

Univerza v Ljubljani

Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

Katedra za poklicno, procesno in požarno varnost

POROČILO

RR projekta: Nastajanje ogljikovega monoksida med gorenjem

Ljubljana, 10. oktober 2017

Vsebina**PODATKI O IZVEDBI RR PROJEKTA: NASTAJANJE OGLJIKOVEGA MONOKSIDA MED GORENJEM.... VI****Faza 1. 1: Izbor goriva, meritve termičnih lastnosti in opis raziskave 1****Faza 1. 2: Opredelitev scenarijev sproščanja CO 3**

Pogosti scenariji za nastanek CO..... 3

Možni scenariji nastajanja CO-ja..... 48

Pogostost in značilnosti zastrupitev z ogljikovim monoksidom v Sloveniji..... 53

Faza 1. 3: Analiza nastajanja CO in EGA meritve 58

Rezultati meritev..... 62

EGA analiza Bukovega lesa v oksidativni atmosferi z 20 vol % kisika (ostalo je Ar-5.0)..... 62

EGA analiza Bukovega lesa v oksidativni atmosferi s 17 vol % kisika (ostalo je Ar-5.0)..... 63

EGA analiza Bukovega lesa v inertni atmosferi (Ar-5.0)..... 65

EGA analiza Peleti v oksidativni atmosferi z 20 vol % kisika (ostalo je Ar-5.0)..... 66

EGA analiza Peleti v oksidativni atmosferi s 17 vol % kisika (ostalo je Ar-5.0)..... 68

EGA analiza Bukovega lesa v inertni atmosferi (Ar-5.0)..... 69

Diskusija rezultatov 71

Sklepne ugotovitve..... 79

Faza 1.4: Analiza nastajanja CO v zmanjšanem merilu 80

Opis komore in merilne tehnike za merjenje nastajanja CO 80

Rezultati meritev..... 83

Vpihovanje hladnega CO – 150 ppm 83

Vpihovanje hladnega CO – 400 ppm 90

Lesni peleti (40 g) 97

Sušena bukova drva (40 g) 103

Bioetanol (40 g) 111

Propan - butan..... 118

Primerjava različnih tipov goriv..... 121

Sklepne ugotovitve..... 125

Faza 2.1: Pregled in priprava povzetka obstoječih predpisov v Sloveniji in tujini 126

Slovenska zakonodaja, smernice in primer slabe prakse..... 126

Zakonodaja, smernice in primeri dobre prakse v evropskih državah 131

Zakonodaja, smernice in primeri dobre prakse v ZDA in Kanadi 139

Faza 2.2a: Poročilo o blagih in kroničnih zastrupitvah s CO v Sloveniji 141

Blage in kronične zastrupitve s CO	141
Pogostnost blagih in kroničnih nenamernih zastrupitev s CO	141
Ugotavljanje blagih in kroničnih zastrupitev.....	142
Zaključek in predlog za nadaljnje ukrepanje.....	143
Faza 2.2b: Analiza gibanja CO po prostoru in priprava scenarijev	145
Matematični model in numerično modeliranje nastajanja in gibanja CO	145
Teoretično ozadje matematičnega modela in opis uporabljene programske opreme.....	146
Osnovne enačbe	146
Začetni in robni pogoji numeričnega modeliranja	149
Rezultati matematičnega modeliranja gibanja CO po prostoru	152
Točkovni vpih CO brez izvora toplote – hladen CO 6l/h 150 ppm	152
Točkovni vpih toplega CO 6l/h 150 ppm – vpliv sredinske odprtine št. 2.....	153
Točkovni vpih toplega CO – vpliv količine vpihanega CO in s tem različnega goriva	161
Točkovni vpih hladnega CO 2000l/h 150 ppm	163
Točkovni vpih hladnega CO 2000l/h 400 ppm	167
Gorenje bukovih sekancev (40 g)	170
Gorenje propana	178
Primerjava različnih goriv	182
Sklepne ugotovitve.....	183
Faza 2.3: Osnutek nacionalnega programa ozaveščanja pred nevarnostjo zastrupitve s CO	185
Ogljikov monoksid – nevidni ubijalec.....	186
Vplivi na zdravje	187
Akutna zastrupitev s CO	188
Blaga in kronična zastrupitev s CO	188
Viri nastanka CO.....	189
Kurilne in dimovodne naprave in z njimi povezani viri CO.....	190
Dekorativni kamini, dišeče palčke, vodne pipe	191
Naprave in pripomočki za pripravo in serviranje hrane	192
Dizelski agregati in podobne naprave v prostorih ter bližini bivalnih prostorov	192
Zaznavanje CO v bivalnem prostoru, obveščanje in opozarjanje na povišane koncentracije	193
Javljalniki CO.....	193
Namestitev javljalnikov CO.....	193
Primerjava zahtev glede namestitve javljalnikov CO z zahtevami evropskih in severnoameriških držav.....	194
Stanje glede zastrupitev s CO v Sloveniji.....	194
Število zastrupitev	194
Ugotavljanje blagih in kroničnih zastrupitev	194
Predlogi ukrepov za preprečevanje zastrupitev s CO	195

Potrebne spremembe oziroma dopolnitve zakonodaje in tehniških smernic	195
Izobraževanje in usposabljanje	196
Ozaveščanje.....	196
Oprema prvih posredovalcev z merilniki CO	196
Ciljne skupine za izvajanje NP za preprečevanje zastrupitev s CO	197
Faza 2.4.: Priprava programa za različne ciljne skupine (vzgojno izobraževalne ustanove, občane, za tretje življenjsko obdobje, strokovno javnost) in gradiva za zloženko	200
Programi izobraževanja in usposabljanja za različne ciljne skupine	200
Vsebina programa za strokovno javnost	200
Laična javnost: otroci in mladina.....	205
Gradivo za zloženko	206
Faza 2.5.: Zaključno poročilo	210
Ogljikov monoksid – nevidni ubijalec.....	210
Lastnosti CO.....	210
Vplivi na zdravje	212
Akutna zastrupitev s CO.....	212
Blaga in kronična zastrupitev s CO	213
Viri nastanka CO v bivalnem okolju	213
Kurilne in dimovodne naprave in z njimi povezani viri CO	215
Dekorativni kamini, dišeče palčke, vodne pipe.....	216
Naprave in pripomočki za pripravo in serviranje hrane.....	216
Dizelski agregati in podobne naprave ter motorji z notranjim izgorevanjem v bližini bivalnih prostorov..	216
Bivalno v.s. delovno okolje in pravica do nedotakljivosti stanovanja v.s. pravica soseda do lastne varnosti	217
Zaznavanje CO v bivalnem prostoru, obveščanje in opozarjanje na povišane koncentracije	217
Javljalniki CO	217
Namestitve javljalnikov CO	218
Primerjava zahtev glede namestitve javljalnikov CO z zahtevami evropskih in severnoameriških držav ...	218
Stanje glede zastrupitev s CO v Sloveniji.....	218
Število zastrupitev.....	218
Ugotavljanje blagih in kroničnih zastrupitev.....	219
Ugotovitve laboratorijskih meritev	219
Ugotovitve meritev nastajanja CO pri termični obremenitvi.....	219
Ugotovitve nastajanja in gibanja CO v komori.....	220
Ugotovitve na osnovi modelnih napovedi sproščanja in gibanja CO v prostoru	222
Povzetek ugotovitev in predlog ukrepov za izboljšanje stanja na področju nenamernih zastrupitev s CO v Sloveniji	223
Potrebne spremembe oziroma dopolnitve zakonodaje in tehniških smernic.....	224
Izobraževanje in usposabljanje	224
Ozaveščanje	225
Oprema zdravstvenega osebja in gasilcev z merilniki CO	225
Ciljne skupine za izvajanje NP za preprečevanje zastrupitev s CO	226
Vsebina programov izobraževanja in usposabljanja.....	226
Vsebina programa za strokovno javnost.....	226
Laična javnost: odrasli občani	228

Laična javnost: otroci in mladina	230
Gradivo za zloženko	232
Avtorji RR naloge in sodelujoči pri projektni nalogi:.....	235
KONČNO POROČILO PROJEKTA	243
Kazalo slik.....	247
Kazalo tabel.....	253
Kazalo Diagramov	254

Poročilo so uredili: doc. dr. Barbara Novosel, Gašper Golob, Mateja Gris

Nosilec storitve:

doc. dr. Barbara Novosel

**Dekan Fakultete za kemijo
in kemijsko tehnologijo:**
prof. dr. Matjaž Krajnc

PODATKI O IZVEDBI RR PROJEKTA: NASTAJANJE OGLJIKOVEGA MONOKSIDA MED GORENJEM

Naročnik projekta:

Republika Slovenija
Ministrstvo za obrambo
Vojkova cesta 55
1000 Ljubljana

Izvajalec projekta:

UL, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
Večna pot 113
p. p. 537
1000 Ljubljana

Naročilo: Pogodba št. **4300-320/2016-1** z dne **14. 11. 2016** o izvedbi RR projekta: »Nastajanje ogljikovega monoksida med gorenjem«-CO

Faza 1. 1: Izbor goriva, meritve termičnih lastnosti in opis raziskave

Uvod

Skladno z naročilom in dogovorom med skrbnicama pogodbe št. 4300-320/2016-1 z dne 14. 11. 2016 o izvedbi RR projekta Nastajanje ogljikovega monoksida med gorenjem, izvajalec podaja poročilo ob zaključku izvedene (prve) faze dela. Pregled predvidenega plana izvedbe RR projekta Nastajanje ogljikovega monoksida med gorenjem – CO in sprejem načrta izvedbe projekta **NIP 2.0** je bilo izvedeno na sestanku 07. 12. 2017.

