Mjerenje emisije otpadnih plinova

Perković, Nikolina

Undergraduate thesis / Završni rad

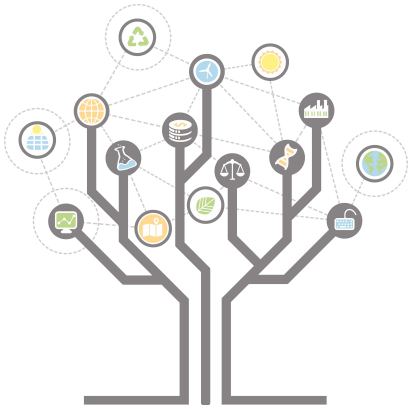
2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:693117

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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



Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

NIKOLINA PERKOVIĆ

MJERENJE EMISIJE OTPADNIH PLINOVA

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

MJERENJE EMISIJE OTPADNIH PLINOVA

KANDIDAT: **MENTOR:**

NIKOLINA PERKOVIĆ **Dr. sc. Vitomir Premur, v.pred**

VARAŽDIN, 2019.

Sveučilište u Zagrebu
Geotehnički fakultet

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnica: NIKOLINA PERKOVIĆ

Matični broj: 2605 - 2015./2016.

NASLOV ZAVRŠNOG RADA:

MJERENJE EMISIJE OTPADNIH PLINOVA

Rad treba sadržati: 1. Uvod
2. Zakonski propisi zaštite zraka
3. Izvori emisija u zrak
4. Mjerenje emisije
5. Mjerenje emisije otpadnih plinova na primjeru
6. Zaključak
7. Literatura
8. Popis slika
9. Popis tablica

Pristupnica je dužna predati mentoru jedan uvezen primjerak završnog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade završnog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 18.03.2019. Rok predaje: 05.09.2019.

Mentor: Drugi mentor/komentor: Predsjednik Odbora za nastavu:

Dr.sc. Vitomir Premur, v. pred. Doc.dr.sc. Ivana Grčić Izv. prof. dr. sc. Igor Petrović

Neposredni voditelj:

Dr.sc. Ivana Melnjak

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad pod naslovom

Mjerenje emisije otpadnih plinova

(naslov završnog rada)

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom dr.sc. Vitomir Premur, v.pred.

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 2019.

Nikolina Perković

(Ime i prezime)

Nikolina Perković

(Vlastoručni potpis)

Sažetak

U ovom završnom radu obrađen je proces mjerenja emisije otpadnih plinova. Obrađene su zakonske regulative vezane za zaštitu zraka i mjerenje emisije, izvori onečišćenja zraka te što sve ulazi u proces mjerenja emisije i kako to izgleda na primjeru.

U prvom dijelu rada prolazi se kroz zakonodavstvo kojim se uređuje zaštita zraka. U drugom dijelu definiraju se izvori emisija i emisijski faktori, dok se u trećem dijelu pojašnjuje proces mjerenja emisije, učestalost mjerenja, određivanje mjernog mjesta, granične vrijednosti emisije otpadnog plina te se daje općeniti pregled mjernih uređaja. U zadnjem dijelu završnog rada opis mjerenja se prikazuje na primjeru malog ložišta na prirodni plin.

Ključne riječi: emisije, otpadni plin, dimnjak, mjerenje

SADRŽAJ

1. Uvod 1
2. Zakonski propisi zaštite zraka 3
3. Izvori emisija u zrak 5
4. Mjerenje emisije 6
4.1 Određivanje mjernog mjesta 7
4.2 Učestalost mjerenja 8
4.3 Granične vrijednosti emisija u otpadnom plinu 11
4.4 Toplinski gubitak 12
4.5 Preračunavanje vrijednosti masene koncentracije 13
4.6 Mjerni uređaj 13
4.7 Mjerenje krutih čestica 15
4.8 Mjerenje anorganskih plinova 16
4.9 Mjerenje organskih plinovitih spojeva 16
4.10 Standardni referentni uvjeti 17
5. Mjerenje emisije otpadnih plinova na primjeru 18
5.1 Mjerni uređaj 19
5.2 Mjerenje parametara otpadnih plinova 21
6. Zaključak 26
7. Literatura 27
Popis slika 29
Popis tablica 30

1. Uvod

Okolišni problemi su gorući problemi današnjice. Razvoj industrije doveo je do povećanja broja stanovništva, urbanizacije i globalizacije. Sve to kao produkt ima povećanje unošenja onečišćujućih tvari u sastavnice okoliša. Sastavnice okoliša su zrak, vode, more, tlo, krajobraz, biljni i životinjski svijet te zemljina kamena kora [1]. Zrak je svuda oko nas, u pravilu nema boju, a bez njega ne bi bilo života na Zemlji. Zrak se ne može prostorno ograničiti, problem onečišćenog zraka jedne nacije problem je svih nas i stoga ideja da zrak trebamo zaštiti ne bi trebala biti strana. Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) procjenjuje da 7 milijuna ljudi umre svake godine zbog izloženosti onečišćenju zraka a problem je značajno veći u siromašnijim državama, osobito državama južno istočne Azije i zapadnog Pacifika [2]. Onečišćenje zraka svake godine u Europskoj Uniji prouzroči otprilike 400 000 slučajeva preuranjene smrti te vanjske troškove povezane sa zdravljem u visini od više stotina milijardi eura [3].

Postavlja se pitanje što napraviti kako bi se ublažile posljedice onečišćenja zraka. Odgovor na to pitanje je u kombinaciji tehnologije i pravnih odredbi. Prioritet bi trebao biti istraživanje i ulaganje u obnovljive izvore energije kao i u tehnologiju baterije kako bi smo problem riješili ili barem minimizirali na duže vrijeme. Također, raditi na tehnologijama za pročišćivanje otpadnih plinova prije nego što emitiraju u atmosferu kao i ulagati u nanotehnologije koje imaju mogućnost pročišćavanja onečišćenog zraka odnosno koje djeluju direktno u atmosferi. Posljednja stavka je ograničiti ispuštanja otpadnih plinova, propisati vrijednosti koje imaju što manji negativan utjecaj na ljude i okoliš i oštro kazniti one koji se toga ne pridržavaju.

Otpadni plin je plin koji sadrži onečišćujuće tvari, u krutom, tekućem ili plinovitom stanju, ispušten iz ispusta ili iz opreme za smanjivanje emisije u zrak [4]. Mjerenje emisije otpadnog plina obveza je svakog vlasnika/ korisnika postrojenja koji unosi emisiju u okoliš. Emisija je ispuštanje ili istjecanje tvari, uključujući radioaktivne tvari i genetski modificirane organizme, u tekućem, plinovitom ili čvrstom agregatnom stanju, i/ili ispuštanje topline, buke, vibracije iz stacionarnih ili difuznih izvora u zrak, more, vodu i tlo, te ispuštanje svjetlosti i organizama, iz pojedinog izvora u okoliš, nastalo kao rezultat čovjekovih djelatnosti, kao i mikrobiološko onečišćivanje okoliša [1].

Kroz završni rad obrađuje se tema mjerenja emisije otpadnih plinova. U drugom poglavlju rada prolazi se kroz popis zakona, uredbi i pravilnika koji uređuju mjerenje emisije otpadnih plinova, u trećem poglavlju se objašnjavaju izvori emisije i emisijske veličine. U četvrtom poglavlju detaljno se prolazi kroz proces mjerenja emisije odabirom mjernog mjesta, učestalosti mjerenja i graničnih vrijednosti emisije.U petom poglavlju se mjerenje emisije opisuje na primjeru.

