajnost promjena *GVE* za pogone STE-a valja procijeniti na temelju njihovih "tipičnih" vrijednosti. U tu svrhu koristit će se sljedeći izvori mjernih rezultata:

- "prva mjerenja" emisije onečišćujućih tvari u zrak, koja su od listopada 1998. do travnja 1999. obavljena u svim "postojećim" pogonima STE-a [6];
- mjesečni izvještaji o kontinuiranim mjerenjima emisije onečišćujućih tvari u pogonima STE-a, travanj – kolovoz 2001. [7].

S obzirom na to da program uspostave kontinuiranog mjerenja onečišćujućih tvari nije još u cijelosti završen u svim pogonima HEP-a, radi jednoobraznosti i usporedi-

vosti, u ovom će se radu koristiti rezultati "prvih mjerenja", s jedinom iznimkom mjerenja u TE Plomin 1, za koja će se koristiti rezultati kontinuiranog mjerenja, zbog dogradnje električnog odvajača nakon provođenja "prvih mjerenja". Tako odabrana baza mjernih podataka dovoljna je za procjenu očekivanih (uobičajenih) emisijskih vrijednosti onečišćujućih tvari čije se *GVE* i njihove promjene navode u prethodnom odjeljku (tablica 1.). Izvod iz tih rezultata mjerenja, dan u tablici 2., smatrat će se reprezentativnim za razmatranje problema i postavku zadataka koje bi valjalo riješiti radi prilagodbe i/ili udovoljenja propisanim promjenama *GVE* (kad god je to nužno, pri navođenju *GVE* radi naglašavanja rokova njihova stupanja na snagu – 1. 7. 2002. ili 1. 7. 2004., koristit će se oznake, redom, *GVE02* i *GVE04*).

Tablica 2.a) Reprezentativne emisijske vrijednosti: ložište STE-a (ugljen) – TE Plomin 1 [7]

Onečišćujuća tvar	Razdoblje	Broj rezultata mjerenja	Koncentracija (24 h)/(mg/m ³)				Broj pre-koračenja <i>GVE04</i>
			min.	maks.	srednja vrijedn.	<i>GVE</i> /iznos/	
čestice	travanj	27	14	106	42	<i>GVE04</i> /100/	2
	svibanj	23	33	103	60		1
	lipanj	4	4	53	36		0
	srpanj	28	79	187	131		25
	kolovoz	28	66	213	117		18
	ukupno	110	4	213	87		46 (42 %)
NO _x	travanj	27	546	705	549	<i>GVE04</i> /650/	8
	svibanj	23	574	690	634		9
	lipanj	30	106	649	310		0
	srpanj	28	100	647	470		0
	kolovoz	28	410	634	490		0
	ukupno	136	100	705	482		17 (13 %)

Tablica 2.b) Reprezentativne emisijske vrijednosti: ložišta STE-a /prirodni plin/ [6]*

Onečišćujuća tvar	Vrijednost	Koncentracija/(mg/m ³)
NO _x	minimalna	130
	maksimalna	577
	medijan	162
	broj rezultata mjerenja	14
	broj prekoračenja <i>GVE</i>	4 (29 %)
		<i>GVE04</i> = 350

* koncentracija čestica nije mjerena, zbog njihovih vrlo malih koncentracija pri izgaranju prirodnog plina

Tablica 2.c) Reprezentativne emisijske vrijednosti: ložišta STE-a /teško loživo ulje/ [6]

Onečišćujuća tvar	Vrijednost	Udio S/% u gorivu	Koncentracija/(mg/m ³)
čestice	minimalna	2,5	79
	maksimalna	2,1	567
	medijan	2,5	175
	broj rezultata mjerenja	18	
	broj prekoračenja GVE	18 (100 %)	
	eksperiment	1	70
onečišćujuća tvar	vrijednost	udio N/% u gorivu	koncentracija/(mg/m ³)
NO _x	minimalna	0,2 – 0,3	161
	maksimalna		1262
	medijan		726
	broj rezultata mjerenja	20	
	broj prekoračenja GVE	16 (80 %)	
onečišćujuća tvar	vrijednost	udio S/% u gorivu	koncentracija/(mg/m ³)
SO ₂	minimalna	2,6	2514
	maksimalna	2,5	4008
	medijan	2,5	3353
	broj rezultata mjerenja	19	
	broj prekoračenja GVE	19 (100 %)	
	eksperiment	1	1515

Tablica 2.d) Reprezentativne emisijske vrijednosti: plinske turbine STE-a /prirodni plin/ [6]*

Onečišćujuća tvar	Vrijednost	Koncentracija/(mg/m ³)
NO _x	minimalna	268
	maksimalna	397
	medijan	308
	broj rezultata mjerenja	6
	broj prekoračenja GVE	6 (100 %)

* koncentracija SO₂ nije mjerena, zbog vrlo malog udjela sumpora u prirodnom plinu

5. POSTAVKA PROBLEMA I OKVIRI RAZUMNIH RJEŠENJA

Usporedba reprezentativnih emisijskih vrijednosti s odgovarajućim "novim" GVE (odjeljak 4.) u cijelosti postavlja probleme koji se moraju žurno (do 1. 7. 2004.) i vrlo žurno (do 1. 7. 2002.) riješiti.

S obzirom na to da se moraju odrediti mjere i zahvati koji će se primijeniti i/ili obaviti na "starim" postrojenjima, razumna rješenja valja tražiti u okviru ili primjene primarnih postupaka za smanjenje emisija onečišćujućih tvari i/ili primjene administrativnih mjera, putem propisivanja posebnih uvjeta za pojedinačne slučajeve, i/ili sl. Npr., razumna bi rješenja mogla biti:

a) poboljšanja u postupku izgaranja (pretežito radi smanjenja emisije NO_x);

b) poboljšanje kakvoće goriva ili zamjena goriva (pretežito radi smanjenja emisije čestica i SO₂);

c) rad plinskih turbina do 2000 sati godišnje (primjena članka 91. Uredbe GVE) i ograničavanje rada velikih uređaja za loženje na 2000 sati godišnje ili na ukupno 30 000 sati rada nakon 1. srpnja 2004. (primjena članka 134. Uredbe GVE);

d) izmjene u Uredbi GVE kojima bi se uvažile objektivne mogućnosti prilagodbe "postojećih" postrojenja STE-a strožim emisijskim uvjetima.

Prema usporedbama u odjeljku 4., niti u jednom razredu uređaja (a – d) i niti za koju od mjerenih "mjerodavnih" onečišćujućih tvari, reprezentativne emisijske vrijednosti ne udovoljavaju "novim" GVE. Za svaki od tih "negativnih" rezultata naznačit će se okviri mogućih, razumnih rješenja.

5.1. Ložište STE-a /ugljen/ – TE Plomin 1

Prema rezultatima u tablici 2.a, u razdoblju (1. 4. 2001. – 31. 8. 2001.) *GVE04* za čestice prekoračen je u $87/110 = 46\%$ izmjerenih vrijednosti i *GVE04* za NO_x u $17/136 = 13\%$ izmjerenih vrijednosti.