Opis problematike

V okviru RR projekta Nastajanje ogljikovega monoksida med gorenjem je treba izvesti:

- podrobno analizo nastanka strupenih plinov pri zgorevanju goriv v bivalnem okolju,
- študijo nekaterih primerov poškodb zaradi plinov, ki nastajajo pri gorenju,
- na podlagi analize opredeliti nevarnosti, ki izhajajo iz uporabe goriv in kurilnih naprav,
- podati pogoje za varno uporabo goriv ter kurilnih naprav v bivalnem okolju,
- predlog za spremembo predpisov na tem področju in
- program za ozaveščanje in usposabljanje javnosti ter prvih posredovalcev.

Obseg in področja naloge zahtevajo izvedbo po fazah in vključitev več vrst strokovnjakov, zato je izvajalec projekta s pomočjo podizvajalca projekta Slovenskega združenja za požarno varstvo k sodelovanju povabil strokovnjake z različnih področij. V delovni skupini za izvedbo RR projekta sodelujejo:

	Ime in priimek	Podjetje / ustanova
1	Barbara Novosel	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo (UL, FKKT)
2	Simon Schnabl	UL, FKKT
3	Marija Bešter Rogač	UL, FKKT
4	Marko Radak	UL, FKKT
5	Marjan Lukežič	UL, FKKT
6	Miran Brvar	Klinični center Ljubljana (KC Ljubljana)
7	Mojca Dobaja	KC Ljubljana
8	Gašper Golob	Slovensko združenje za požarno varstvo (SZPV), Detektor sistemi d.o.o.
9	Mateja Gris	SZPV
10	Milan Hajduković	Zavod za gradbeništvo Slovenije, SZPV
11	Aleš Jug	SZPV
12	Andrej Papež	ENSI d.o.o., predsednik sekcije instalaterjev-energetikov pri Obrtni zbornici Slovenije (OZS)
13	Jurij Hrovat	Splošno pečarstvo Jurij Hrovat s.p., Predsednik odbora pečarjev pri sekciji gradbincev OZS
14	Simon Dovrtel	Dimnikarstvo Dovrtel, d.o.o., predsednik sekcije dimnikarjev pri OZS

Poleg naštetih pri izvedbi laboratorijskih del in meritev sodeluje tudi osebje UL, FKKT.

Potek dela

Ponudbo za projekt je sestavila skupina, v kateri so doc. dr. Barbare Novosel, Gašper Golob in Mateja Gris. Koordinatorska skupina pod vodstvom doc. dr. Barbare Novosel skrbi za tekoče izvajanje projekta, koordinira delo in spremlja potek dela posamezne faze po načrtu izvedbe projekta (NIP v. 2.0). Na prvem sestanku vseh sodelujočih 14. 11. 2017 predstavila osnovne podatke in smernice za izvedbo naloge:

- Vodja projekta je Barbara Novosel (FKKT).
- SZPV je podizvajalec: administrativna podpora in koordinator sodelujočih strokovnjakov, ki niso zaposleni na FKKT. Mateja Gris (SZPV) skrbi za obveščanje sodelujočih o dinamiki dela, sklicuje sestanke, pripravlja zapisnike, zbira obračune ur, ki jih sprti posredujejo sodelujoči ipd.
- V 11 mesecih izvedbe naloge je predvideno sočasno delo različnih skupin sodelujočih.
- Predvideni so periodični sestanki na približno mesec dni, na katere se vabi vse sodelujoče. Udeležba Aleša Juga je predvidena po Skypu.
- Gradivo bo naloženo v Dropbox, do katerega imajo dostop vsi sodelujoči.
- Končni cilj: priprava predloga nacionalnega programa za preprečevanje zastrupitev s CO.

Opravljene naloge

V času izvedbe 1. faze RR projekta Nastajanje ogljikovega monoksida med gorenjem je bilo na UL, Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo 8 sestankov koordinatorske skupine in 4 sestanki, na katere so bili vabljeni vsi člani delovne skupine za pripravo naloge. Sestanki so bili 14. 11. 2016, 14. 12. 2016, 25. 1. 2017 in 13. 3. 2017. Zapisniki sestankov so v arhivu projekta.

Na osnovi NIP v. 2.0 in dogovorjenega poteka dela so sodelujoči opravili:

- faza 1.1: izbor goriva, meritve termičnih lastnosti, opis raziskave in priprave izvedbe projekta, priprava dokumentacije, postavitve administrativna platforme za spremljanje poteka projekta in pregled (Priloga 1: zapisniki sestankov),
- faza 1.2: opredelitev scenarijev in sproščanje CO glede na vrsto goriva, vir nastanka, pogoje nastanka in okolje ter poročilo o pogostosti in značilnosti zastrupitev s CO v Sloveniji (glej poglavje Faza 1. 2),
- faza 1.3: analiza nastajanja CO in EGA meritve (glej poglavje Faza 1. 3),
- faza 1.4: analiza nastajanja CO v zmanjšanem merilu (glej poglavje Faza 1. 4)
- faza 1.5: priprava in predstavitev poročila za fazo 1 (predloženo poročilo s prilogami).

Faza 1. 2: Opredelitev scenarijev sproščanja CO

Pogosti scenariji za nastanek CO

Avtorji: Gašper Golob, dr. Aleš Jug, Simon Dovrtel

Vrsta goriva	Vir nastanka	Razlog za nastanek	Kratek opis
Plin (propan, propan butan ali metan), trdno gorivo (drva, premog, lesni peleti, sekanci) ali tekoče gorivo (olje, petrolej, bioetanol).	Kurilne naprave (za ogrevanje, pripravo tople sanitarne vode, dekoracijski kamini) v bivalnem prostoru	Pomanjkljiva oskrba z zrakom za zgorevanje v kurilni napravi.	Ob pomanjkljivi oskrbi z zrakom gorenje v kurilni napravi še vedno teče, narašča pa raven CO. Zgorevanje s plamenom lahko teče do koncentracije kisika med 15 in 17 vol%. Zgorevanje ob tem postaja nepopolno kar povečuje koncentracijo CO v odvodu dimnih plinov.

Plin

Do neustreznega prezračevanja lahko pride zaradi napak pri načrtovanju ali izvedbi prezračevanja v prostorih;



[1]



Velikost odprtine in način izvedbe za dovod zraka ni v skladu s tehnično smernico SZPV 407, odprtina za dovod zraka je zaprta s sedežno garnituro. Premajhna odprtina za dovod zgorevalnega zraka ne zagotavlja ustreznih pogojev v prostoru namestitve, kar prepreči ustvarjanje vleka


Plin





[2]


Kurilna naprava na naravni vlek (odvisna od zraka v prostoru) se nahaja v omari in predsobi brez izvedenega dovoda zraka.

Plin			<p>Do neustreznega prezračevanja lahko pride zaradi naknadnih posegov na prezračevalnih odprtinah</p>  <p>[3]</p>
Plin			<p>Do neustreznega prezračevanja lahko pride zaradi naknadnih gradbenih posegov na dimovodnih napeljavah</p>  <p>[3]</p> <p>Poškodba dimniškega elementa z odtočnimi cevmi, poškodovana celotna vertikala 4ih nadstropij, prehod emisij v prostor z zračniki in mimo njih.</p>

Plin			<p>Ob rekonstrukciji objekta ter predelavi podstrešja v bivalno enoto je izvajalec prekinili dovod zraka, ki je oskrboval kurilno napravo na plin v kleti. Zaradi prekinitve oskrbe z zrakom je gorenje v kurilni napravi postalo nepopolno, pri tem je nastajal CO, ki je namesto v dimnik z naravnim vlekem vstopal v bivalni prostor. [4]</p>
Trdno gorivo			<p>Do neustreznega prezračevanja lahko pride zaradi naknadnih gradbenih posegov v bivalnem prostoru.</p> <p>Zgorevanje postane nepopolno tudi, kadar v prostoru zaradi slabega prezračevanja primanjkuje svežega zraka (zraka, ki ima približno 21 vol. % kisika). Problem pri oskrbi s svežim zrakom lahko nastane, ko v stanovanju, kjer imamo kurilno napravo zamenjamo stara okna z novimi, ki bolje tesnijo. Do menjave novih oken pride lahko v stanovanju, kjer se nahaja kurilna naprava ali na hodniku oz. stopnišču večstanovanjskega objekta, kjer se posamezna stanovanja oskrbujejo z zrakom.</p>  <p>[2]</p> <p>Zamenjava dotrajanega in starega stavbnega pohištva (oken in vrat) z novim, ki običajno tesni bolje od starega. S takim posegom se spremenijo tlačni pogoji, ki lahko bistveno vplivajo na delovanje kurilnih naprav. Dovod zgorevalnega zraka je bil zagotovljen preko okenskih in vratnih pripir. Ob zamenjavi starih oken z novimi, zrakotesnimi, pa ni bilo urejenega novega dovoda zraka.</p>