2. Zakonski propisi zaštite zraka

Razvoj industrije doveo je do naglog opadanja kvalitete zraka a ljudi su brzo uočili da korištenje fosilnih goriva ima negativan utjecaj na ljudsko zdravlje i okoliš. U Londonu, sredinom 20. stoljeća pojavio se problem smoga (engl. smoke + fog) koji nastaje u maglovitim uvjetima uz povećane koncentracije dimnih plinova. Dana 5. prosinca 1952. spustio se na London najgušći smog u povijesti, od čijih je posljedica umrlo prema procjenama i do 12.000 ljudi [5]. Taj događaj u Velikoj Britaniji dovodi do stvaranja Zakona o čistom zraku koji uvodi zone bez dima u urbanim zonama, s uredbom o visokim dimnjacima kako bi pomogli disperziji industrijskih onečišćivala zraka iz dijelovaatmosfere u kojima se nakupljaju [6]. Načela zaštite okoliša kao i zaštitu pojedinih sastavnica okoliša, od kojih je jedna i zrak, u Republici Hrvatskoj uređuje Zakon o zaštiti okoliša [1] i Zakon o zaštiti zraka [7].

Zakon o zaštiti okoliša između ostalog uređuje i praćenje stanja u okolišu odnosno monitoring što je niz aktivnosti koje uključuju uzorkovanje, ispitivanje i sustavno mjerenje emisija, imisija, praćenje prirodnih i drugih pojava u okolišu u svrhu zaštite okoliša [1]. Zakonom o zaštiti zraka se određuju nadležnost i odgovornost za zaštitu zraka i ozonskog sloja, planski dokumenti, praćenje i procjenjivanje kvalitete zraka, mjere za sprječavanje i smanjivanje onečišćavanja zraka, izvještavanje o kvaliteti zraka i razmjeni podataka, djelatnost praćenja kvalitete zraka i emisija u zrak, informacijski sustav zaštite zraka [7]. Zakoni su prilagođeni Direktivama Europske unije.

Krovna institucija za prikupljanje informacija o okolišu na području Europe je Europska agencija za okoliš (EEA). Na području Hrvatske to je Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (HAOP) koja usko surađuje s institucijama nadležnim za praćenje podataka o kvaliteti zraka. Referentni centri prikupljaju i analiziraju podatke o praćenju stanja okoliša uključujući i pokazatelje s Nacionalne liste pokazatelja za koje su zaduženi. Podatke praćenja stanja, pokazatelje i rezultate analiza referentni centri ažurno dostavljaju Agenciji [8]. Središnje tijelo državne uprave zaduženo za pitanja vezana uz okoliš je Ministarstvo zaštite okoliša i energetike. Državni meteorološki zavod provodi procjenu kvalitete zraka dok su pravne osobe-ispitni laboratoriji zaduženi za praćenje kvalitete zraka, praćenje emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora,

provjeru ispravnosti mjernog sustava za kontinuirano mjerenje emisija iz nepokretnih izvora te praćenje kvalitete proizvoda [9]. Ispitne laboratorije verificira i akreditira Hrvatska akreditacijska agencija. Postrojenja koja svojim radom mogu prouzročiti ispuštanje emisija u jednu od sastavnica okoliša dužni su ishoditi okolišnu dozvolu.

Važno je spomenuti Uredbu o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora [4] (u ostatku rada: Uredba o GVE), kojom se propisuju granične vrijednosti emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora, praćenje i vrednovanje emisija, način smanjivanja emisija onečišćujućih tvari u zrak kao i način i rok dostave izvješća o emisijama Hrvatskoj agenciji za okoliš i prirodu. Način praćenja emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora, referentne metode mjerenja, postupak uzorkovanja i vrednovanja rezultata mjerenja propisuje Pravilnik o praćenju emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora [9] (u ostatku rada: Pravilnik). Odredbe Pravilnika odnose se na prva, povremena i kontinuirana mjerenja emisija iz nepokretnih izvora.

3. Izvori emisija u zrak

Emisije imaju više različitih izvora. Općenita podjela izvora u zrak je prema recipijentu odnosno prema tome gdje emisija završava, bilo u vodama, tlu ili zraku. Emisije u zrak mogu biti produkt prirodnih procesa kao erupcije vulkana, šumski požari, pješčane oluje, pelud, čestice morske soli, plinovi iz močvara, mikroorganizmi, magla, prirodna radioaktivnost te meteorska prašina [10]. Oprečno prirodnim izvorima su umjetni ili antropogeni izvori emisije, emisije izazvane ljudskom aktivnošću. Antropogeni izvori emisija su izgaranje fosilnih goriva, promet, zagrijavanje i hlađenje prostora, energetska postrojenja, industrijski procesi te spalionice otpada. Izvori se mogu podijeliti i po vremenu trajanja (trajni i povremeni), prema prostornom rasporedu (točkasti, linijski i površinski) ili s obzirom na pokretljivost koja ih dijeli na pokretne i stacionarne izvore. Stacionarne ili nepokretne izvore onečišćenja dijelimo na točkaste i difuzne. Difuzni izvori su oni kod kojih se onečišćujuće tvari unose u zrak bez određena ispusta/dimnjaka (uređaji, određene aktivnosti, površine i druga mjesta) [9]. Točkasti su oni kod kojih se onečišćujuće tvari ispuštaju u zrak kroz za to oblikovane ispuste (postrojenja, tehnološki procesi, industrijski pogoni, uređaji, građevine i slično) [9].

Emisija iz točkastog izvora iskazuje se emisijskim veličinama [10]:

- maseni protok,
- masena koncentracija,
- emisijski faktor

Emitirani maseni protok (kg/h) je izmjereni maseni protok onečišćujuće tvari na ispustu stacionarnog izvora u razdoblju emisije otpadnih plinova (razdoblje bez emisije ne uzima se u obzir) [4], masena koncentracija (mg/m^3) onečišćujuće tvari u otpadnom plinu predstavlja masu onečišćujuće tvari po jedinici volumena ispuštenoga otpadnog plina [11]. Emisijski faktor je broj koji označava masu emitirane onečišćujuće tvari po jedinici djelatnosti (iskazane količinom proizvoda, količinom potrošenog energenta ili sirovine ili veličinom obavljenog posla) [4].

4. Mjerenje emisije

Emisija je količina otpadnih plinova koje neki izvor, npr. industrijsko postrojenje, termoelektrana, motorno vozilo, ispušta u okoliš u jedinici vremena [12]. Način i učestalost mjerenja emisije u zrak uvjetovan je sastavom i količinom onečišćujuće tvari. Također emisije treba izmjeriti tako da rezultati budu reprezentativni, međusobno usporedivi i da jasno opisuju odgovarajuće radno stanje postrojenja [13]. Emisije se mjere u svrhu praćenja kvalitete zraka a za obavljanje mjerenja je zadužen onečišćivač, odnosno pravna ili fizička osoba koja svojim djelovanjem uzrokuje onečišćenje, po načelu onečišćivač plaća.

Prije mjerenja sačinjavaju se planovi uzimanjem u obzir [13]:

- načina djelovanja,
- radnog stanja uređaja za pročišćavanje sporednog plina ili efluenta,
- radnih uvjeta uređaja (neprekidan rad, isprekidan rad, pokretanje,zaustavljanje, izmjena opterećenja),
- učinka čimbenika termodinamičke interferencije.