- Uzroci prekoračenja *GVE04* za čestice mogli bi biti: nepodešenost električnog odvajača (koji je još u garancijskom roku) i/ili uporaba ugljena s izuzetno nepovoljnim (najčešće većim) vrijednostima specifičnog otpora letećeg pepela (povoljan raspon: $10^4 - 2 \cdot 10^{10} \Omega \text{ cm}$). U potonjem slučaju bilo bi uputno uvjetovati nabavu ugljena, pored ostalog, i povoljnim elektrootpornim karakteristikama njegova letećeg pepela, ili primijeniti mjere za poboljšanje električnog otpora letećeg pepela, npr., s pomoću ubrizgavanja u dimne plinove vode, SO_3 , amonijaka.
- Prekoračenja *GVE04* za NO_x zabilježena su u 13% izmjerenih rezultata, s tim što najveće prekoračenje iznosi $705 \text{ mg/m}^3 = 1,08 \cdot \text{GVE04}$.

S obzirom na vrlo male iznose zabilježenih prekoračenja, čini se mogućim da bi se uz određena ograničenja u upravljanju kotlom, i bez posebnih gradbenih zahvata, moglo osigurati udovoljenje *GVE04*. No, bilo bi uputno prethodno istražiti vezu između udjela N u ugljenu i promjena koncentracije NO_x pri izgaranju, jer tada bi bilo jasnije je li uopće nužno uvođenje "složenijih" primarnih mjera radi otklanjanja uzroka nastajanja NO_x pri izgaranju. Sve te (primarne) mjere jesu primjena jednoga ili kombinacija od više sljedećih postupaka [8]: (i) smanjenja temperature izgaranja, (ii) smanjenja udjela O_2 u prvoj zoni izgaranja, (iii) smanjenja vremena zadržavanja u visokotemperaturnoj zoni. Pri možebitnom izboru pri-

marnog postupka valja u obzir uzeti značajke kotla, npr. za TE Plomin 1: suho odvođenje šljake – što otvara prostor primjeni mjera koje se temelje na smanjenju temperature izgaranja; tangencijalno uvođenje goriva – što znači da su u prvoj zoni izgaranja tokovi goriva i sekundarnog zraka djelomično razdvojeni (stratificirani tokovi) te je smanjen njihov međusobni kontakt, tj. udio O_2 u toj zoni izgaranja [9].

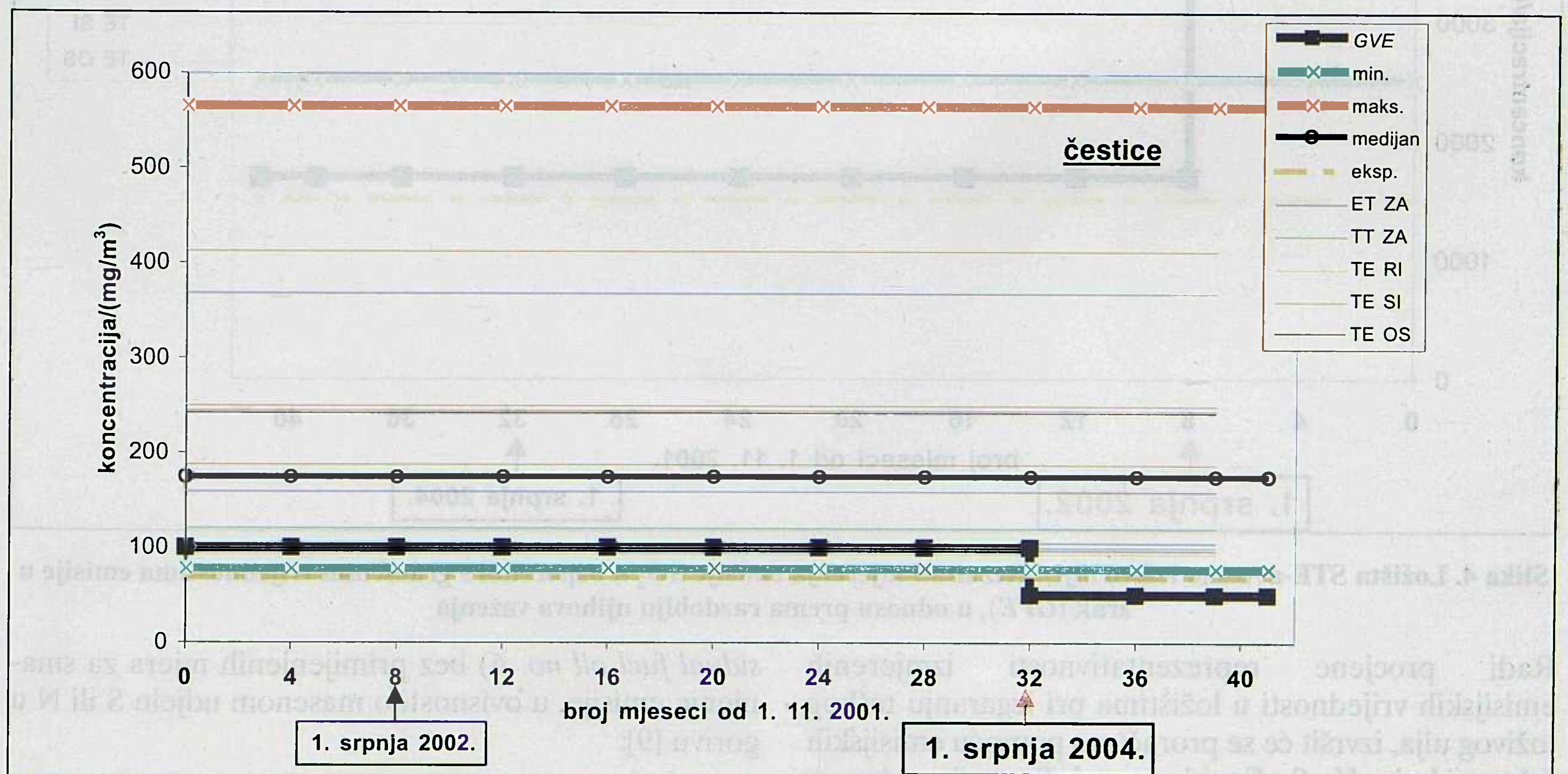
Primjena odredbi članka 134. Uredbe GVE, o 2000 h/a rada, ili ukupno 30 000 h rada, nakon 1. 7. 2004., rješava i problem čestica i problem NO_x u TE Plomin 1. Zacijelo, takvo rješenje ovisi o proizvodnom programu HEP-a.