Plin			<p>Dovod zgorevalnega zraka je urejen preko povezanih prostorov, vendar je uporabnik zaprl zračne rešetke na vratih prostora s kurilno napravo, preko katerih se zgorevalni zrak dovaja iz odprtine na steni v drugi sobi</p>  <p>[2]</p>
Plin			<p>Ob rekonstrukciji objekta poškodovan del dvoslojnega dimnika kurilne naprave na plin, ki dovaja svež zrak ali neustrezno izvedena vgradnja dimniškega elementa, ko se posamezni deli snamejo.</p> <p>Dvoslojni dimniki se običajno vgrajeni kot dimovodna napeljava ali tam, kjer se dimni plini iz stavbe odvajajo pod nadtlakom. Kurilne naprave, ki delujejo neodvisno od zraka v prostoru, so največkrat priključene na dvoslojne dimnike, pri čemer služi vmesni prostor med plaščem in notranjo cevjo kot dovodni jašek za zgorevalni zrak. Takšne dimniške sisteme imenujemo tudi LAS-dimniki. [4]</p>

Plin in trdno gorivo			<p>Podtlak v prostoru ustvari druga kurilna naprava, katere dimovodna naprava ustvarja večji vlek od predmetne kurilne naprave</p>  <p>[1]</p>
Plin, trdno gorivo		Slabo odvajanje zgorevalnih produktov in prehajanje dimnih plinov v bivalni prostor.	<p>Neočiščeni ali slabo očiščeni dimniki</p>  <p>[2] [3]</p>

			<p>Ko po dolgem času ponovno pričnemo uporabljati kurilno napravo, je nujno potrebno preveriti dimnik in dovod zraka. Problematici so predvsem objekti kot npr. vikendi, lovske kočje, počitniške hiše ipd..., kjer se kurilne naprave ne uporabljajo dovolj pogosto. V tovrstnih objektih je nujno potrebno opraviti pregled kurilnih in dimovodnih naprav s strani dimnikarske službe pred pričetkom uporabe.</p>
Trdno gorivo			<p>Napačno izvedene dimniške tuljave</p>  <p>[2]</p>



Trdno in tekoče gorivo



[2]

Primer, ko je uporabnik prvotno uporabljal trdna goriva, nato pa so v objektu vgradili novo kurilno napravo na olje. Pri tem so kurilno napravo na trdna goriva v kuhinji odstranili in odprtino zakrili z aluminijasto folijo. Kasneje je uporabnik obstoječo oljno kurilno napravo predelal v kurilno napravo na trdna goriva. Ker je bila temperatura v dimniški tuljavi zaradi uporabe drv zelo visoka, je prišlo do raztezanja pločevinaste tuljave. Dva elementa dimniške tuljave sta se zaradi tega snela in dimni plini so prehajali v prostor med prvotno in vstavljeno pločevinasto dimniško tuljavo. Odprtina med prvotno dimniško tuljavo in obstoječo na vrhu dimnika je bila zazidana. Dimni plini zato niso mogli prehajati v ozračje, so pa uhajali v kuhinjo skozi odprtino, pokrito z aluminijasto folijo. Na fotografiji levo zgoraj lahko vidimo sledi kondenza, ki je prehajal iz dimne tuljave v kuhinjo.

			<pre>***** Meritev Spectra 1600-GL ***** 35.02.2015 11:34 Plje EL 0% 15.4% 8ImSchV T-plin 32.6 °C Posisce 20 °C O2 19.0 % CO2 1.4 % Izpuhe 5.8 % ITA 94.2 % Lambda 11.00 CO 4202 ppm CO/kWh -1244 mg CO/O2 -6095 mg CO/MJ -5901 mg NOx 22 ppm NOx/O2 424 mg</pre>  <p>[2]</p>
Tekoče gorivo		Uporaba kurilnih naprav brez odvoda dimnih plinov!	 <p>[5]</p>


			 <p>(fotografija je simbolična)</p> <p>Zastrupljena oseba je uporabljala prenosno petrolejsko kurilno napravo brez odvoda dimnih plinov. V primeru nezadostnega dovajanja zraka (kisika) prične pri gorenju nastajati CO. Ker ta tip kurilne naprave nima urejenega odvoda dimnih plinov iz bivalnega prostora se povečane koncentracije CO zadržuje v bivalnem prostoru.</p> <p>Od 21.12.2013 se v bivalnih prostorih ne sme vgraditi naprav za ogrevanje, ki niso priključene na dimnovodne naprave za odvod dimnih plinov v okolico!</p>
Plin		Poškodovane dimniške tuljave (tuljave so lahko počene zaradi dimniških požarov, napake pri izvedbi, vzdrževanju ali pri naknadnih gradbenih ali obrtniških delih v prostoru z dimnovodno napeljavo).	 <p>[2]</p> <p>Poškodbe dimniških elementov v primeru gradbenih posegov in obrtniških del po opravljenem rednem vzdrževalnem servisu in pregledu dimnikarske službe ali vzdrževalcev kurilnih naprav. Opomba: izvedba dimne tuljave (gibljive cevi) na fotografiji ni v skladu s tehnično smernico SZPV 407. Zaradi neustrezne izvedbe odvoda dimnih plinov je tudi prišlo do poškodbe.</p>

Trdno gorivo



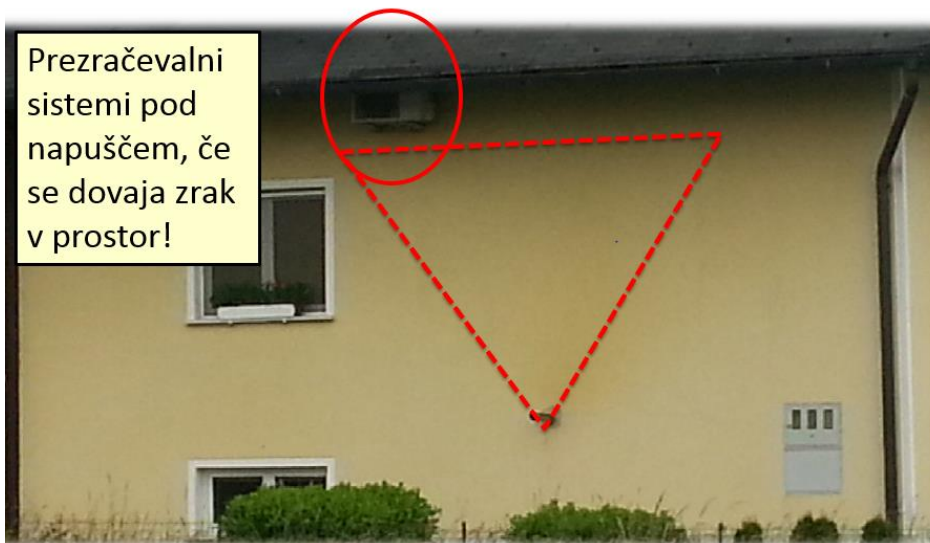
[6]

Pri dimniških požarih obstaja možnost poškodb dimniških elementov zaradi visokih temperatur, ki ob tem nastajajo. Dimniški elementi lahko razpokajo, dimniška vratca se lahko poškodujejo in posledično lahko pride do uhajanja CO v bivalne prostore. Po vsakem dimniškem požaru je nujno potreben pregled dimnikarske službe, ki ugotovi morebitne poškodbe in pozove uporabnika k ustrezni sanaciji.