Proučavanjem navedenih čimbenika donosi se odluka pod kojim se radnim uvjetima bilježe najveće emisije i koliko će u odnosu na rad uređaja trajati mjerenje emisija. Bitno je i odabrati najpogodniju metodu mjerenja kao i lokaciju mjerenja.

Koncentracija onečišćujuće tvari u otpadnom plinu prati se pomoću instrumenata za automatsko mjerenje i uzorkovanje a proces mjerenja se mora obavljati za vrijeme uobičajenog rada tehnološkog procesa. Kod neprekidnog rada gdje su svojstva otpadnog plina prilično ustaljena provode se tri zasebna mjerenja najviše razine emisije a ako se pretpostavi da je razina emisije promjenjiva može se provesti više mjerenja, uzorkovanja i usrednjavanja vremena, ograničavajući se samo na fazu emisije [13]. Mjesto uzorkovanja mora biti pristupačno, jasno označeno i opremljeno na način da

osigura neometano obavljanje mjerenja. Operater nepokretnog izvora dužan je na svakom ispustu iz postrojenja osigurati stalno mjerno mjesto koje je dovoljno veliko, pristupačno i opremljeno na način da se mjerenja mogu provoditi tehnički odgovarajuće i bez opasnosti po izvođača servisa, kalibracije, povremenog mjerenja i drugo [9]. Mjerno mjesto predstavlja ispust na kojem se obavlja mjerenje emisije a mora odgovarati zahtjevima iz norme HRN EN 15259.

4.1 Određivanje mjernog mjesta

Dolaskom na mjerno mjesto treba[14]:

- na odvodnom kanalu prepoznati oblik, odrediti dimenzije i moguće prepreke
- utvrditi hidraulični promjer prema izrazu

$$d_h = \frac{4A_d}{O_d} \quad (1)$$

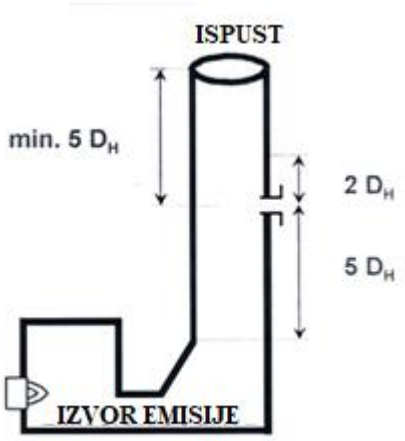
gdje je:

d_h- hidraulički promjer,

A_d - površina poprečnog presjeka, -

O_d - opseg

- odrediti mjesto uzorkovanja na ravnoj sekciji dimnog kanala na duljini od najmanje 7 hidrauličkih promjera od mogućih prepreka i/ili promjene poprečnog presjeka dimovodnog kanala (npr. koljeno, zaklopka, …) u smjeru toka dimnih plinova;
- ako se mjesto uzorkovanja nalazi blizu izlaza struje plina u atmosferu, udaljenost do izlaza odvodnog kanala treba biti najmanje 5 hidrauličnih promjera. Isto tako treba osigurati udaljenost mjernog mjesta do prve prepreke i/ili promjene presjeka kanala duljinu od 5 hidrauličkih promjera - čineći tako ukupnu duljinu od 10 hidrauličnih promjera



Slika 1. Shematski prikaz određivanja mjernog mjesta [12]

Kada te uvjete nije moguće postići odabir mjernog mjesta obavlja se na način prikazan u tablici 1.

Tablica 1. Preporuka odabira mjernog mjesta [14]

Tip prepreke u kanalu	d_h idealno	d_h minimalno
	Duljina d_h od mjernog mjesta	
Koljeno ispusta	5 d_h	1 d_h
Spojnog mjesta više cijevi	5 d_h	1 d_h
Prepreke	5 d_h	2 d_h
Ventilator	5 d_h	2 d_h
Koljeno ispusta ili izlaza izvora onečišćenja	2d_h	0,5 d_h
Izlaz ispusta	5 d_h	1 d_h

Kod mjerenja emisijskih veličina za pojedini nepokretni izvor, operater je dužan osigurati da se na mjernom mjestu na odsisnom kanalu ne miješaju otpadni plinovi tog izvora s otpadnim plinovima iz drugih nepokretnih izvora [9].

4.2 Učestalost mjerenja

Mjerenje emisije onečišćujućih tvari provodi se prvim, povremenim i kontinuiranim mjerenjem a mjerenjem pratimo parametre stanja otpadnog plina koji su [9]:

- sastav otpadnih plinova,
- zacrnjenje i dimni broj,
- fizikalne veličine (temperatura, tlak, vlaga, brzina strujanja i volumni protok otpadnih plinova)

Za mjerenje parametara stanja otpadnih plinova i koncentracija tvari u otpadnim plinovima koriste se metode mjerenja prema zahtjevima normi sljedećim redom prednosti [9]:

- referentna metoda,
- CEN norme,
- ISO norme,
- nacionalne norme (npr. DIN, BS, EPA) ili preporuke i drugi tehnički dokumenti (npr. VDI).

Prvo mjerenje koje je operater dužan obaviti je ono prije puštanja pogona u rad odnosno tijekom pokusnog rada nepokretnog izvora a učestalost mjerenja emisija onečišćujućih tvari u otpadnom plinu iz nepokretnog izvora određuje se na temelju rezultata mjerenja tijekom pokusnog rada [4]. Prema Uredbi o GVE izvođenje prvih i povremenih mjerenja obuhvaća [4]:

- izradu plana mjerenja emisija onečišćujućih tvari u zrak, uključujući određivanje ciljeva mjerenja emisija tvari i zahtjeve mjernog mjesta sukladno normi HRN EN 15259,
- mjerenje koncentracije tvari u otpadnim plinovima za koje su Uredbom o GVE ili rješenjem o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša propisane GVE za nepokretni izvor,
- preračunavanje rezultata mjerenja koncentracija tvari u otpadnim plinovima na jedinicu volumena suhih ili mokrih otpadnih plinova kod normiranih uvjeta i na propisani udio kisika u otpadnim plinovima ako je udio kisika propisan Uredbom o GVE ili rješenjem o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša,
- izradu izvješća o izvršenim mjerenjima emisije onečišćujućih tvari koji mora uključivati plan te procjenu o godišnjoj emisiji onečišćujućih tvari u zrak.

Rezultati prvog i povremenog mjerenja se iskazuju kao srednje vrijednosti. Učestalost mjerenja emisije određuje se na temelju omjera između emitiranog masenog protoka ($Q_{emitirani}$) i graničnog masenog protoka ($Q_{granični}$). Granični maseni protok za pojedinu onečišćujuću tvar određen je Uredbom o GVE kao i omjer $Q_{emitirani}/Q_{granični}$ (tablica 2).