5.2. Ložišta STE-a /plin/

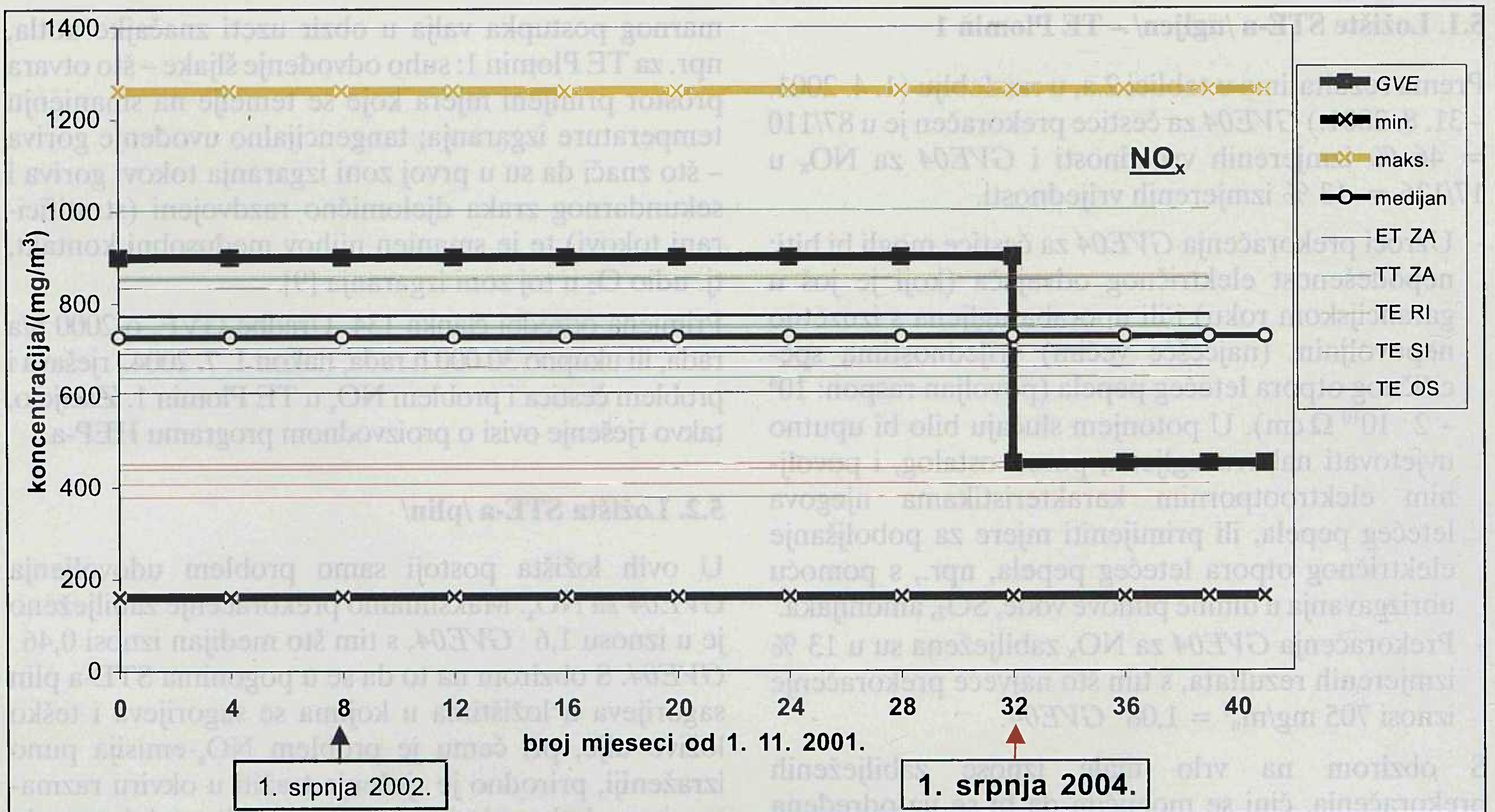
U ovih ložišta postoji samo problem udovoljenja *GVE04* za NO_x . Maksimalno prekoračenje zabilježeno je u iznosu $1,6 \cdot \text{GVE04}$, s tim što medijan iznosi $0,46 \cdot \text{GVE04}$. S obzirom na to da se u pogonima STE-a plin sagorijeva u ložištima u kojima se sagorijeva i teško loživo ulje, pri čemu je problem NO_x -emisija puno izraženiji, prirodno je rješenja tražiti u okviru razmatranja zadatka smanjenja NO_x -emisija pri izgaranju teškog loživog ulja u istim ložištima.

5.3. Ložišta STE-a /teško loživo ulje/

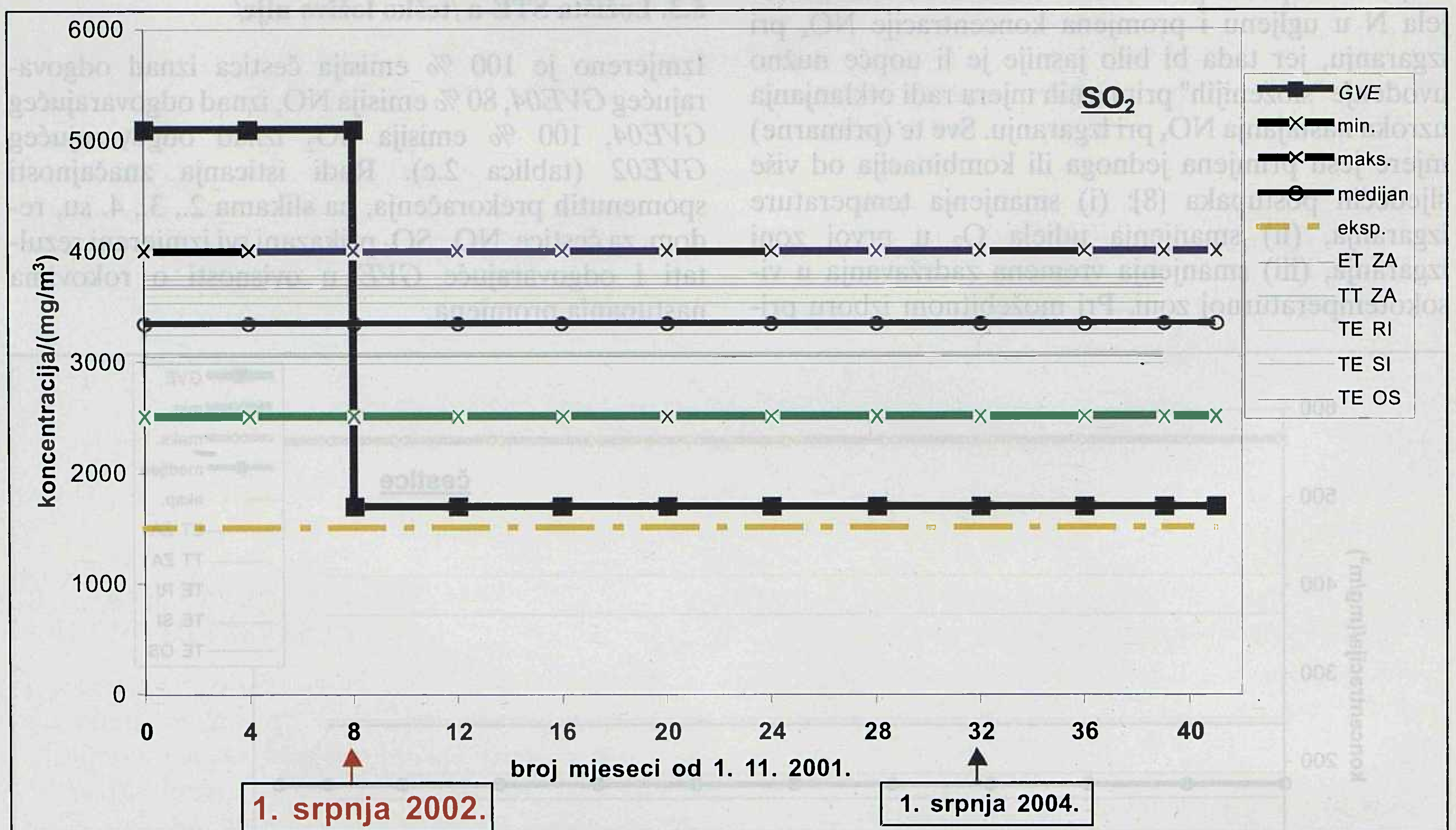
Izmjereno je 100% emisija čestica iznad odgovarajućeg *GVE04*, 80% emisija NO_x iznad odgovarajućeg *GVE04*, 100% emisija SO_2 iznad odgovarajućeg *GVE02* (tablica 2.c). Radi isticanja značajnosti spomenutih prekoračenja, na slikama 2., 3., 4. su, redom, za čestice, NO_x , SO_2 prikazani svi izmjereni rezultati i odgovarajuće *GVE* u ovisnosti o rokovima nastupanja promjena.