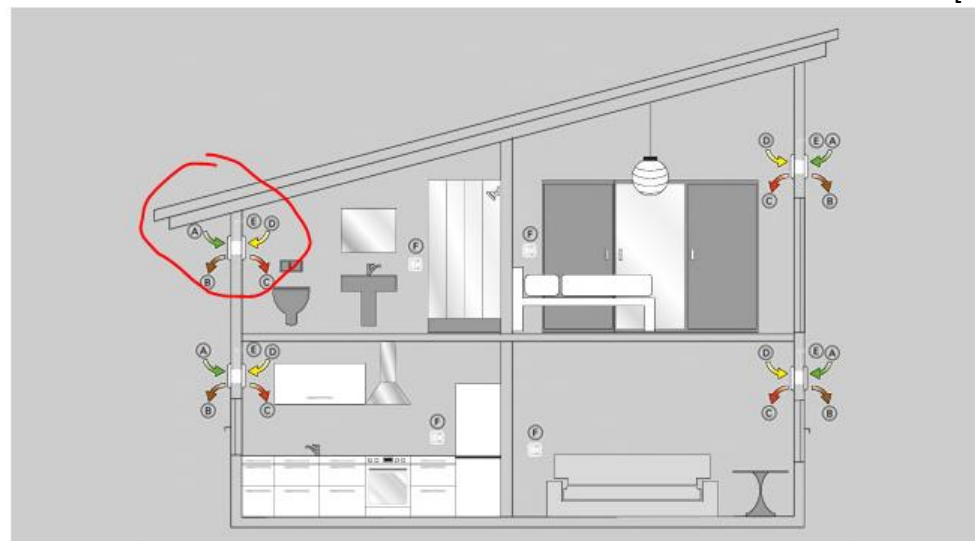
Plin		Neustrezni odvodi dimnih plinov na fasadah objektov	 <p>UL. PROLETARSKIH BRIGAD ODVODI EMISJI POD OKNI</p> <p>[3]</p> <p>Pod določenimi pogoji lahko smer pihanja vetra in pa odprto okno ali balkonska vrata omogočijo prehajanje dimnih plinov iz dimnika v bivalni prostor.</p>
------	--	---	--

Plin

Prezračevalni sistemi za dovod zraka v bivalni prostor in neustrezen odvod dimnih plinov



[2]



[2]

Določeni tipi prezračevalnih sistemov (rekuperacija, zračniki pod napuščem strehe) lahko v primeru neustrezno izvedenih odvodov dimnih plinov na fasadi

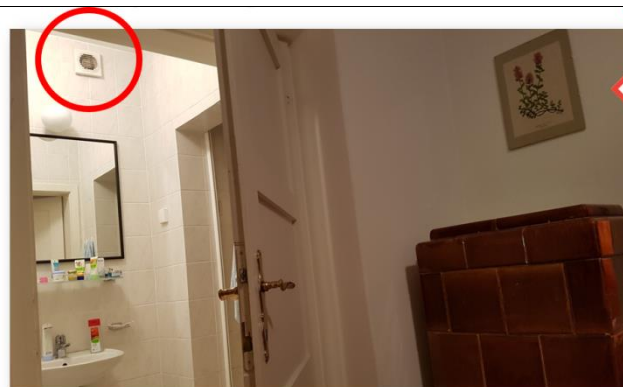
			objekta povzročajo prehajanje CO v bivalni prostor. Dimni plini se lahko zadržujejo pod napuščem strehe in prehajajo v bivalni prostor preko prezračevalnih sistemov.
		Sočasno delovanje kurilnih naprav in naprav za izsesavanje zraka (sušilci perila, kuhinjske nape, ventilatorji), ki ustvarjajo podtlak, večji od naravnega vleka kurilne naprave v dimniku	Zgorevalni plini kurilnih naprav se odvajajo v zunanje ozračje skozi dimnike. Dimni plini v dimnikih so precej bolj vroči kot je zunanji zrak v okolju in imajo zaradi tega tudi precej manjšo gostoto kot zunanji zrak. To povzroči, da imajo vroči dimni plini na dnu vertikalnega stolpca (dimnika) nižji zračni tlak kot je tlak na dnu odgovarjajočega stolpca zunanjega zraka. Ta višji tlak zunaj dimnika je pogonska sila, ki premika zgorevalni zrak v kurilno napravo in tudi premika dimne pline navzgor in ven iz dimnika. To gibanje ali tok zgorevalnega zraka in dimnih plinov imenujemo naravni vlek, vlek ali dimniški efekt. Delovanje kuhinjskih nap, kopalniških ventilatorjev ali strojev za sušenje perila (ne kondenzacijskih strojev) lahko v prostoru ali objektu vzpostavi podtlak večji od tlaka, potrebnega za naravni vlek dimnih plinov. Vsled tega se dimni plini namesto v dimnik pomaknejo v bivalni prostor in potujejo preko prostora do mesta izhoda iz objekta. Ob tem kontaminirajo objekt. [4]

Plin, trdno in tekoče gorivo



[2]

Vlek prezračevalnih naprav (moč električnih motorjev) je močnejši kot je vlek odvoda dimnih plinov v dimnikih. Dimni plini tako namesto v ozračje prehajajo v bivalne prostore. V kurišču s trdimi gorivi je na začetku kurjenja zelo visoka temperatura gorenja, ki zagotavlja dober vzgon in odvod dimnih plinov skozi dimnik. Prisotne so večje količine dima in v primeru nastajanja podtlaka v prostoru dim prehaja v bivalni prostor. Uporabnik lahko vizualno zazna prisotnost dima in še pravočasno ukrepa in prepreči zastrupitev s CO. V primeru, ko se v kurilni napravi nahaja žerjavica, je temperatura v kurišču bistveno manjša. Vzgon je tako slabši in za prehajanje dimnih plinov v bivalni prostor ne potrebujemo večjih tlačnih sprememb. Težava pri uhajanju dimnih plinov v tem primeru je, da ni več prisotnega dima (vode, trdnih delcev in ostalih plinov) oziroma vsaj ne več v tako velikih količinah kot v začetni fazi gorenja in zato vizualno sploh ne opazimo, da plini prehajajo v bivalni prostor.



[2]



[2]



V primeru uporabe kurilne naprave odvisne od zraka v prostoru, ki je vgrajena v bivalnem prostoru večstanovanjskega objekta, obstaja možnost prehajanja CO iz skupnega dimnika kljub temu, da je kurilna naprava ugasnjena. Zaradi uporabe kuhinjske nape se ustvarja podtlak v bivalnem prostoru. Ker lahko ostali uporabniki uporabljajo kurilne naprave se v dimniku nahajajo dimni plini in CO. Zaradi podtlaka in izvedbe kurilne naprave (atmosferski gorilnik – prost pretok zraka med bivalnim prostorom in dimnikom) prehajajo dimni plini iz dimnika v bivalni prostor.


Trdno gorivo

Kuhinjska napa v stanovanjski enoti, ki nima (lahko tudi ima) kurilne naprave, izvleče dimne pline iz netesnih delov dimovodne naprave v prostor (netesen priključek na dimovodno napravo, netesna čistilna vratca)




[7]

			 <p>[7]</p>
Trdno gorivo			<p>Poškodovana, dotrajana ali slabo vstavljena tesnila na spojih Netesnosti na stenah dimovodne naprave (luknje, nezaprti priključki) Posledice korozije na kovinskih povezovalnih dimovodih (poroznost)</p>  <p>[8]</p>

			<p>Pri kurjenju trdnih goriv je potrebno upoštevati kvaliteto in vlažnost drv. Nikakor se ne uporablja sveža drva. Količina sproščenega CO-ja odvisna od sušenosti lesa in temperature v peči. V primeru, ko je les vlažen, je količina CO-ja večja.</p> <p>Pojav ogljikovega monoksida v okolju:</p> <table border="1" data-bbox="1131 375 2072 657"> <thead> <tr> <th>Koncentracija</th> <th>Vir</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,1 ppm</td> <td>Naravna stopnja v ozračju</td> </tr> <tr> <td>0,5 do 5 ppm</td> <td>Povprečna stopnja v zaprtih prostorih^[15]</td> </tr> <tr> <td>5 do 15 ppm</td> <td>Ob pravilno prilagojenih plinskih pečeh v domovih, sodobne emisije izpušnih plinov^[16]</td> </tr> <tr> <td>100 do 200 ppm</td> <td>Izpušni plini starejših motornih vozil^[17]</td> </tr> <tr> <td>5.000 ppm</td> <td>Dim pri kurjenju lesa v peči^[18]</td> </tr> <tr> <td>7.000 ppm</td> <td>Izpušni plin pri motornih vozilih brez katalizatorja^[16]</td> </tr> </tbody> </table>	Koncentracija	Vir	0,1 ppm	Naravna stopnja v ozračju	0,5 do 5 ppm	Povprečna stopnja v zaprtih prostorih ^[15]	5 do 15 ppm	Ob pravilno prilagojenih plinskih pečeh v domovih, sodobne emisije izpušnih plinov ^[16]	100 do 200 ppm	Izpušni plini starejših motornih vozil ^[17]	5.000 ppm	Dim pri kurjenju lesa v peči ^[18]	7.000 ppm	Izpušni plin pri motornih vozilih brez katalizatorja ^[16]
Koncentracija	Vir																
0,1 ppm	Naravna stopnja v ozračju																
0,5 do 5 ppm	Povprečna stopnja v zaprtih prostorih ^[15]																
5 do 15 ppm	Ob pravilno prilagojenih plinskih pečeh v domovih, sodobne emisije izpušnih plinov ^[16]																
100 do 200 ppm	Izpušni plini starejših motornih vozil ^[17]																
5.000 ppm	Dim pri kurjenju lesa v peči ^[18]																
7.000 ppm	Izpušni plin pri motornih vozilih brez katalizatorja ^[16]																
Plin		Neustrezno vzdrževanje kurilnih naprav															

[9]

[2]