Tablica 2. Učestalost mjerenja emisije [4]

$Q_{emitirani}/Q_{granični}$	Učestalost mjerenja emisije
0,1 do 1	– povremena mjerenja, najmanje jedanput u pet godina
>1 do 2	– povremena mjerenja, najmanje jedanput u tri godine
>2 do 5	– povremena mjerenja, najmanje jedanput godišnje
>5	– kontinuirano mjerenje

Kontinuirana mjerenja obavljaju se automatskim mjernim sustavom (u ostatku rada: AMS) koji je napravljen od mjernih instrumenata za kontinuirano mjerenje emisijskih veličina i automatskog sustava za očitanje mjerenih vrijednosti kao i obradu tih podataka i kontinuirani prijenos u informacijski sustav o praćenju emisija kojeg vodi HAOP. Tako izmjerene vrijednosti smatraju se trenutnim emisijskim veličinama. Rezultati mjerenja iskazuju se kao polusatne i dnevne srednje vrijednosti. Prema Uredbi o GVE AMS mora udovoljiti sljedećim svojstvima [9]:

- usklađenost s procedurom QAL 1 iz norme HRN EN 14181,
- područje rada mjernog instrumenta mora omogućiti bilježenje svih iznosa izmjerene veličine tako da najmanja vrijednost gornje granice mjerenja bude najmanje 2,5 puta veća od GVE za mjerenu onečišćujuću tvar,
- sustav za uzorkovanje mora osigurati dovođenje reprezentativnog uzorka u mjerni instrument (dovoljan protok, pravilno pročišćavanje, sprječavanje kondenzacije i drugo),
- opremljenost sustavom za samoprovjeru ispravnosti rada,
- mogućnost ručne provjere rada, ispravnosti i točnosti,
- opremljenost sustavom za obavješćivanje o prekoračenju GVE

Vlasnici/korisnici nepokretnih izvora, koji imaju uspostavljeno kontinuirano mjerenje emisija, dužni su osigurati kontinuirani prijenos podataka o izmjerenim emisijskim veličinama računalnom mrežom u HAOP a podaci su dostupni za javnost [15].

4.3 Granične vrijednosti emisija u otpadnom plinu

Granična vrijednosti emisija u otpadnom plinu je najveće dopušteno ispuštanje onečišćujuće tvari sadržane u otpadnom plinu iz ispusta nepokretnog izvora koja ne smije biti prekoračena tijekom uobičajenog rada [4]. GVE se izražava kao masena koncentracija onečišćujuće tvari u otpadnom plinu. GVE određene su Uredbom o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora [4], a osim masene koncentracije onečišćujućih tvari Uredba o GVE uređuje dozvoljene vrijednosti zacrnjena i dimnog broja te toplinski gubitak otpadnog plina. Zacrnjene se vizualno određuje prema Ringelmanovoj ljestvici, a metoda se koristi pri mjerenju emisije ložišta na kruta goriva. Dimni broj se vizualno određuje prema Bacharach ljestvici, a metoda se koristi kod mjerenja emisije otpadnih plinova iz ložišta na tekuća i plinska goriva.

Sastav otpadnog plina ovisi o vrsti proizvodnog procesa odnosno o izvoru emisije. GVE za stacionarne izvore definiraju se u odnosu na vrstu proizvodnje pojedine grane industrije. Uredba o GVE uređuje vrijednosti granične vrijednosti emisija za pojedinu industriju ili tehnološki proces prema sljedećim kategorijama [4]:

- GVE za proizvodnju nemetalnih mineralnih sirovina i preradu metala,
- GVE za kemijsku i prehrambenu industriju,
- GVE hlapivih organskih spojeva za određene aktivnosti,
- GVE za uređaje za loženje i plinske turbine,
- GVE za motore s unutarnjim izgaranjem,
- GVE za postrojenja za spaljivanje otpada i postrojenja za suspaljivanje otpada

Uređaji za loženje i plinske turbine prema Uredbi o GVE se dijele prema ukupnoj ulaznoj toplinskoj snazi i vrsti goriva na način prikazan u tablici 3. i tablici 4.

Tablica 3. Podjela uređaja za loženje prema ukupnoj ulaznoj snazi i vrsti goriva [4]

Uređaj za loženje	Kruto gorivo i gorivo od biomase	Tekuće i plinsko gorivo
Mali	≥ 0,1 do 1 MW	≥ 0,1 do 1 MW
Srednji	≥1 do 50 MW	≥ 1 do 50 MW
Veliki	≥50 MW	≥ 50 MW

Tablica 4. Podjela plinskih turbina prema ukupnoj ulaznoj toplinskoj snazi [4]

Plinske turbine	
Srednje PT	≥1 do 50 MW
Velike PT	≥50 MW

4.4 Toplinski gubitak

Toplinski gubitak otpadnog plina je postotni udio toplinske snage ložišta koji se kao osjetna toplina gubi ispuštanjem otpadnih plinova u zrak. Izračunava se u odnosu na postotni volumni udio kisika u suhom otpadnom plinu (2) ili na postotni udio ugljikovog dioksida u suhom plinu (3).

$$Q_{dp} = \left(t_{dp} - t_z\right)\left[\frac{A_2}{21-O_2} + B\right] \quad (2)$$

$$Q_{dp} = \left(t_{dp} - t_z\right)\left[\frac{A_1}{21-CO_2} + B\right] \quad (3)$$

gdje su:

Q_{dp}– toplinski gubici s otpadnim plinovima [%]

t_{dp}– temperatura otpadnog plina [°C]

t_z– temperatura zraka u okolini ložišta [°C]

O_2– izmjereni volumni udio kisika u suhom otpadnom plinu [%]

CO_2– izmjereni volumni udio ugljikovog dioksida (CO_2) u suhom otpadnom plinu [%]

Vrijednosti konstanti A_1, A_2 i B su:

Tablica 5. Vrijednosti konstanti za proračun toplinskog gubitka [4]

	drvo	loživo ulje	prirodni plin	gradski plin	koksni plin	tekući plin, mješavina plina i zraka
A_1	0,5	0,5	0,37	0,35	0,29	0,42
A_2	0,65	0,68	0,66	0,63	0,60	0,63
B	0,008	0,007	0,009	0,011	0,011	0,008

4.5 Preračunavanje vrijednosti masene koncentracije

Vrijednosti masene koncentracije onečišćujućih tvari pri mjerenju emisije otpadnih plinova preračunavaju se na masenu koncentraciju za propisani volumni udio kisika za određeni nepokretni izvor prema jednadžbi:

$$C_z = \frac{21-V_z}{21-V_m} C_m \qquad (4)$$

gdje su:

C_z – masena koncentracija s obzirom na volumni udio određujućeg kisika (V_z)

C_m – izmjerena masena koncentracija pri izmjerenom volumnom udjelu kisika (V_m)

V_m – izmjereni volumni udio kisika [%] volumena suhog otpadnog plina

V_z – volumni udio određujućeg kisika [%] za određeni nepokretni izvor.