Slika 2. Ložišta STE-a /teško loživo ulje/: Rezultati mjerenja emisije čestica u usporedbi s graničnim vrijednostima emisije u zrak (*GVE*), u odnosu prema razdoblju njihova važenja



Slika 3. Ložišta STE-a /teško loživo ulje/: Rezultati mjerenja emisije NO_x u usporedbi s graničnim vrijednostima emisije u zrak (GVE), u odnosu prema razdoblju njihova važenja



Slika 4. Ložišta STE-a /teško loživo ulje/: Rezultati mjerenja emisije SO₂ u usporedbi s graničnim vrijednostima emisije u zrak (GVE), u odnosu prema razdoblju njihova važenja

Radi procjene reprezentativnosti izmjerenih emisijskih vrijednosti u ložištima pri izgaranju teškog loživog ulja, izvršit će se proračun s pomoću emisijskih faktora koje U. S. Environmental Protection Agency (EPA) preporučuje za izračunavanje emisija pri izgaranju teškog loživog ulja ("ostatno ulje br. 6" - re-

sidual fuel oil no. 6) bez primijenjenih mjera za smanjenje emisije, u ovisnosti o masenom udjelu S ili N u gorivu [9]:

- čestice:

$$E/(\text{mg/L goriva}) = 1250 \cdot (S/\%) + 380 \quad (1)$$

- NO_x :

$$E/(\text{mg/L goriva}) = 2750 + 50000 \cdot (N/\%)^2 \quad (2)$$

- SO_2 :

$$E/(\text{mg/L goriva}) = 19000 \cdot (S/\%) \quad (3)$$

gdje su S i N maseni udjeli, redom, sumpora i dušika u gorivu.

S obzirom na to da jednadžbe (1) – (3) nisu preuzete iz izvornika, nužno je, bar grubo, potvrditi opravdanost njihove uporabe:

- Iz jednadžbe (1) slijedi da emisija čestica ovisi: (i) o udjelu S u gorivu, (ii) o (približno) nepromjenjivim, "prosječnim" uzrocima nastanka "ostalog" dijela čestica. Ovisnost nastanka čestica o udjelu S u gorivu je očekivan, jer oko 5 % sumpora iz goriva (čak i više uz katalitičko djelovanje vanadija) prelazi u SO_3 i, dalje, u sumpornu kiselinu te, konačno, zbog prisustva Ca, Na, Mg itd., u sulfate [10]. Drugi, nepromjenjivi dio jednadžbe (1), uključujući i koeficijent uz S , odnosi se na, vjerojatno vrlo stabilan, prosječni sastav minerala i metala u američkom "ostatnom ulju br. 6".
- U jednadžbi (2), razvidno je, prvi dio se odnosi na NO_x "iz zraka", a drugi na NO_x "iz goriva". Druga potencija u drugog člana, vjerojatno, posljedica je složenog ustrojstva nastanka dušičnih spojeva.

- Jednadžba (3) izravno odgovara stehiometrijskoj jednadžbi nastanka SO_2 pri gustoći loživog ulja 950 kg/m^3 .

Za izračunavanje prema jednadžbama (1) – (3) uzet će se prosječne vrijednosti sastava teškog loživog ulja (tablica 3.) koje se koristi u pogonima STE-a [11]. Pri vrednovanju rezultata dobivenih prema jednadžbama (2) i (3), valja uvažavati njihovu pojednostavljenu interpretaciju složenih ustrojstava nastanka čestica i NO_x pri izgaranju loživih ulja u ložištima.

Prema podacima iz tablice 3., za odnos obujma suhih dimnih plinova i mase goriva, pri udjelu kisika u dimnim plinovima 3 %, dobiva se razmjerno uzak raspon vrijednosti: od $11,67 \text{ m}_n^3/\text{kg}$ ($C = 86 \%$, $H = 10 \%$, $S = 4 \%$) do $12,07 \text{ m}_n^3/\text{kg}$ ($C = 89 \%$, $H = 11 \%$, $S = 0$), te će se za računanje koncentracija onečišćujućih tvari koristiti vrijednost: $12 \text{ m}_n^3/\text{kg}$.

Prema jednadžbama (1) – (3) i tablici 3. slijedi:

- čestice:

$$S = 2,4 \%: c = (258 + 33) \text{ mg/m}_n^3 = (0,89 + 0,11) \cdot 291 \text{ mg/m}_n^3 = 291 \text{ mg/m}_n^3$$

$$S = 1 \%: c = (108 + 33) \text{ mg/m}_n^3 = (0,77 + 0,23) \cdot 141 \text{ mg/m}_n^3 = 141 \text{ mg/m}_n^3$$

$$\text{za } c = 50 \text{ mg/m}_n^3 = GVE04: S = 0,16 \%$$

Tablica 3. Prosječne vrijednosti kakvoće teškog loživog ulja [11]

Značajka kakvoće	Mjerna jedinica	Postupak ispitivanja	Rezultat ispitivanja
udio ugljika (C)	% (m/m)	ASTM D 5291	85 – 90
udio vodika (H)	% (m/m)	ASTM D 5291	10 – 11
udio dušika (N)	% (m/m)	ASTM D 5291	0,2 – 0,3
gustoća (15 °C)	kg/m^3	HRN EN ISO 12185	968
točka paljenja	°C	HRN EN 22719	102
kinemat. viskoznost (100 °C)	mm^2/s	HRN EN ISO 3104	28
udio sumpora (S)	% (m/m)	HRN EN ISO 8754	2,2*
ogrjevna vrijednost (donja)	MJ/kg	ASTM D 4809	40
udio pepela	% (m/m)	HRN EN ISO 6245	0,05
koksni ostatak (Conradson)	% (m/m)	HRN ISO 6615	12
točka tečenja	°C	HRN ISO 3016	8
udio vode i sedimenta	% (v/v)	HRN ISO 3734	0,0 (0 + 0,2)
udio vanadija	ppm	ISO 14597	120
udio nikla	ppm	ISO 14597	40
kvalitativna analiza metala: Mg, Al, Ca, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn			

* u izračunu se za vrijednost udjela sumpora u gorivu uzima 2,4 %, što odgovara prosječnoj vrijednosti udjela sumpora u gorivu pri "prvim" mjerenjima [6]

- NO_x:

$$N = 0,2 \%: c = (237 + 172) \text{ mg/m}_n^3 = \\ (0,58 + 0,42) \cdot 409 \text{ mg/m}_n^3 = \\ 409 \text{ mg/m}_n^3 < GVE04 = 450 \text{ mg/m}_n^3$$

$$N = 0,3 \%: c = (237 + 387) \text{ mg/m}_n^3 = \\ (0,38 + 0,62) \cdot 624 \text{ mg/m}_n^3 = \\ 624 \text{ mg/m}_n^3 > GVE04 = 450 \text{ mg/m}_n^3$$

- SO₂:

$$S = 2,4 \%: c = 3920 \text{ mg/m}_n^3$$

$$S = 1 \%: c = 1634 \text{ mg/m}_n^3$$

$$\text{za } c = 1700 \text{ mg/m}_n^3 = GVE02: \quad S = 1,04 \%$$

$$\text{za } c = 400 \text{ mg/m}_n^3 = GVE \text{ (nova ložišta):} \\ S = 0,24 \%$$

Prema netom izračunatim pokazateljima veze između udjela sumpora u loživom ulju i emisije SO₂ u zrak, jednostavno se uočava veza između postavljanja graničnih vrijednosti za emisiju SO₂ u europskim propisima (koje nastoji slijediti i Hrvatska) i graničnih vrijednosti udjela sumpora u gorivu.