			<p>Če kurilne naprave niso strokovno pregledane in vzdrževane po navodilih proizvajalca, lahko pride do povečanih koncentracij CO v emisijah dimnih plinov. Koncentracija CO v emisijah dimnih plinov je v primeru uporabe vzdrževanih sodobnih plinskih kurilnih naprav med 5 do 15 ppm. Če pride do okvare dimovodne napeljave ali do podtlaka v prostoru s kurilno napravo, odvisno od zraka v prostoru, so tako koncentracije CO v bivalnem prostoru manjše, kot če imamo neustrezno vzdrževano kurilno napravo s povečanimi koncentracijami CO v emisijah dimnih plinov. V takem primeru prehajajo koncentracije CO v bivalni prostor bistveno večje (namesto 5-15 ppm lahko tudi 400 ppm in več).</p>
Trdno gorivo			 <p>[2]</p> <p>Nobena lončena kurilna naprava ni plinotesna! Tipičen primer uhajanja CO v bivalni prostor je pojav dima v prostoru z lončeno kurilno napravo. Netesni spoji med pečnicami lončene ali kmečke peči povzročajo prehajanje dima v prostor.</p>


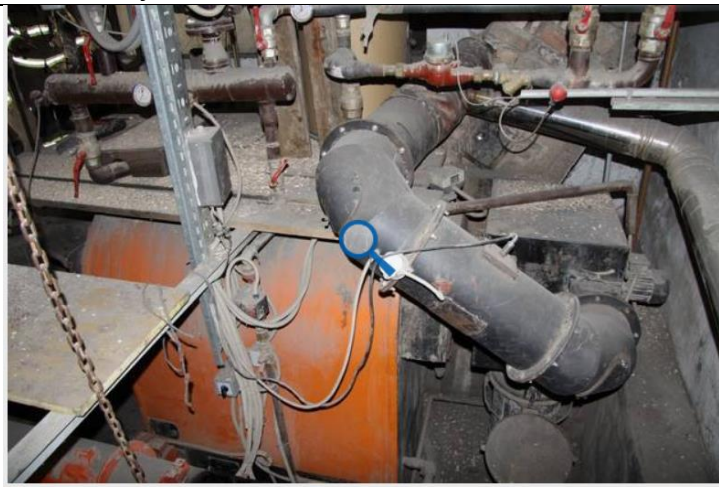
			<p>Skozi špranje dim prehaja, ker je gradbeni material lončene peči ohlajen in skrčen in so špranje takrat večje. Ko se gradbeni material kurilne naprave segreva, se materiali pričnejo raztezati in zapirati špranje, zato dima ni več prisotnega. Pride do nastanka tako imenovanih mikro por (zelo majhne špranje). Dim skozi te mikro pore ne more več prehajati. Sestava dima je iz vodne pare, trdnih delcev in plinov. Vodna para in trdni delci zaradi svoje fizikalne lastnosti (bistveno večji delci kot molekule plinov) ne morejo več prehajati skozi mikro pore, plini pa lahko. CO tako prosto prehaja v bivalni prostor.</p>
			<p>Prekomeren dovod goriva zaradi napake na dovodu goriva ali gorilniku ustvari v peči z gorivom bogato okolje. Pri tem vrsta goriva ključno vlogo in pogojuje količino plinov, ki se bo nakopičila v peči. Zgorevanje še vedno teče, je nepopolno (podobno, kot pri pomanjkljivi oskrbi z zrakom), pri tem se sprošča CO. Od napaki na dimniku, oskrbi z zrakom oz. drugih dejavnikov (delovanje nape, sušilnega stroja ali ventilatorjev) zgorevalni produkti iz peči vstopajo in kontaminirajo prostor. [4]</p>

Trdno gorivo

Neustrezno
upravljanje s kurilno
napravo



[2]

				<p>[2]</p> <p>Uporabnik je odstranil pepel iz kurilne naprave, ko je ogenj (žerjavica) ugasnil. Pepel je bil odstranjen v pločevinast lavor in postavljen ob kurilno napravo. Po dveh dneh je bila v kurilnici prisotna koncentracija CO 340 ppm. Po dveh dneh je bil pločevinast lavor še vedno topel! V pepelu (žerjavici) se je proces tlenja še vedno izvajal.</p>
Plin, trdno in tekoče gorivo		Tehnična okvara kurilne naprave		<p>[10]</p>

Pri katerikoli kurilni napravi, ne glede na vrsto dovoda zraka (odvisna ali neodvisna od zraka v prostoru) in ne glede na to, da redno opravljamo vzdrževalne in servisne posege, lahko pride do tehnične okvare. Do tehnične okvare lahko pride tudi v kateremkoli delu objekta, v katerem se nahaja kurilna naprava, ne samo v bivalnem prostoru. V kurilnicah lahko pride tako do okvare kurilne ali dimovodne naprave (zgoraj tragični primer iz Tržiča – tehnična okvara polža za dovajanje sekancev v kurilno napravo).




[2]



[2]

V prostoru s kurilno napravo na olje in pralnim strojem se nahaja otroška postelja! V primeru tehnične okvare kurilne ali dimovodne naprave so uporabniki teh prostorov prvi izpostavljeni možnosti zastrupitve s CO.

Plin	Plinska trošila (štedilnik, tajfun, plinasta sevala – gobe, ipd.) na propan, propan butan ali metan v objektih (tudi šotori, počitniške prikolice, idr.)	Slabo vzdrževano plinsko trošilo z zamašenimi ali zaprtimi šobami za dovod svežega zraka	V plinskem štedilniku zgoreva plin s ti. predmešanim plamenom. To je plamen, pri katerem sta gorivo in zrak pred vžigom med seboj premešana v takšnem razmerju, da se njuna mešanica že nahaja znotraj vžignega območja, se pravi med spodnjo mejo vnetljivosti in zgornjo mejo vnetljivosti. V kolikor je oskrba v coni mešanja slaba, postaja zgorevanje nepopolno, kar omogoča nastanek ogljikovega monoksida. [11], [12]
Plin		Nastajanje CO v primeru uporabe plinskih trošil zaradi okvare šob	 <p>[2]</p> <p>Plinsko trošilo za pripravo hrane v primeru okvare šob lahko proizvaja CO (tipična obarvanost plamena z rumeno barvo). Težave s povečano koncentracijo CO pri uporabi plinskih trošil v kuhinji lahko nastanejo tudi v primeru, ko nimamo urejenega ali vklopljenega odvoda zraka iz kuhinje (napa). Težave s prisotno koncentracijo CO so tudi v primeru izklopljenih nap v gostinskih obratih (lokali, šole, menze...), kjer so plinska trošila stalno vklopljena (plinska trošila so v večini primerov tudi večjih dimenzij), delujejo dlje časa, saj se hrana pripravlja dlje časa.</p>

Plin

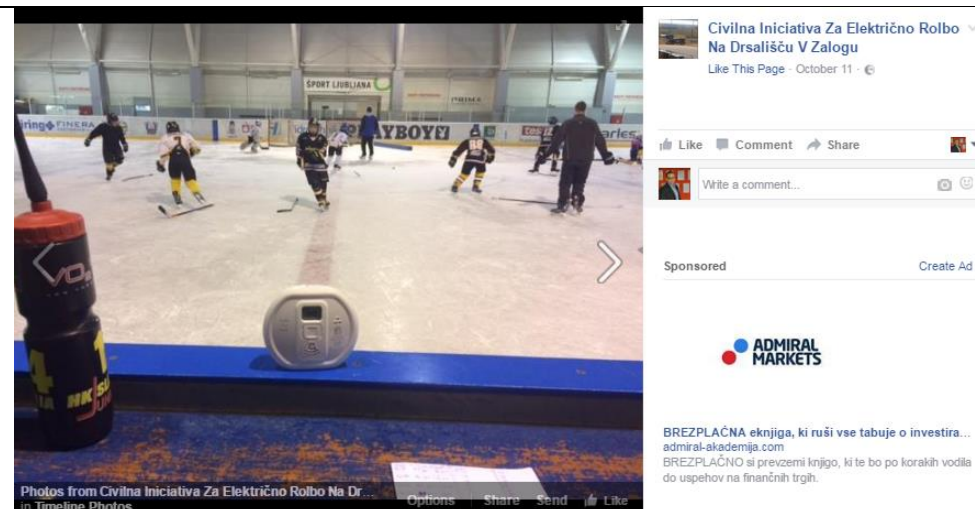
Neustrezna uporaba
plinskega trošila v
zgradbah

[2]

Plinsko trošilo (Plinski tajfun), ki je namenjeno za zunanjo uporabo, uporabnik namesti v kletnih prostorih ali v bivalnih prostorih za sušenje prostorov (na primer po poplavi). Plinsko trošilo deluje brezhibno, vendar samo v primeru, ko ima zadostno dovajanje zraka. V trenutku, ko ga namestimo v klet, ki je brez zadostnega dovoda zraka (kisika), se prične proizvajati CO.

Tekoče gorivo	Nepravilna uporaba motorjev z notranjim izgorevanjem	v zaprtih prostorih - Delovanje motorjev z notranjim izgorevanjem v objektih	<p>Uporaba strojev in naprav, ki jih poganjajo motorji z notranjim zgorevanjem (motorne črpalke, motorne žage, agregati ipd.) v zaprtem prostoru. [13]</p>  A photograph showing a red Honda generator (model EU10I) placed on a yellow cart with blue metal handles. The cart is in a workshop or laboratory setting with a tiled floor, wooden cabinets, and a blue metal frame in the background. The generator is the central focus of the image. <p>[14]</p>
---------------	--	---	--

Tekoče gorivo



[15]

V Slovenji imamo dve drsališči (Kranj in Ljubljana Zalog), ki še vedno uporabljata za glajenje ledu rolbo z motorjem z notranjim izgorevanjem na plin in nafto/bencin. Na obeh drsališčih so bile ugotovljene povečane vrednosti CO. Ledena ploskva je ograjena z ograjo in steklom. Ograja zadržuje CO na ledeni ploskvi. Ni urejena zadostnega prezračevanja prostora.