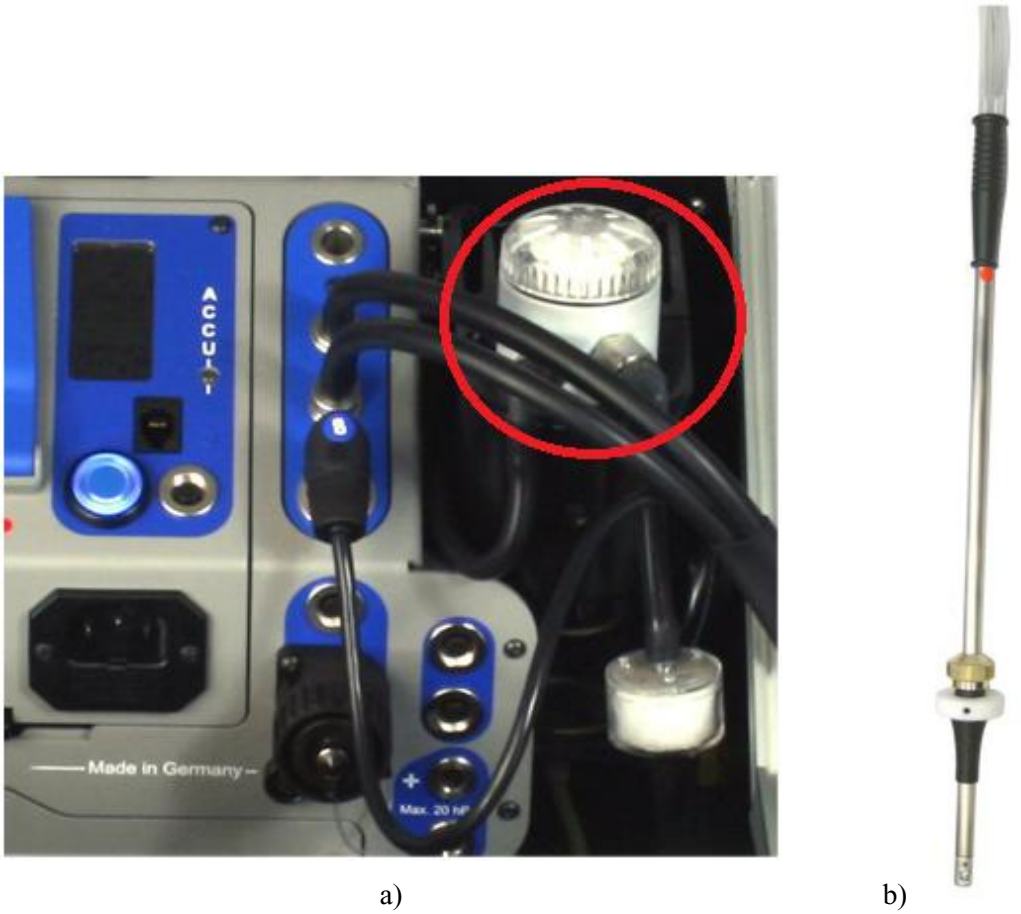
4.6 Mjerni uređaj

U pravilu mjerenjem emisija na jednom izvoru mjerimo masene koncentracije više različitih onečišćujućih tvari jednim mjernim uređajem. Takav mjerni uređaji sastoje se od dva glavna sustava:

- sustav za uzimanje uzorka
- sustav za analizu koncentracija pojedinih plinova

Osnovni princip rada sastoji se od uzimanja uzorka otpadnog plina iz dimovodnog kanala i dovođenja tog uzorka do sustava za analizu plina. Sustav za uzimanje uzorka zajednički je za određivanje koncentracije svih plinova dok se sustav za mjerenje koncentracija pojedinih plinova sastoji od više različitih osjetnika. Sustav za uzimanje uzorka sastoji se od:

- sonde kroz koju plin ulazi u sustav (slika 2b),
- filtra za nečistoće (slika 2a),
- linija kojom se uzorak plina transportira sustavom,
- sustav za kondicioniranje plina,
- pumpe pomoću koje se ostvaruje protok u sustavu ,
- sustav za regulaciju i mjerenje protoka



a) b)

Slika 2. a) Filtar za nečistoće b) Sonda [14]

Dok je sustav za uzimanje uzoraka prilično uniforman između različitih mjernih uređaja, sustav za analizu koncentracije pojedinih plinova mijenja se s mjernim uređajimo tj. prilagođava se grani industrije za koju je namjenjen.

Mjerenje emisije otpadnog plina iz ložišta obavalja se analizatorima ispušnih plinova koji služe za utvrđivanje volumnih udjela određenih sastavnica plina pri razini vlage analiziranog uzorka. Sastavnice plina su ugljikov monoksid (CO), ugljikov dioksid (CO_2), kisik (O_2) i ugljikovodici (HC). Sadržaj ugljikovodika mora biti izražen kao koncentracija n-heksana (C_6 H_{14}), izmjerena metodama bliske infracrvene apsorpcije [16]. Za analizatore ispušnih plinova definiraju se dva razreda (0 i 1) a odgovarajući najmanji mjeriteljski rasponi za te razrede prikazani su u tablici 6.

Tablica 6. Razredi i mjerni rasponi analizatora [16]

Razredi i mjerni rasponi	
Parametar	Razredi 0 i 1
udjel CO	od 0 do 5% vol
udjel CO_2	od0 do 16% vol
udjel HC	od 0 do 2000 ppm vol
udjel O_2	od 0 do 21% vol
λ	od 0,8 do 1,2

Lambda (λ) je bezdimenzijska vrijednost koja predstavlja učinkovitost sagorijevanja motora u vidu omjera zraka/goriva u ispušnim plinovima [16].

4.7 Mjerenje krutih čestica

Krute čestice su čestice bilo kojeg oblika, strukture ili gustoće raspršene u plinovitoj fazi u uvjetima prikupljanja uzorka koje se mogu prikupiti filtriranjem pod utvrđenim uvjetima nakon reprezentativnog uzorkovanja plina koji se analizira, a koji se nalaze uzlazno od filtra i na njemu se zadržavaju nakon sušenja pod utvrđenim uvjetima [4]. Čestice se mogu mjeriti ručno i metodama stalnog bilježenja. Kod ručnog mjerenja može nastati problem kod vlagom zasićenim otpadnim plinom te pri niskim razinama prašine. Kod plina zasićenog vodenom parom, koriste se tehnike uzorkovanja ekstraktivnom metodom i metodom ponovnog zagrijavanja. Primijenjena načela mjerenja uključuju mjerenje raspršenja svjetla i radiometrije. U slučaju niskog sadržaja prašine, koristi se prihvatljivija metoda temeljena na mjerenju raspršenog svjetla [13].

Prema Uredbi o GVE opće GVE za ukupne praškaste tvari (krute čestice) u otpadnom plinu su [4]:

- pri masenom protoku iznad 200 g/h 50 mg/m^3,
- pri masenom protoku do uključivo 200 g/h 150 mg/m^3

4.8 Mjerenje anorganskih plinova

Uzorkovanje anorganskih plinova ovisi o njihovoj homogenosti. Ukoliko se pokaže da razina koncentracije nije ravnomjerna mjerenje se obavlja mrežnim ispitivanjem. Ručne metode ispitivanja uzorka uključuje primjenu ispitivanja uzorka na vlak, a takva bi se oprema trebala sastojati odbarem tri naprave i to od [13]:

- naprave za mjerenje protoka radi izračuna volumena protoka za uzorkovanje ,
- crpke za izdvajanje uzorka,
- sakupljača uzoraka

Postupci sakupljanja plinovitih spojeva za ispitivanje [13]:

- apsorpcija otopinama,
- apsorpcija na fine tvari,
- tehnike hlađenja

Prema Uredbi o GVE anorganske tvari u obliku pare ili plina u otpadnom plinu, razvrstane su u četiri razreda štetnosti.

4.9 Mjerenje organskih plinovitih spojeva

Izvori organskih tvari mogu biti grijanje u kućanstvu, promet i industrija. Uzorkovanje na stacionarnim izvorima koji ispuštaju emisije organskih plinova obavljaju se na brzini znatno nižoj od one koji ima ispušni plina. Na organskim spojevima postoji opasnost od dolaska do kemijske promjene uzrokovane toplinom, oksidacijom i/ili nitracijom i njih se mora spriječiti. Tvari treba skupiti na niskoj temperaturi stoga, uzorkovani plin treba biti ohlađen tijekom uzorkovanja uz pomoć izmjenjivača topline ili dodavanjem pročišćenog zraka ili dušika kako bi se smanjila temperatura razrjeđivanjem [13].