Ukupno, prema rezultatima mjerenja (tablica 2.c; slike 2. – 4.) i prethodnoj analizi, slijedi:

- čestice: Udovoljenje *GVE04* ne može se postići s pomoću primarnih mjera.
- NO_x: Mogućnost udovoljenja *GVE04* s pomoću primarnih mjera je upitno, s obzirom na iznose najvećih zabilježenih koncentracija NO_x u prvim mjeranjima, ali i prema, razmjerno "umjerenim" (i manje pouzdanim), vrijednostima koje se dobivaju s pomoću emisijskog faktora.

Primarne mjere za smanjenje emisije NO_x kod tekućih goriva jednake su već nabrojenim za kruta goriva. Njihovom pojedinačnom primjenom može se računati sa smanjenjem emisija NO_x do (40 – 50) %, s tim što se pri usporednoj primjeni više primarnih mjera ne može računati sa stupnjem odvajanja koji bi odgovarao njihovoj rednoj vezi [8]. Ipak, u prilog mogućnosti učinkovite primjene primarnih mjera u preinaci (*retrofit*), kako bi se udovoljilo emisijskim normama, navodi se primjer iz pregleda troškova preinaka za udovoljenje granične vrijednosti emisije NO_x (400 mg/m_n³ – ložišta na teško loživo ulje) u Njemačkoj, do sredine 1988. [12]: – gorivo: destilacijsko ulje; donja ogrjevna vrijednost: 42,7 MJ/kg; tip kotla: tangencijalni; snaga (korištenje kapaciteta): 450 MW_{el} (1000 h/a); smanjenje emisije NO_x: s 1090 mg/m_n³ na 350 mg/m_n³, pri 3 % O₂; primijenjene primarne mjere: preinaka gorionika, stupnjevanje dovođenja zraka, recirkulacija dimnih plinova; investicije: 17,6 DM/kW_{el}; pogonski troškovi: 0,38 Pfg/kWh; troškovi po masi odvojenog NO_x: 1900 DM/t; preostalo radno razdoblje ložišta nije naznačeno. U navedenom se primjeru, vjerojatno, radi o povećanim troškovima u odnosu prema

uobičajenim, jer: primijenjene su tri primarne mjere za smanjenje emisije NO_x; iskorištenje kapaciteta je samo 1000 h/a; možda su kratki rokovi otplate, s obzirom na preostalo vrijeme rada termoelektrane. U istom pregledu [12] navode se primjeri prilagodbe "novim" emisijskim normama s pomoću primarnih mjera još u 7 ložišta: lignit, kameni ugljen, prirodni plin, prirodni plin – kombinirani ciklus (nijedno više ložište na loživo ulje) i troškovi se kreću u sljedećim rasponima: investicije (11,1 – 95,8) DM/kW_{el}; pogonski troškovi (0,039 – 0,38) Pfg/kWh; trošak po masi uklonjenog NO_x (310 – 2700) DM/t.

Radi usporedbe, npr. za TE Rijeka, prema Katastru emisije za 1998. godinu [13] slijedi: godišnja emisija NO_x iznosi 2395 t/a, uz 45 % korištenja kapaciteta i srednju koncentraciju NO_x 692 mg/m_n³ (u prvim mjeranjima je u TE Rijeka zabilježeno 860 mg/m_n³ i 1262 mg/m_n³). Ako se pretpostavi da se udovoljenje *GVE04* = 450 mg/m_n³ može ostvariti sa stupnjem odvajanja od prosječno 60 %, uz trošak od, npr., 1000 DM/t (što je polovica nego u navedenom "njemačkom" primjeru), godišnji bi troškovi za smanjenje emisije NO_x iznosili, prema takvoj (gruboj) procjeni, 1 400 000 DM/a.

- SO₂: S pomoću primarnih mjera udovoljenje *GVE02* se može postići jedino uz uporabu loživog ulja s masenim udjelom sumpora do 1 %.

5.4. Plinske turbine STE-a /prirodni plin/

Prema rezultatima u tablici 2.d svi rezultati prvih mjerenja emisije NO_x najmanje dvostruko prekoračuju *GVE02* = 150 mg/m_n³. Međutim, na temelju vizualnog promatranja analognih zapisa kontinuiranog mjerenja emisije NO_x u PTE (EL-TO – Zagreb) za polusatno vrijeme usrednjavanja [7], može se, doduše grubo, procijeniti da se *GVE02* (koja je postavljena za vrijeme uzorkovanja 24 h) prekoračuje u oko 30 % slučajeva i to do vrijednosti od oko 180 mg/m_n³. Takav "nalaz" valja provjeriti i za plinske turbine u KTE Jertovec i TE-TO Osijek. No, bez obzira na rezultate tih, budućih mjerenja, u cilju udovoljenja *GVE02* valja svakako računati na primjenu primarnih mjera za smanjenje emisije NO_x.

U plinskim turbinama dušik iz goriva u cijelosti oksidira u NO_x, ali, uobičajeno je mnogo veći udio NO_x nastao u procesu sagorijevanja. Na taj udio veliki utjecaj imaju i atmosferski uvjeti i opterećenje turbine (npr., pri relativnoj vlazi 60 % i temperaturi 30 °C emisija NO_x je oko 20 % manja nego pri ISO-standardnim uvjetima atmosfere [8]). Načelno, mjere smanjenja emisije NO_x jednake su već nabrojenim u slučaju razmatranja ložišta na kruta i tekuća goriva. No, za slučajeve "brze" preinake (*retrofita*) čini se da je najpogodniji "mokri" postupak (ubrizgavanje pare ili vode), kojim se utječe na smanjenje temperature izgaranja. Njime se, pri punom opterećenju, može postići stupanj odvajanja i do oko 75 %, no, pritom se pozornost mora

pokloniti i emisiji CO [8]. Za plinske se turbine koristi maseni odnos voda/gorivo od 0,5 do 1,5, ali se za odnose veće od 1 naglo povećava emisija CO i HC: do odnosa voda/gorivo od približno 1 emisija CO i HC raste vrlo sporo i, zatim, vrlo naglo [10]. Dodavanje vode povećava snagu, i do 16 %, ali se tada, zbog smanjenja temperature plinova, smanjuje termodinamički stupanj turbinskog ciklusa, do 4 % [9, 14]. Nadalje, voda koja se injektira mora biti demineralizirana, da ne bi oštećivala turbinu, što povećava troškove smanjenja emisije NO_x [9].