Like Comment Share
4 Chronological

[16]

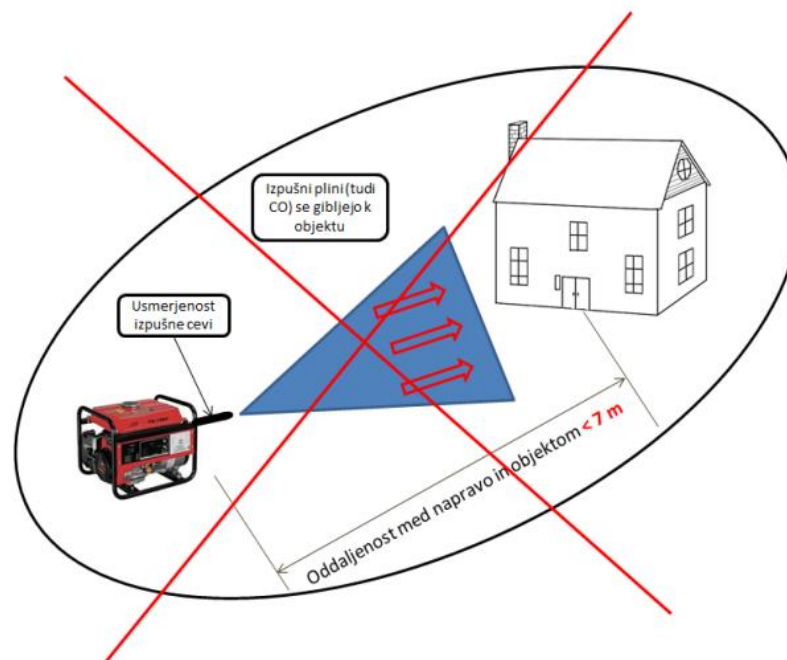


[17]


Tekoče gorivo

Na prostem -
Delovanje motorjev z
notranjim
zgorevanjem v bližini
objektov oz. tam, kjer
zgorevalni produkti
pridejo v
bivalno/delovno
okolje

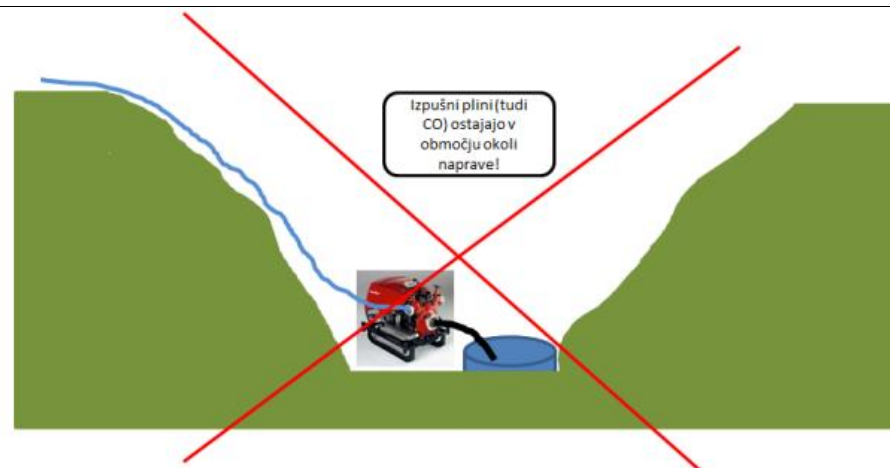
Uporaba strojev in naprav, ki jih poganjajo motorji z notranjim zgorevanjem (motorne črpalke, motorne žage, agregati ipd.) zunaj in v bližini bivalnih objektov.



[14]

			 <p>[2]</p> <p>Motorna črpalka je neustrezno nameščena in preblizu okna. Neupoštevanje zadostnih varnostnih odmikov od objekta pri uporabi motornih črpalk je lahko še bolj problematično kot odmiki agregatov. Ker je cev za črpanje vode bistveno večja kot električni kabel pri agregatu, so okna ali vrata lahko v celoti odprta. S tem lahko ob nepravilni namestitvi črpalke ali vremenskih pogojih CO prehaja iz izpušne cevi motorne črpalke v bivalni prostor. Izmerjena koncentracija CO v objektu je znašala 990PPM.</p>
Tekoče gorivo		Na prostem v poglobitvah (jaški, vrtače, vodnjaki, poglobljeni dele objektov) in v neprevetrenih ter slabo prezračevanih	Uporaba naprav, ki jih poganja motor z notranjim izgorevanjem je v poglobitvah (jaški, vrtače, vodnjaki, poglobljeni dele objektov) smrtno nevarna. V kolikor se uporabe takšnih naprav ne da ogniti, morajo vse aktivnosti okoli naprav potekati z uporabo izolirnega dihalnega aparata. Osebe, ki se gibljejo v takšnem okolju (z uporabo IDA) pa morajo biti pod stalnim nadzorom.

odprtih prostorih
(terase, balkoni idr.)



Slika 10: Uporaba motorne črpalke na prikazani način je smrtno nevarna

[14]

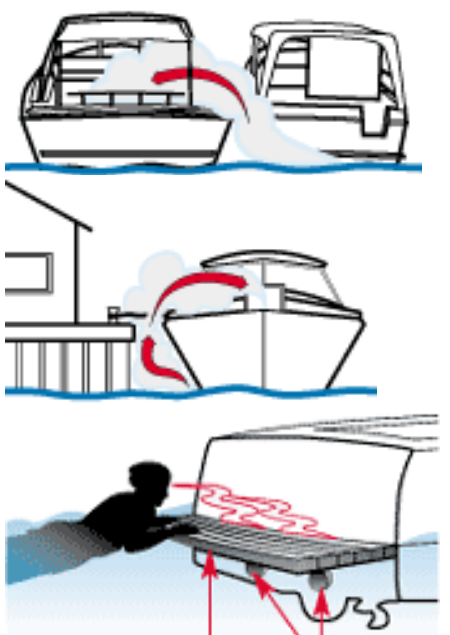
Tekoče gorivo

Zamašena izpušna cev
na vozilih zaradi snega


Do zastrupitve s CO pride lahko v primeru, ko se osebe nahajajo v mirujočem osebem vozilu s prižganim motorjem. V primeru zamašene izpušne cevi ali možnosti vstopa izpušnih plinov v vozilo, se lahko osebe v vozilu zastrupijo s CO. [18]




[19]

Tekoče gorivo		Na plovilih ali v marinah - izpušne cevi krmnih motorjev med plovbo ali na privezih	<p>Do zastrupitve s CO pride lahko v primeru, ko je na plovilu zamašena izpušna cev in izpušni plini napredujejo v kabino plovila oz. v primeru, ko delovanje motorja sosednjega plovila sprošča zgorevalne produkte, ki se lahko akumulirajo v enem od bližnjih plovil. Za ostale primere vezane na zastrupitve s CO v plovilih glej spletno povezavo (vir).</p>  <p style="text-align: center;">Swim Platform Exhaust ports [20]</p>
Trdno gorivo	Odprta kurišča na oglje (žari)	Uporaba odprtih kurišč na oglje v zaprtih ali v bližini zaprtih prostorov (počitniške prikolice, šotori, objekti)	Oksidacija oglja je proces tlenja ali nepopolnega zgorevanja, kjer nastajajo velike količine CO (koncentracije so v tem primeru višje od koncentracij CO pri oksidaciji plinastih goriv). V primeru uporabe kurišč na oglje v zaprtih ali bližini zaprtih prostorov so možne zastrupitve s CO. [21], [22]