Opće GVE ukupnih organskih tvari u otpadnom plinu, osim praškastih organskih tvari, izražena kao ukupni ugljik, su 50 mg/m^3 pri masenom protoku od 500 g/h ili više. Opće

GVE organskih tvari u otpadnom plinu, razvrstanih u I. razred štetnosti su 20 mg/m^3 pri masenom protoku od 100 g/h ili više. Opće GVE organskih tvari u otpadnom plinu, razvrstanih u II. razred štetnosti, su pri masenom protoku od 500 g/h i više su 100 mg/m^3 [4].

4.10 Standardni referentni uvjeti

Kako bi se izmjerene koncentracije onečišćujućih tvari iz nepokretnih izvora mogle usporediti sa graničnim vrijednostima emisije, ali i sa koncentracijama onečišćujućih tvari iz drugih nepokretnih izvora potrebno je svesti sve rezultate mjerenja na istu razinu. Zbog toga je propisano da se koncentracije iskazuju kao masene koncentracije, odnosno volumni udjeli pri standardnim uvjetima temperature i tlaka. Podatke standardiziramo na temperaturu od 273 K i tlak od 101,3 kPa (0°C i 1 bar).

5. Mjerenje emisije otpadnih plinova na primjeru

Mjerenje emisije provedeno je na plinskom kondenzacijskom kotlu marke Vitocrossal 200 (slika 3.). Uređaj za gorivo koristi zemni plin a upotrebom kondenzacijske tehnike ne koristi samo toplinu koja nastaje pri sagorjevanju goriva, već i toplinu koja kod obične tehnologije obično ostane neiskorištena. Kondenzacijski kotlovi gotovo u potpunosti izvlače toplinu koja je sadržana u dimnim plinovima te je također pretvaraju u toplinu za grijanje. Zbog toga su Viessmann kondenzacijski kotlovi opremljeni radijalnim izmjenjivačima topline od nehrđajućeg čelika koji dimne plinove prije odvođenja u dimnjak tako rashlade da se u njima sadržana vodena para ciljano kondenzira, a oslobođena se toplina dodatno prenosi u sustav grijanja [17].



Slika 3. Plinski kondenzacijski kotao marke Vitocrossal 200

Prema Uredbi o GVE plinski kondenzacijski kotao svrstava se u uređaje za loženje a daljnja klasifikacija ovisi o ukupnoj ulaznoj toplinskoj snazi i vrsti goriva. Ulazna toplinska snaga uređaja je 381 kW (= 0,381 MW) a za gorivo koristi zemni plin stoga se prema Uredbi o GVE klasificira kao mali uređaj za loženje (za zemni plin, raspon snage ≥0,1 do 1 MW) [4]. Korištenje zemnog plina izaziva bitno manje emisije u okoliš u odnosu na čvrsta ili tekuća goriva, a GVE za male uređaje za loženje koji koriste

plinska goriva, uz volumni udio kisika 3% su propisane Uredbom o GVE a prikazane su u tablici 7.

Tablica 7. GVE za male uređaje za loženje [4]

	GVE
Dimni broj	0
Ugljikov monoksid	100 mg/m^3
Oksidi dušika izraženi kao NO_2	20mg/m^3

Po načelu onečišćivač plaća, vlasnik ili korisnik postrojenja koji ispušta emisiju u zrak dužan je obaviti mjerenje emisije na propisan način u odnosu na rezultate mjerenja pri pokusnom radu postrojenja. Za povremena mjerenja onečišćivač ishodi uslugu ispitnog laboratorija koji je akreditiran od strane Hrvatske akreditacijske agencije. Mjerenja na uređaju Vitocrossal 200 onečišćivač mora obaviti svake tri godine a mjerenja opisana u završnom radu obavljena su sa tvrtkom EcoMission d.o.o., Odsjek za ispitivanja. Akreditirana mjerna područja za tvrtku EcoMission d.o.o. navedena su u tablici 8.

Tablica 8. Područje akreditacije [18]

MATERIJALI/ PROIZVODI	VRSTA ISPITIVANJA/ SVOJSTVO/ RASPON	METODA ISPITIVANJA
Otpadni plin	Određivanje ugljikova monoksida, ugljikova dioksida i kisika	HRN ISO 12039:2012
	Određivanje dimnog broja	HRN DIN 51402:2010
Otpadni plin Mali uređaji za loženje	Određivanje masene koncentracije dušikovih oksida – značajke rada automatskih mjernih metoda	HRN ISO 10849:2008

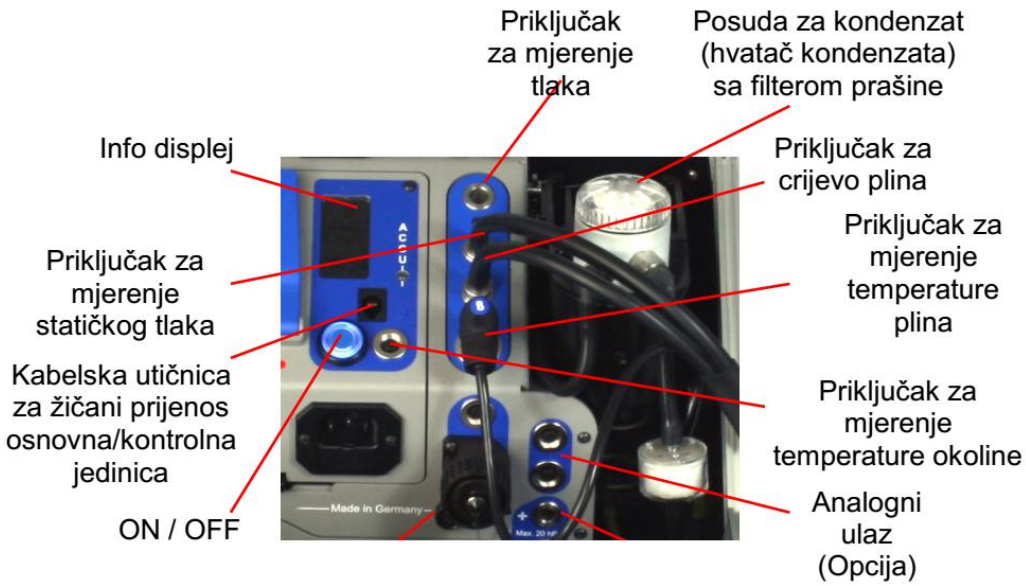
5.1 Mjerni uređaj

Uzorkovanje i analiza otpadnih plinova (volumni udio i masena koncentracija ugljikova monoksida, ugljikovog dioksida i kisika, te masene koncentracije dušikovih oksida) iz plinskog kondenzacijskog kotla obavlja se pomoću mjernog instrumenta za mjerenje onečišćujućih tvari – RBR ecom $J2KN^{pro}$ (slika 4., slika 5.). Prije izlaska na lokaciju mjerenja potrebno je provjeriti ispravnost uređaja za mjerenje, provjeriti napunjenost baterije, rad pumpe, zapunjenost filterate autokalibraciju uređaja [14]. Uređaj sadrži multimedijsku karticu koja omogućuje spremanje točnih podataka mjerenja i zapisa s

uređaja za spremanje podataka a vrijednosti mjerenja mogu se otvoriti u obliku Excel tablice.



Slika 4. Analizator RBR ecom J2KNpro



Slika 5. Priključci na uređaj [14]

Prije početka mjerenja potrebno je obaviti proces kalibracije odnosno umjeravanja mjernog instrumenta. Umjeravanje mjernog instrumenta je skup postupaka kojima se u određenim uvjetima uspostavlja odnos između vrijednosti veličina koje pokazuje mjerni instrument i vrijednosti koje prikazuje neka tvarna mjera ili neka referentna tvar [9].