6. NUŽNOST IZMJENA U UREDBI GVE

Prema razmatranjima u odjeljku 5., te uzimajući u obzir značenje pojedinih pogona STE-a u energetske proizvodnji i opskrbi, može se među njima postaviti poredak prema važnosti/žurnosti izvršenja zadataka za udovoljenje GVE, i to:

1. Ložišta /teško loživo ulje/ – SO₂: rok je 1. 7. 2002.; jedina primarna mjera s pomoću koje bi se problem mogao riješiti jest uporaba goriva s udjelom sumpora manjim od 1 %, što je u doglednom vremenu praktički neostvarivo.
2. Plinske turbine /prirodni plin/ – NO_x: rok je 1. 7. 2002.
3. Ložišta /teško loživo ulje/ – čestice: ne može se riješiti s pomoću primarnih mjera.
4. Ložišta /teško loživo ulje/ – NO_x: vjerojatno je nužna usporedna primjena više primarnih mjera, što bitno utječe na povećanje troškova smanjenja emisije.
5. Ostali slučajevi (ložište TE Plomin 1 /ugljen/ – čestice i NO_x; ložišta /prirodni plin/ – NO_x): mogu se riješiti ili s pomoću samo poboljšanja/prilagodbi u vođenju pogona ili s pomoću povremene primjene primarnih mjera.

Rješenja problema nabrojanih od 1. do 3. mora se tražiti u promjenama odredaba Uredbe GVE. Uputno bi bilo, i objektivno, problemima s poretkom važnosti 1., 2., 3. pridružiti i problem s poretkom važnosti 4. (teško ulje – NO_x), zbog možebitno velikih potrebnih ulaganja, neopravdanim u odnosu prema preostalom razdoblju rada odgovarajućih 'postojećih' pogona.

Prema ranijim razmatranjima, za probleme s poretkom 2. – 4. je posve jasno zašto ih je nužno rješavati izmjenama odgovarajućih odredbi Uredbe GVE. Više pozornosti potrebno je pokloniti problemu s poretkom važnosti 1., tj. valja upozoriti na činjenicu da razmatrano rješenje utemeljeno na poboljšanju kakvoće goriva nije realno ostvarivo.

Hrvatska je stranka Protokola o daljnjem smanjenju emisije sumpora [15], prema kojem su joj propisane obveze u smanjenju emisije SO₂, u odnosu prema 1980. godini: 17 % do 2005.; 22 % do 2010. Tim protokolom preporučene su i granične vrijednosti emisije SO₂ za nova postrojenja (identične su hrvatskim GVE). Te

norme nisu obvezne za postojeće objekte i, općenito, za takva se postrojenja dopušta propisivanje emisijskih normi "prema potrebi", uz uvjet da država ispuni preuzetu obvezu o smanjenju ukupne emisije SO₂, na državnoj razini. Tako se pitanju postojećih postrojenja pristupa i u Protokolu o suzbijanju zakiseljavanja, eutrofikacije i prizemnog ozona [16] – (nije stupio na snagu). Dakle, prema navedenim odrednicama, u oba spomenuta protokola, mjere za smanjivanje ukupne emisije sumpora na državnoj razini ne treba tražiti samo u okviru energetskeg sektora. Tako se, u navođenju mjera za djelotvornu zaštitu zraka u Hrvatskoj [17] s razlogom ustvrđuje: "Glavni zakonodavni instrumenti za smanjenje emisije sumpora su Uredba o graničnim vrijednostima onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora i Uredba o standardima kakvoće tekućih naftnih goriva." Zbog toga je u Uredbi o standardima kakvoće tekućih naftnih goriva [18] za graničnu vrijednost količine sumpora u teškom ulju izabran iznos 1 %, ali je, istodobno, domaćim proizvođačima dopuštena granična vrijednost 4 % – do 1. 7. 2002. (dakle, kad na snagu treba stupiti GVE02 za SO₂). Zbog pristupanja Hrvatske WTO-u, da bi se ispunio uvjet o istom položaju na tržištu svih proizvođača, forma dopuštenja se mijenja, u Izmjenama i dopunama [19] spomenute Uredbe [18], tako što sad Ministarstvo gospodarstva, po prethodno pribavljenom mišljenju Ministarstva zaštite okoliša i prostornog uređenja, može izdati dozvolu o količini teškog ulja koje se smije, godišnje, stavljati na domaće tržište, a koje ne udovoljava standardima o kakvoći, pri čemu se utvrđuje i najveće dopušteno odstupanje od granične vrijednosti kakvoće. Tako je, npr., za 2001. godinu odobreno stavljanje na domaće tržište 500000 t teškog ulja s udjelom sumpora do 4 % (Odluka [20]). To stvarno znači da će mogućnosti nabavke teškog ulja s manje od 1 % sumpora na domaćem tržištu i dalje biti ograničene te je razvidno da se trajno rješenje problema udovoljenja GVE pri izgaranju teškog ulja ne može temeljiti isključivo na primjeni ulja s malim udjelom ukupnog sumpora. Hrvatske rafinerije (Rijeka i Sisak) nisu se osposobile za proizvodnju teškog ulja s manjim udjelom sumpora od 1 %, niti bi to bilo moguće u doglednoj budućnosti (a, posebice, do 1. 7. 2002.). Ustvari, rafinerije Rijeka i Sisak ne mogu, tehnološki, uklanjati sumpor (npr., postupcima hidrobrade) iz teških naftnih komponenti, pa udio sumpora u loživim uljima isključivo ovisi o njegovu udjelu u prerađivanoj nafti. Nabavka niskosumpornih nafti, takvih da bi se dobilo teško loživo ulje s manjim udjelom sumpora od 1 %, pretpostavlja se, vrlo je upitna, i njihova je cijena, sigurno, neprihvatljivo visoka. Tj., rafinerije moraju i s "visokosumpornim" naftama nastaviti s proizvodnjom brojnih, nužnih derivata. Pitanje jest, što rafinerije mogu uraditi s teškim komponentama iz naftne prerade (iz kojih se, njihovim razrjeđivanjem, dobivaju loživa ulja), ako se loživo ulje, zbog nemogućnosti udovoljenja GVE za SO₂, ne

može prodavati termoelektranama. Dakle, problem graničnih vrijednosti kakvoće loživog ulja glede sumpora i problem *GVE* za emisiju SO_2 u termoelektranama valja istodobno razmatrati. Tako se, npr., postupa i u preporukama Europske unije za kakvoću goriva [21], prema kojima se dozvoljava proizvodnja teškog ulja i do udjela sumpora od 3 %, ukoliko se tada neće prekoračivati emisijske norme za SO_2 . I u nas se mora pristupiti skupno, uzajamnim uvažavanjem i "jednih" i "drugih" graničnih vrijednosti. Međutim, u nas se mora, za razliku od smisla odredbi u preporukama Europske unije, usvojiti suprotan smjer veze među razmatranim graničnim vrijednostima: *GVE* mora biti razmjerno graničnoj vrijednosti udjela sumpora u loživom ulju (koje bi stvarno bilo raspoloživo na domaćem tržištu), tj. zasad, prema jednadžbama u odjeljku 5., $GVE = (1700 \cdot GS/\%) \text{ mg/m}_n^3$, gdje je s *GS* označena granična vrijednost udjela sumpora u loživom ulju. U protivnom, morala bi se ili u, dijelom islužene, pogone termoelektrana ili u rafinerije nafte uložiti sredstva reda veličine stotina milijuna njemačkih maraka. Sveukupno slijedi, problemi udovoljenja *GVE* nabrojani u poretku važnosti od 1. do 3. i, možebitno, 4. moraju se riješiti uz izmjene odgovarajućih odredbi Uredbe *GVE*, što jest jedino razumno rješenje.