			 <p>(Slika je simbolična) [2]</p> <p>Če ne upoštevamo zadostnih odmikov žara od objekta lahko pod določenimi pogoji prehaja CO iz žara v bivalni prostor. Če so vrata ali okna odprta, je verjetnost prehajanja CO iz žara v bivalni prostor še večja. Na fotografiji zgoraj je prikazan primer, ko se je žar prestavil iz vrta pod napušč (nadstrešek) zaradi slabega vremena (dež). Dim iz žara se je zaradi nizkega zračnega tlaka zadrževal pod streho in zaradi odprtih balkonskih vrat prehajal v bivalni prostor. Prenosni žar se lahko ob neupoštevanju varne uporabe namesti v bivalni prostor ali na balkon. Potrebno je paziti tudi na možnost neustrezno pripravljenih navodil za uporabo, kjer proizvajalec svetuje možnost uporabe na balkonu (primer zgoraj).</p>
Plin	Kurilne naprave na plin, plinski štedilniki in plinski hladilniki v počitniških vozilih	Z navodili neskladna uporaba naprav na plin v avtomodih in prikolicah	Za delovanje kurilne naprave ali plinskega bojlerja je treba zagotoviti ustrezno prezračevanje oz. dovod zraka. Počitniška vozila kot so avtodomi in prikolice imajo navadno dobro tesnjena okna in vrata ter dodatno vgrajene zračnike. V kolikor kurilne naprave v tej vrsti vozil ne delujejo skladno z navodili in so zračniki tesnjeni, se lahko v prostoru (ki je že tako majhne prostornine) nabere visoka koncentracija ogljikovega monoksida. Zadostna oskrba z zrakom je

			potrebna tudi za delovanje kurilnih naprav v avtomobilih in počitniških prikolicah. [23]
Trdno gorivo	Vodna pipa (šiša) in dišeče palčke (kadila)	Kajenje vodnih pip v omejenih ali zaprtih prostorih	Osnova za kajenje vodnih pip je oglje. Oksidacija oglja je proces tlenja ali nepopolnega zgorevanja, kjer nastajajo velike količine CO (koncentracije so v tem primeru višje od koncentracij CO pri oksidaciji plinastih goriv). V primeru uporabe vodnih pip v zaprtih ali slabo prezračevanih prostorih so možne zastrupitve s CO. [24]  [25]

Trdno gorivo		Uporaba dišečih palčk (kadir) v prostoru brez ustreznega prezračevanja ali dovoda zraka	 <p>[26]</p>
Trdno gorivo	Leseni peleti	Skladiščenje lesenih pelet	<p>Lesna biomasa je biološko aktiven material, ki se med shranjevanjem spreminja. Peleti, narejeni pretežno iz iglavcev, so obstojnejši v primerjavi s peleti, narejenimi iz listavcev. Hladnejše razmere omogočajo daljše skladiščne dobe. Pri shranjevanju peletov je za nastanek ogljikovega monoksida problematična predvsem kemična razgradnja. Na začetku shranjevanja se v kupu peletov zaradi delovanja mikroorganizmov navadno zviša temperatura, na katero vpliva tudi bakterijska populacija v samih peletih. Problem je izrazit še toliko bolj, če so kupi (nasipi) peletov večji; v takšnem primeru je prenos toplote v okolico zmanjšan, zaradi zmanjšane pretoka zraka lahko temperatura v nasipu peletov naraste nad 60 °C. Pri tej temperaturi pride do razpada nekaterih maščobnih kislin, ki so v lesu. Ob razpadu se sproščata tudi dva za ljudi nevarna plina – ogljikov dioksid in ogljikov monoksid. Koncentracije ogljikovega monoksida lahko presegajo 2500 ppm. V nekaterih primerih (ob dodatnem delovanju mikroorganizmov, ki so lahko v mešanici, ki se dodajajo peletom) lahko lokalno segrevanje v kupu peletov pripelje tudi do samovžiga.</p> <p>Poizkusi kažejo, da lahko v zaprtem prostoru že ob shranjevanju majhnih količin peletov (10 kg ali več) nastajajo smrtno nevarne koncentracije ogljikovega dioksida in ogljikovega monoksida. Količine nevarnih plinov (CO₂ in CO), ki se</p>

			<p>bodo sproščali v okolje, bodo največje takoj po izdelavi peletov (do 6 tednov), ob višjih temperaturah skladiščenja (torej nad 20 oC), v primeru skladiščenja vlažnih peletov in ob pomanjkljivi oskrbi z zrakom. Da bi se izognili nevarnostim med skladiščenjem lesnih peletov, mora biti skladišče prezračevano. Preventivno se lahko v skladišče namesti tudi javljalnik ogljikovega monoksida. [27]</p>
Tekoče gorivo	Kamini na etanol ali metanol -kaminske peči brez odvoda dimnih plinov (dimnika)	Uporaba kaminov na bioetanol in metanol brez dodatnega prezračevanja v zaprtih prostorih.	<p>Gre za sorazmerno nove kurilne naprave oz. vrsto ogrevanja. Kamini so vgrajeni v prostoru in za oksidacijo zajemajo zrak iz prostora ter nimajo dimnika. Študije kažejo, da ob oksidacij bio alkoholov nastajajo poleg CO₂ in vodne pare tudi nizke koncentracije ogljikovega monoksida, formaldehida in benzena. [28, 29]</p>  <p>[2]</p>

Neustrezna izvedba električnih instalacij v stavbah



Nezadostni odmiki gorljivih materialov od vira vžiga



[2]

Neupoštevanje odmikov gorljivih materialov od vira toplote (primer halogenske luči vgrajene v mavčne obloge) lahko predstavlja veliko nevarnost za nastanek požara. Ker je dovod zraka v zaprtih prostorih omejen, lahko pride do tlečega požara, pri katerem so prisotne velike koncentracije CO.


V primeru neustrezno izvedene električne instalacije lahko pride do prevelikih obremenitev posameznih elementov instalacije ali porabnikov ter kratkega stika. Pri tem lahko pride do nastanka tlečega požara ter nastajanja CO.

Trdno gorivo	Tveganje zastrupitve s CO na delovnem mestu	Izpostavljenost prvih posredovalcev ob intervencijah	 <p>[30]</p> <p>Prvi posredovalci so se pri posredovanju v primeru tragične zastrupitve s CO v kurilnici v Trziču zastrupili tudi sami. Po opravljeni intervenciji niso odstranili zaščitnih oblek, v katerih se je zadrževal CO (tudi pod obleko).</p>
	Prvi indikatorji na možno prisotnost CO v bivalnem prostoru	Neustrezno prezračevanje ali dovod zraka	 <p>[2]</p> <p>Če je prisotna kondenzirana vlaga na oknih pomeni, da prezračevanje v bivalnem prostoru ni zadostno. V primeru uporabe kurilnih naprav v takih prostorih obstaja povečana nevarnost za nastanek CO v prostoru. Še posebej moramo biti pozorni, ko imamo v takem prostoru nameščeno kurilno napravo odvisno od zraka v prostoru.</p>

Uhajanje CO v bivalni prostor (neustrezno izvedeno kurilno mesto, podtlak)



[2]

			 <p>[2] Saje oziroma obarvanost stene nad kuriščem, kurilno napravo ali v okolici dimovodne naprave so prvi pokazatelji na uhajanje CO v bivalni prostor. Eden izmed vzrokov tovrstnih sajastih sledi je lahko tudi sočasna prezračevalna naprava za odvod zraka iz bivalnih prostorov.</p>
--	--	--	---

Literatura:

- [1] Nesreča z ogljikovim oksidom (predavanje), PGD Zreče, Marijan Jelenko
- [2] Osebni arhiv Gašper Golob, Detektor sistemi d.o.o.
- [3] Stanje dimnikov v Livadah zaskrbnjujoče, plinski grelniki po popravilu brezhibni. Izola.info. <http://www.izola.info/novica.php?izola=1725> (pridobljeno 20.2.2017).
- [4] Investigations of Carbon Monoxide Cases Reveal Many Problems. Iowa State University Extension. http://www.extension.iastate.edu/pages/communications/co/co_cases.html (pridobljeno 25.1.2017).
- [5] Zastrupitev z ogljikovim monoksidom usodna za starejšo gospo in njenega psa. Dnevnik.si. <https://www.dnevnik.si/1042762258/kronika/zastrupitev-z-ogljikovim-monoksidom-usodna-za-starejso-gospo-in-njenega-psa> (pridobljeno 20.2.2017).
- [6] IZVLEČEK SKRBNEGA, DOLŽNEGA RAVNANJA UPORABNIKOV IN LASTNIKOV KURILNIH, DIMOVODNIH IN PREZRAČEVALNIH NAPRAV – ZA ZAGOTAVLJANJE POŽARNE, OKOLJSKE IN ZDRAVSTVENE VARNOSTI. Slovensko zavarovalno združenje. <http://www.zav-zdruzenje.si/wp-content/uploads/2015/06/Izvla%C4%8Dek-dol%C5%BEnega-ravnanja-lastnikov-kurilnih-naprav-2-pravi-za-objavo-na-spletu-3.-9.-2015-1.pdf> (pridobljeno 20.2.2017).
- [7] Sistem odvoda dimnih plinov. Dimnikarstvo Dovrtel. http://www.dimnikarstvo.si/si/koristne_informacije/nepravilnosti_pri_izvedbi_na_dimovodni_naravi.htm (pridobljeno 20.2.2017).
- [8] Povezovalni kosi – priključki. Dimnikarstvo Dovrtel. http://www.dimnikarstvo.si/si/koristne_informacije/nepravilnosti_pri_izvedbi_na_dimovodni_naravi.htm (pridobljeno 20.2.2017).
- [9] Ogljikov monoksid. Wikipedia. https://sl.wikipedia.org/wiki/Ogljikov_monoksid (pridobljeno 20.2.2017).
- [10] Umrl zaradi zastrupitve s plinom. Gorenjski glas. <http://arhiv.gorenjskiglas.si/article/20150203/C/150209926/umrl-zaradi-zastrupitve-s-plinom> (pridobljeno 20.2.2017).
- [11] Carbon Monoxide Poisoning: Gas-fired Kitchen Ranges (AEN-205). Iowa State University <http://www.abe.iastate.edu/extension-and-outreach/carbon-monoxide-poisoning-gas-fired-kitchen-ranges-aen-205/> (pridobljeno 25.1.2017).
- [12] Gas stoves can emit hazardous levels of carbon monoxide. WPRI.COM <http://wpri.com/2014/11/12/gas-stoves-can-emit-dangerous-levels-of-carbon-monoxide-nov14> (pridobljeno 25.1.2017).
- [13] Smrtna žrtev zaradi napačne uporabe agregata. RTVSLO. <http://www.rtvslo.si/crna-kronika/smrtna-zrtev-zaradi-napacne-uporabe-agregata/329361#startphoto=0> (pridobljeno 20.2.2017).