Kalibraciju obavljamo na boci plina nama poznatog sastava (slika 6.), a obavlja se prije svakog mjerenja ili najkasnije svakih sat vremena.



Slika 6. Umjeravanje mjernog instrumenta

5.2 Mjerenje parametara otpadnih plinova

Dolaskom na lokaciju kotla uređaj se priprema za korištenje, obavlja se kalibracija i određuje mjerno mjesto na ispusnom kanalu kotla. Mjerno mjesto se u pravilu određuje preko hidrauličkog promjera, ali na kotlu Vitocrossal 200 to nije bilo potrebno jer kotao ima predviđeno mjesto za umetanje sonde za svrhu mjerenja emisije (slika 7.). Visina dimnjaka je 10 metara, udaljenost mjernog mjesta od kotla je 0.7 m a udaljenost do koljena je 0.1 m.

Prije početka mjerenja koncentracije onečišćujućih tvari u otpadnom plinu potrebno je obaviti mjerenje dimnog broja prema Bacharachovoj ljestvici. Kod uređaja koji za gorivo koriste zemni plin, dimni broj mora biti nula jer zemni plin nema boju.



Slika 7. Sonda umetnuta u ispust

Umetanjem sonde u mjerno mjesto može započeti mjerenje emisije, mjerenje traje pola sata, a obavlja se u tri ciklusa mjerenja, sva tri u istoj mjernoj točki. Podaci se uzimaju svakih 10 sekundi, a parametre otpadnog plina koje uređaj prati su:

- volumni udio kisika i ugljikovog dioksida,
- masene koncentracije CO, NO, NO_2 ,
- određene fizikalne veličine (temperatura otpadnog plina, temperature zraka, tlak, temperature rosišta)

Rezultate mjerenja uređaj periodično zapisuje kao koncentracije onečišćujućih tvari u otpadnom plinu. Koncentracija onečišćujućih tvari mjeri se kao masa tvari po volumenu otpadnog plina (mg/m^3), a koncentracija se također može izraziti kao ppm, dijelovi na milijun (engl. parts per million), što predstavlja volumen tvari u 1 L zraka. Za usporedbu rezultata sa GVE potrebno je pretvoriti ppm u mg/m^3preko formule:

$$koncentracija\ \left[\frac{mg}{m^3}\right] = 0{,}0446 * koncentracija\ [ppm] * molarna\ masa \quad (5)$$

Gdje je faktor 0,0446 recipročna vrijednost volumena 1 mola idealnog plina pri standardnim uvjetima. Ako se uzme za primjer da je koncentracija dušikovog dioksida NO_2, molarne mase 46,01 g/mol, = 1 ppm pri temperaturi od 0°C pri atmosferskom tlaku, tada vrijednost u mg/m^3 dobijemo kao:

$$koncentracija\ NO_2\left[\frac{mg}{m^3}\right] = 0{,}0446 * 1 * 46{,}01\ (6)$$

$$koncentracija\ NO_2 = 2{,}0540\ mg/m^3 = 2\ mg/m^3 (7)$$

Vrijednosti masene koncentracije zaokružuju se na cijeli broj. Mjerenje traje pola sata, a iz sirovih podataka određuju se tri nasumična ciklusa mjerenja u trajanju od minute i 30 sekundi (90 sekundi). Ciklus ima 9 mjernih podataka i ti se podaci svode na srednje vrijednosti.

Tablica 9. Prikaz rezultata mjerenja

PODACI	MJERENJE 1	MJERENJE 2	MJERENJE 2	PROSJEK	GVE
snaga [kW]	381	381	381	381	
protok plina [m^3/h]	550,6	568,8	568,9	562,8	
protok plina [Nm^3/h]	475,4	481,1	477,8	478,8	
brzina strujanja [m/s]	3,1	3,2	3,2	9,5	
temp. zraka [ºC]	15,69	15,9	15,93	15,84	
temp. plina [ºC]	41,64	46,65	50,15	46,1	
kisik O_2[%]	5,42	5,67	5,5	5,5	
CO_2[%]	8,8	8,6	8,7	8,7	
CO[mg/m^3]	3	3,3	2,2	2,8	100
NO_2[mg/m^3]	45,8	35,2	42,2	41,1	200
SO_2[mg/m^3]	0	0	0	0	
lambda	1,35	1,37	1,35	1,36	
temp.rosišta [ºC]	53	53	53	53	
dimni broj	0	0	0	0,0	0
toplinski gubici [%]	1,3	1,6	1,8	1,6	10
CO [g/h]	1,4	1,6	1,8	1,6	
NO_2[g/h]	21,8	16,7	20,1	19,5	

U tablici 9. prikazane su srednje vrijednosti za svako pojedino mjerenje odnosno za svaki ciklus. Podatci označeni žutom bojom uspoređuju s GVE određene Uredbom o GVE za male uređaje za loženje koji koriste plinska goriva, uz volumni udio kisika 3% za potrebu izvješća o emisijama iz stacionarnih izvora, a podaci su normizirani na standardne referentne uvjete (temperatura 0°C i tlak od 101,3 kPa).

Toplinski gubitak izračunava se za svako mjerenje i svodi na srednju vrijednost. Za izračun se koristi formula (2) navedenu u poglavlju 4.4.

Na primjeru mjerenja 1, uz konstante A_2 i B iz tablice 5., proračun izgleda:

$$Q_{dp} = \left(t_{dp} - t_z\right)\left[\frac{A_2}{21-O_2} + B\right] \quad (2)$$

$$Q_{dp} = (41{,}64 - 15{,}69) * \left[\frac{0{,}66}{21-5{,}42} + 0{,}009\right] = 1{,}33\ \%(8)$$

Proračun se ponavlja za svako mjerenje, a za prosjek se uzima zbroj svih rezultata podijeljen sa brojem rezultata.

Lambda (λ) je bezdimenzijska vrijednost, koja predstavlja učinkovitost sagorijevanja motora u vidu omjera zraka/goriva u ispušnim plinovima [16]. Utvrđuje se referentnom standardiziranom formulom:

$$\lambda = \frac{21}{21 - O_2[\%]}\ (9)$$

Maseni protok ugljikovog monoksida i dušikovog dioksida dobije se umnoškom masene koncentracije [mg/m^3] i normiziranog protoka plina [Nm^3/h], vrijednost se izračunava u gramima po satu [g/h] pa ju je potrebno pomnožiti sa 10^{-3}.

Vrijednosti masene koncentracije ugljikova monoksida i dušikova dioksida treba preračunati na masenu koncentraciju za propisani volumni udio kisika, koji za mala ložišta na plin iznosi 3%, prema formuli (4) iz poglavlja 4.5. Preračunavanje vrijednosti masene koncentracije. Na primjeru mjerenja 1, s podacima za izmjerenu masenu koncentraciju CO proračun za normiziranu masenu koncentraciju izgleda:

$$C_z = \frac{21-V_z}{21-V_m} C_m \qquad (4)$$

$$C_z = \frac{21-3}{21-5{,}4} * 3 = 3{,}5\ mg/m^3{}_N\ (10)$$

Takve se vrijednosti koriste za izradu izvješća koji se šalje u HAOP. Izvješće se podnosi u obliku tablice 10.

Rezultati mjerenja emisije na kotlu Vitocrossal 200 su u skladu s propisanim GVE.