Međutim, valja upozoriti na vrlo kratko vrijeme koje je preostalo do stupanja na snagu nekih od spornih odredbi Uredbe *GVE*, čija bi ishitrena provedba onemogućila rad velikog dijela proizvodnih jedinica STE-a. Zbog toga, neodložno je potrebno, praktički odmah, rokove stupanja na snagu novih *GVE* za SO_2 (ložišta/teško ulje) i NO_x (plinske turbine/prirodni plin) pomaknuti do 1. 7. 2004. (to je rok koji ima uporišta i u Protokolu [15], za razliku od zasad važećeg roka – 1. 7. 2002.). Nakon takve odluke, ostat će dovoljno vremena da se nužne promjene i dopune Uredbe *GVE* obave cjelovito i razumno, do 1. 7. 2004.

7. ZAKLJUČAK

Prema "prijelaznim i završnim odredbama" Uredbe o graničnim vrijednostima onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora, bitne promjene graničnih vrijednosti emisije (*GVE*) za pogone Sektora za termoelektrane HEP-a jesu u sljedećim slučajevima:

- ložište TE Plomina 1 /ugljen/: čestice i NO_x (rok 1. 7. 2004.);
- ložišta /plin/: NO_x (rok 1. 7. 2004.);
- ložišta /teško loživo ulje/: čestice i NO_x (rok 1. 7. 2004.), SO_2 (rok 1. 7. 2002.);
- plinske turbine /prirodni plin/: NO_x (rok 1. 7. 2002.).

S obzirom na preostali radni vijek, razumne mjere za udovoljenje *GVE* 'postojećih' pogona STE-a jesu:

- poboljšanja u sustavu izgaranja goriva (prêtežito radi smanjenja emisije NO_x);

- poboljšanje kakvoće goriva ili zamjena goriva (pretežito radi smanjenja emisije čestica i SO_2);
- ograničavanje rada plinskih turbina na 2000 sati godišnje (primjena članka 91. Uredbe *GVE*) i ograničavanje rada velikih uređaja za loženje na 2000 sati godišnje ili na ukupno 30 000 sati rada, nakon 1. srpnja 2004. (primjena članka 134. Uredbe *GVE*);
- izmjene u Uredbi *GVE* kojima bi se uvažile objektivne mogućnosti prilagodbe "postojećih" postrojenja STE-a strožim emisijskim uvjetima.

Na temelju obavljenih "prvih" mjerenja i, samo za TE Plomin 1, kontinuiranih mjerenja, dobiveni su sljedeći rasponi variranja emisijskih vrijednosti (uz usporedbu s odgovarajućim, 'novim' vrijednostima *GVE*):

- ložište TE Plomina 1 /ugljen/:

- čestice: (4 – 213) mg/m_n^3 , $GVE04 = 100 \text{ mg/m}_n^3$,

- NO_x : (100 – 705) mg/m_n^3 , $GVE04 = 650 \text{ mg/m}_n^3$,

- ložišta /plin/:

- NO_x : (130 – 577) mg/m_n^3 , $GVE04 = 350 \text{ mg/m}_n^3$,

- ložišta /teško loživo ulje/:

- čestice: (79 – 567) mg/m_n^3 , $GVE04 = 50 \text{ mg/m}_n^3$,

- NO_x : (161 – 1262) mg/m_n^3 , $GVE04 = 450 \text{ mg/m}_n^3$,

- SO_2 : (2514 – 4008) mg/m_n^3 , $GVE02 = 1700 \text{ mg/m}_n^3$,

- plinske turbine /prirodni plin/:

- NO_x : (268 – 397) mg/m_n^3 , $GVE02 = 150 \text{ mg/m}_n^3$.

Emisije za ložišta na teško loživo ulje izračunate prema emisijskim faktorima koje za ta ložišta preporučuje "Američka agencija za zaštitu okoliša" (*Environmental Protection Agency* – U. S. EPA), uz usporedbu s odgovarajućom *GVE*, iznose:

- čestice:

$S = 2,4 \%$: $c = 291 \text{ mg/m}_n^3$

$S = 1 \%$: $c = 141 \text{ mg/m}_n^3$

za $c = 50 \text{ mg/m}_n^3 = GVE04$: $S = 0,16 \%$

- NO_x :

$N = 0,2 \%$: $c = 409 \text{ mg/m}_n^3 < GVE04 = 450 \text{ mg/m}_n^3$

$N = 0,3 \%$: $c = 624 \text{ mg/m}_n^3 > GVE04 = 450 \text{ mg/m}_n^3$

- SO_2 :

$S = 2,4 \%$: $c = 3920 \text{ mg/m}_n^3$

$S = 1 \%$: $c = 1634 \text{ mg/m}_n^3$

za $c = 1700 \text{ mg/m}_n^3 = GVE02$: $S = 1,04 \%$

za $c = 400 \text{ mg/m}_n^3 = GVE$ (nova ložišta): $S = 0,24 \%$.

Dakle, tipične emisijske vrijednosti "postojećih" pogona STE-a, dobivene i prema mjerenjima i prema izračunavanju s pomoću emisijskih faktora, prekoračuju njima odgovarajuće *GVE*.

Poredak po važnosti zadataka koje valja riješiti u cilju udovoljenja *GVE* jest:

1. Ložišta /teško loživo ulje/ – SO_2 : zasad važeći rok je 1. 7. 2002.; jedina primarna mjera s pomoću koje bi se problem mogao riješiti jest uporaba goriva s udje-

lom sumpora manjim od 1 %. Dokazano je da je to u doglednom vremenu praktički neostvarivo.

2. Plinske turbine /prirodni plin/ – NO_x: zasad važeći rok je 1. 7. 2002.
3. Ložišta /teško loživo ulje/ – čestice: ne može se riješiti s pomoću primarnih mjera.
4. Ložišta /teško loživo ulje/ – NO_x: vjerojatno je nužna usporedna primjena više primarnih mjera, što bitno utječe na povećanje troškova smanjenja emisije.
5. Ostali slučajevi (ložište TE Plomin 1 /ugljen/ – čestice i NO_x; ložišta /prirodni plin/ – NO_x): mogu se riješiti ili s pomoću samo poboljšanja/prilagodbi u vođenju pogona ili s pomoću povremene primjene primarnih mjera.

Problemi udovoljenja *GVE* nabrojani u poretku važnosti od 1. do 3. i, možebitno, 4. moraju se riješiti uz izmjene odgovarajućih odredbi Uredbe *GVE*, što jest jedino razumno rješenje. Promjene odredbi Uredbe *GVE* nužno je obaviti u dva stupnja:

- (i) Pomicanje roka '1. 7. 2002.', stupanja na snagu *GVE* za pojedine slučajeve ložišta i onečišćujućih tvari (koji nema stvarnog uporišta – npr., u međunarodnim obvezama Hrvatske), na '1. 7. 2004.'
- (ii) Rad na promjenama i dopunama odredbi Uredbe *GVE*: nužno je da se one obave cjelovito i stručno, uz istodobno uvažavanje i međunarodnih obveza Hrvatske i sveukupnosti tehničko-ekonomskih uvjeta rada pogona STE-a.

LITERATURA

- [1] Uredba o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora, Narodne novine, br. 140., str. 4406 – 4425, 1997,
- [2] Zakon o zaštiti zraka, Narodne novine, br. 48., 1452 – 1458, 1995,
- [3] Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft (GmBl 7), Bonn 1986,
- [4] Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft, Erste Verwaltungsvorschrift zum BimSchG, GmBl 25, Bonn 1974,
- [5] Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft (Gesetz zur Änderung der Gewerbeordnung von 1959), 1964,
- [6] Novelacija rezultata studije SETØHEP, EKONERG, Zagreb, svibanj 2000,
- [7] Mjesečni izvještaji o kontinuiranom mjerenju emisija u pogonima STE-a (travanj – kolovoz 2001.), HEP – Sektor za termoelektrane, Zagreb, 2001,
- [8] O. RENZ et. al., "Emission control at stationary sources in the Federal Republic of Germany", Vol. I, French-German Institute for Env. Res., Karlsruhe, 1996,
- [9] L. G. BORMAN, W. K. RAGLAND, "Combustion Engineering", McGraw-Hill, Singapore, 1998,

- [10] K. WARK, C. F. WARNER, W. T. DAVIS, "Air Pollution – Its Origin and Control", Addison-Wasley Longman, Menlo Park, 1998,
- [11] CKTL – Prosječne vrijednosti kakvoće loživog ulja, Centralni kemijsko-tehnološki laboratorij, HEP – Sektor za termoelektrane, Zagreb, rujan 2001,
- [12] B. SCHÄRER, N. HAUG, H-J. OELS, "Costs of Retrofitting Denitrification, A Selection of Recent Publication" (Vol. 2), Umweltbundesamt, Berlin, 1988,
- [13] Katastar emisija u okoliš: emisije u zrak iz termoelektrana HEP-a, EKONERG, Zagreb, 2000,
- [14] N. BARBALIĆ, A. BERNIK, G. MARIJAN, "Stručne podloge i procjena uvjeta za obavljanje normativnog ispitivanja djelotvornosti PTE-Zagreb zapad (2 x 25 MW)", HEP – Sektor za termoelektrane, Zagreb, ožujak 2001,
- [15] Zakon o potvrđivanju Protokola o daljnjem smanjenju emisija sumpora Konvencije o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka iz 1979. godine, Narodne novine – Međunarodni ugovori, br. 17, 1998, str. 691 – 716,
- [16] Nacrt Protokola o suzbijanju zakiseljavanja, eutrofikacije i prizemnog ozona Konvencije o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka iz 1979. godine, Göteborg, studeni 1999, prijevod na hrvatski,
- [17] A. KUTLE, J. NEČAK, V. JELAVIĆ, "Trend emisija te okvirni ciljevi i mjere za djelotvornu zaštitu zraka u Republici Hrvatskoj", Gospodarstvo i okoliš 7 (1999), br. 40, str. 427 – 436,
- [18] Uredba o standardima kakvoće tekućih naftnih goriva, Narodne novine br. 76, 1997, str. 2472 – 2476,
- [19] Uredba o izmjenama i dopunama Uredbe o standardima kakvoće tekućih naftnih goriva, Narodne novine: I. br. 66/1999, str. 2542 – 2543; II. br. 149/1999, str. 4852 – 4853,
- [20] Odluka o određivanju količine tekućih naftnih goriva koja se smije stavljati u promet na domaćem tržištu, a ne udovoljava standardima kakvoće tekućih naftnih goriva propisanim Uredbom o standardima kakvoće tekućih naftnih goriva, Narodne novine br. 16, 2001, str. 409,
- [21] Council Directive 1999/32EC of 26 April 1999 relating to a reduction in the sulphur content of certain liquid fuels and amending Directive 93/12/EEC, Official Journal of the European Communities, L121/13 – L121/18, 1999.

FRAMEWORK FOR REASONABLE SOLUTIONS OF ADAPTION TO EMISSION IN THE AIR LIMIT CHANGES WITHIN EXISTING PLANTS OF THE THERMAL POWER SECTOR OF THE CROATIAN ELECTRIC POWER COMPANY

The paper evaluates possibilities of production units' adaptation of the Thermal Power Plant Sector within the Croatian Electric Power Company considering emission limits prescribed in the transient and final regulation in the Decree on emission limits in the air from stationary sources. General trend in emission regulation in the world is given and its influence on emission regulation procedure in Croatia. The significance of emission limits has been evaluated according to first and continuous emission measurements in the production units of the Sector. Separated are cases where the corresponding measures are to be taken in order to

adapt to changed limited values and their importance according to priority has also been determined. Enumerated and analysed are real possibilities of solving the problem of adaptation to emission limit changes within reasonable solutions.

DIE RAHMEN SINNVOLLER ANPASSUNGSLÖSUNGEN FÜR BESTEHENDE DAMPF-UND GASKRAFTWERKE DER KROATISCHEN ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT (HEP) IM BEZUG AUF ÄNDERUNGEN DER EMISSIONSGRENZWERTE

Im Bezug auf Übergangs- und Schlussbestimmungen der Verordnung über vorgeschriebene Grenzwerte aus ortsfester Abgasentstehungstellen, werden mögliche Anpassungslösungen für Erzeugungseinheiten der Dampf- und Gaskraftwerke der Kroatischen Elektrizitätswirtschaft (HEP) im Artikel behandelt. Hingewiesen wird auf die allgemeine Neigung in der Welt, bezüglich der Emissionsgrenzwerte Änderungen durchzuführen, und auf den Einfluss dieser Änderungen auf das Vorschreiben der Abgasnormen in Kroatien. Die Bedeutung der Änderungen von Emissionsgrenzwerten ist auf Grund der sog. ersten

und stätigen Messungen in den bestehenden Dampf- und Gaskraftwerken der Kroatischen Elektrizitätswirtschaft (HEP) beurteilt worden. Jene Fälle der verunreinigenden Abgase, bei welchen geeignete Massnahmen wegen der Anpassung an die vorgeschriebenen Grenzwerte zu unternehmen sind, wurden herausgelöst und nach Bedeutung abgestuft. Aufgezählt und beurteilt sind sachliche, sinnvolle Möglichkeiten der Anpassung an geänderte Emissionsgrenzwerte.

Naslov pisaca:

**Dr. sc. Nikola Barbalić, dipl. ing.
mr. sc. Damir Kopjar, dipl. ing.
HEP Sektor za termoelektrane
Miševečka 15a
10000 Zagreb, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:
2001-11-13.

LITERATURA

[1] Uredba o granicama vrijednosti emisije onečišćujućih tvari u zraku iz stacionarnih izvora, Narodne novine br. 140, str. 4406 - 4425, 1997.

[2] Zakon o zaštiti zraka, Narodne novine br. 45, 1422 - 1428, 1992.

[3] Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft (GMBI 7), Bonn 1986.

[4] Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft, Erste Verwaltungsvorschrift zum BImSchG, GMBI 25, Bonn 1974.

[5] Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft (Gesetz zur Änderung der Gewerbeordnung von 1959), 1994.

[6] Novela koja rezultata studije ZAŽVHEP, EKONERG, Zagreb, svibanj 2000.

[7] Mjesečni izvještaji o kontinuiranom mjerjenju emisija u pogonima STE-a (Izvanj - kolovoz 2001.), HEP - Sektor za termoelektrane, Zagreb, 2001.

[8] O. RENZ et al., "Emission control at stationary sources in the Federal Republic of Germany", Vol. 1, French-German Institute for Env. Res., Karlsruhe, 1996.

[9] L. G. BÖRMAN, W. K. RAGLAND, "Combustion Engineering", McGraw-Hill, Singapore, 1998.