Tablica 10. Konačan prikaz podataka

Broj mjerenja:		***1.***	***2.***	***3.***	***prosjek***
Parametar	**Jedinica**				
Temperatura zraka	ºC	15,69	15,9	15,93	**16**
Tlak zraka	hPa	1013			**1013**
Temperatura plina	°C	41,64	46,65	50,15	**46.1**
Apsolutna vlaga	%	14,4	14,2	14,4	**14,3**
Ugljikov (IV) oksid CO_2	%	8,8	8,6	8,7	**8,7**
Zadani volumni udio O_2	%	3			**3**
Izmjereni volumni udio O_2	%	5,4	5,7	5,5	**5,5**
Promjer mjerne površine	m	0,250			**0,250**
Mjerna površina na mjernom mjestu	m^2	0,0491			**0,0491**
Broj mjernih točaka		1			**1,0**
Položaj mjerne točke	mm	125			**125,0**
Ugljikov (II) oksid CO, norm. na 0ºC, 101,3kPa	mg/m^3	3,0	3,3	2,2	**2,8**
Ugljikov (II) oksid CO, norm. na O_2, suhi plin	mg/m^3_N	3,5	3,9	2,6	**3,3**
Oksidi dušika kao NO_2 norm. na 0ºC, 101,3kPa	mg/m^3	45,8	35,2	42,2	**41,1**
Oksidi dušika kao NO_2 norm. na O2, suhi plin	mg/m^3_N	52,9	41,3	49,0	**47,8**
Dimni broj		0	0	0	**0**
Toplinski gubici	%	1,3	1,6	1,8	**1,6**

6. Zaključak

Kroz završni rad objašnjen je postupak mjerenja od odabira lokacije mjernog mjesta, različitih načina uzorkovanja prema onečišćujućoj tvari i preračunavanja rezultata mjerenja na standardne uvijete. Standardizirane masene koncentracije uspoređene su s graničnim vrijednostima emisije. Bitno je prepoznati onečišćujuće tvari iz otpadnog plina za svaku granu industrije kako bi smo mogli naći načine kako točno izmjeriti njihovu koncentraciju i napraviti shemu smanjivanja emisije

Kroz rad se može zaključiti da je mjerenje emisija otpadnih plinova iz stacionarnih izvora dobro regulirano zakonima i uredbama. Mjerenja se provode prvim, povremenim i kontinuiranim mjerenjima ovisno o emisijama pojedine industrije. Također zakonom su određene novčane kazne za prekoračenje GVE što djeluje kao inicijativa za poštivanje propisanih GVE. Postrojenja kojima je uspostavljeno kontinuirano mjerenje emisija dnevna izvješća dužni su dostaviti svaki dan HAOP-u i ti su podaci dostupni javnosti. Povremena mjerenja koja su vlasnici izvora emisije dužni obaviti također se u obliku izvješća šalju u HAOP.

U završnom radu opisano je mjerenje emisije otpadnog plina na plinskom kondenzacijskom kotlu koji se svrstava, prema Uredba o GVE, u male uređaje za loženje. Uređaj Vitocrossal 200 za gorivo koristi prirodni plin a svojom tehnologijom omogućava smanjenje toplinskog gubitka i smanjenje vrijednosti emisije. Prema rezultatima mjerenja i usporedbom tih rezultata sa GVE vidljivo je da su emisije unutar ograničenja postavljenih Uredbom o GVE.

7. Literatura

[1] Zakon o zaštiti okoliša, Narodne novine, 2018., izdanje 118

[2] Ambient (outdoor) air quality and health, WHO, dostupno na: https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health, preuzeto 5.9.2019.

[3] Tematsko izvješće br. 23/2018: Onečišćenje zraka: naše zdravlje još uvijek nije dovoljno zaštićeno, Europski revizorski sud, objavljeno 11.9.2018.

[4] Uredba o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora, Narodne novine, 2017., izdanje 87

[5] Na današnji dan - 12.000 ljudi umrlo od smoga u Londonu (1952.), dostupno na: https://povijest.hr/nadanasnjidan/12-000-ljudi-umrlo-od-smoga-u-londonu-1952/, preuzeto 30.6.2019.

[6] History of Air Pollution, dostupno na: http://www.enviropedia.org.uk/Air_Quality/History.php , preuzeto 30.6.2019.

[7] Zakon o zaštiti zraka, Narodne novine, 2018., izdanje 118

[8] Suradnja s drugim institucijama, Hrvatska agencija za okoliš, dostupno na: http://www.haop.hr/hr/suradnja-s-drugim-institucijama/suradnja-s-drugim-institucijama, preuzeto 21.7.2019.

[9] Pravilnik o praćenju emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora, Narodne novine, 2013., izdanje 97

[10] Prof. dr. sc. Natalija Koprivanac, Osnove zaštite zraka, materijali za studente, 2016. godina

[11] Dr.sc. Vitomir Premur, v.pred., Skripta iz kolegija Emisije i imisije u okoliš, Varaždin, 2018.

[12] "Hrvatska enciklopedija", Leksikografski zavod Miroslav Krleža, dostuono na: www.enciklopedija.hr, preuzeto : 13.8.2019.

[13] Mjerenje emisija i korištenje podataka o emisijama, Projekt CARDS 2004 - Potpora daljnjem usklađivanju zakonodavstva Republike Hrvatske s pravnom stečevinom Zajednice u području zaštite okoliša, 2007.

[14] Ninoslav Dimkovski, struč.spec.ing.el., Radna uputa za određivanje mjernog mjesta, Eccomission d.o.o., 2016.

[15] http://iszz.azo.hr/stacion/

[16] Direktiva 2004/26/EZ Europskog parlamenta i vijeća od 21. travnja 2004. o izmjeni Direktive 97/68/EZ o usklađivanju zakonodavstava država članica u odnosu na mjere protiv emisije plinovitih i krutih onečišćujućih tvari iz motora s unutarnjim izgaranjem koji se ugrađuju u izvancestovne pokretne strojeve, objavljeno: 30.4.2004.

[17] Informacijski list VITOCROSSAL 200 Tip CM2, dostupno na: https://bit.ly/2k0egwG , preuzeto 18.3.2019.

[18] Hrvatska akreditacijska agencija, Potvrda o akreditaciji broj: 1581; EcoMission d.o.o. Odsjek za ispitivanja, dostupno na: http://www.akreditacija.hr/, preuzeto 18.3.2019.

Popis slika

Slika 1. Shematski prikaz određivanja mjernog mjesta [12] 8

Slika 2. a) Filtar za nečistoće b) Sonda [14] 14

Slika 3. Plinski kondenzacijski kotao marke Vitocrossal 200 18

Slika 4. Analizator RBR ecom J2KNpro 20

Slika 5. Priključci na uređaj [14] 20

Slika 6. Umjeravanje mjernog instrumenta 21

Slika 7. Sonda umetnuta u ispust 22

Popis tablica

Tablica 1. Preporuka odabira mjernog mjesta [14] 8

Tablica 2. Učestalost mjerenja emisije [4] 10

Tablica 3. Podjela uređaja za loženje prema ukupnoj ulaznoj snazi i vrsti goriva [4] ... 12

Tablica 4. Podjela plinskih turbina prema ukupnoj ulaznoj toplinskoj snazi [4] 12

Tablica 5. Vrijednosti konstanti za proračun toplinskog gubitka [4] 13

Tablica 6. Razredi i mjerni rasponi analizatora [16] 15

Tablica 7. GVE za male uređaje za loženje [4] 19

Tablica 8. Područje akreditacije [18] 19

Tablica 9. Prikaz rezultata mjerenja 23

Tablica 10. Konačan prikaz podataka 25