- [14] Nevarnosti nastanka ogljikovega monoksida pri delovanju električnih agregatov in drugih motorjev z notranjim izgorevanjem. Gasilec.net.
<http://www.gasilec.net/uploads/datoteke/Nevarnosti%20nastanka%20ogljikovega%20monoksida%20pri%20delovanju%20elektri%C4%8Dnih%20agregatov.pdf> (pridobljeno 25.1.2017).
- [15] Civilna Iniciativa Za Električno Rolbo Na Drsališču V Zalogu.
<https://www.facebook.com/1731376757098222/photos/a.1746542242248340.1073741829.1731376757098222/1804872873081943/?type=3&theater> (pridobljeno 20.2.2017).
- [16] Civilna Iniciativa Za Električno Rolbo Na Drsališču V Zalogu.
<https://www.facebook.com/Civilna-Iniciativa-Za-Elektri%C4%8Dno-Rolbo-Na-Drsali%C5%A1%C4%8Du-V-Zalogu-1731376757098222/> (pridobljeno 20.2.2017).
- [17] Civilna Iniciativa Za Električno Rolbo Na Drsališču V Zalogu.
<https://www.facebook.com/1731376757098222/videos/pcb.1871592026410027/1871590769743486/?type=3&theater> (pridobljeno 20.2.2017).
- [18] Mom, Infant Son Killed by Carbon Monoxide From Snow Stuck in Tailpipe as Dad Shoveled Car Out of the Snow. People.com.
<http://people.com/celebrity/mom-infant-son-killed-by-carbon-monoxide-from-snow-stuck-in-tailpipe/> (pridobljeno 25.1.2017).
- [19] Mom, 1-year-old child die of carbon monoxide poisoning while sitting in car in Passaic. NorthJersey.com. <http://archive.northjersey.com/news/mom-1-year-old-child-die-of-carbon-monoxide-poisoning-while-sitting-in-car-in-passaic-1.1498340> (pridobljeno 25.1.2017).
- [20] Boaters, Protect yourselves from this Silent Killer: Carbon Monoxide. Boaterexam.com.
<http://www.boaterexam.com/canada/education/carbonmonoxide-en.aspx> (pridobljeno 25.1.2017).
- [21] Carbon monoxide (CO) can kill. Campingandcaravanningclub.co.uk.
<http://www.campingandcaravanningclub.co.uk/helpandadvice/camping-safety/carbon-monoxide-poisoning/> (pridobljeno 25.1.2017).
- [22] Barbecue safety for campers and caravanners. Eden.gov.uk.
<https://www.eden.gov.uk/business-and-trade/food-hygiene-and-health/health-and-safety-at-work/barbecue-safety-for-campers-and-caravanners/> (pridobljeno 25.1.2017).
- [23] Za smrt para kriv ogljikov monoksid. RTVSLO. <http://www.rtvsl.si/crna-kronika/za-smrt-para-kriv-ogljikov-monoksid/221035> (pridobljeno 20.2.2017).
- [24] Hookahs Can Cause Carbon Monoxide Poisoning, Health Officials Say. Drugfree.org.
<http://drugfree.org/learn/drug-and-alcohol-news/hookahs-can-cause-carbon-monoxide-poisoning-health-officials-say/> (pridobljeno 25.1.2017).
- [25] Australian woman suffers carbon monoxide poisoning after smoking tobacco in a Middle Eastern water pipe for an hour every day as medics warn she was exposed to the same toxins contained within 100 cigarettes. Dailymail.co.uk.
<http://www.dailymail.co.uk/news/article-3066956/Woman-suffers-carbon-monoxide-poisoning-smoking-Middle-Eastern-tobacco-water-pipe-known-hookah.html>
- [26] Detektorji ogljikovega monoksida in požara/dima EiElectronics.
<https://www.facebook.com/detektorjiogljikovegamonoksida/videos/1090243097760862/> (pridobljeno 20.2.2017).
- [27] Nevarnost nastanka in zastrupitev z ogljikovim monoksidom v zalogovnikih lesnih Peletov. GZSB.SI.
http://www.gzsb.si/Dokumenti/nevarnost_nastanka_in_zastrupitev_z_ogljikovim_monoksidom.pdf (pridobljeno 20.2.2017).
- [28] Indoor Flueless fireplaces: Are They Safe? Treehugger.com.
<http://www.treehugger.com/sustainable-product-design/indoor-flueless-fireplaces-are-they-safe.html> (pridobljeno 25.1.2017).

- [29] Kaminske peči na bioetanol – elektronska. Youtube.com.
<https://www.youtube.com/watch?v=CVQkVAMsZ-Y> (pridobljeno 25.1.2017).
- [30] Za bivšega poslanca usoden tihi ubijalec, reševalci in gasilci zastrupljeni. Slovenskenovice.si.
<http://www.slovenskenovice.si/crni-scenarij/doma/za-bivsega-poslanca-usoden-tihi-ubijalec-resevalci-gasilci-zastrupljeni> (pridobljeno 20.2.2017).

Možni scenariji nastajanja CO-ja

Avtor: izr. prof. dr. Simon Schnabl

Scenarij 1: Simulacija nastajanja ogljikovega oksida (CO) pri gorenju zemeljskega plina v plinski peči

V tem primeru gre za simulacijo nastajanja CO pri gorenju zemeljskega plina v plinskem trošilu (peči), ki ni primerno nameščena, vgrajena in vzdrževana v prostoru oziroma deluje nepravilno in je pokvarjena. Problem nastajanja CO-ja se pojavi, ko plinska peč nima odduha in zajema zunanega zraka (prisilni vlek), in tako zajema zrak (kisik) iz prostora (naravni vlek), ki je običajno tesno zaprt. Problem lahko nastane tudi ob sočasni uporabi plinske peči in nape [1].

Nastajanje CO-ja v primeru **scenarija 1** bomo simulirali s postavitvijo plinskega gorilnika v komoro. Intenzivnost gorenja bomo spreminjali z odpiranjem in zapiranjem ventila za dovod plina. Dovod zraka bomo lahko spreminjali z odpiranjem in zapiranjem odprtih na eni izmed stranic komore. Na ta način bomo simulirali pomanjkanje kisika v prostoru, ki bo imelo za posledico, da bo gorenje nepopolno. Kot rezultat nepopolnega gorenja bo nastanek CO, CO₂ in drugih plinov. CO bomo merili z umerjenimi CO senzorji. Podobno CO₂. Merili bomo tudi temperaturo in tlak na določenih v naprej izbranih mestih. Delovanje nape oziroma zračenja/zračnika bomo simulirali z ventilatorjem za odvzem zraka na zgornji stranici komore.

Scenarij 2: Simulacija nastajanja ogljikovega oksida (CO) pri gorenju bukovega lesa v peči oziroma kaminu

V tem primeru gre za nastajanje CO in drugih plinov pri nepopolnem gorenju bukovega lesa v peči kaminu ali krušni peči. Pojav CO-ja v zrakotesnem prostoru je lahko posledica delne ali popolne zamažitve dimnika, napake (razpoke) na dimniku, napake na sami kurilni napravi (peči), napake na priključku na dimnik itd. Poleg tega je količina sproščenega CO-ja odvisna od sušenosti lesa in temperature v peči. Les je lahko vlažen. V tem primeru je količina CO-ja večja. Do zastrupitve s CO-jem lahko pride tudi v prostoru v katerem ni nameščena kurilna naprava. CO lahko izhaja iz slabega dimnika oziroma prehaja skozi odprtino/razpoko v steni oziroma plošči, ki meji na prostor v katerem je izvor CO-ja [2].

Nastajanje CO-ja v **scenariju 2** bomo simulirali tako, da bomo različne izbrane količine bukovega lesa namestili na električni grelnik, ki bo nameščen na določenem mestu v komori. Pri tem bomo uporabili različne količine lesa ter les različne vlažnosti. Večja vsebnost vode v lesu zmanjša njegovo toplotno moč. Temperaturo grelnika bomo kontrolirano povečevali tako, da bo prišlo do samovžiga lesa. Pri tem bo nujno prišlo do nepopolnega gorenja in tvorbe CO, CO₂, drugih plinov, ter vlage. Zaradi vira toplote se bo zrak dvigal in z njim segreti plinski produkti gorenja. Dovod zraka bomo kontrolirali z odpiranjem in zapiranjem odprtih, ki so na eni zmed stranic komore. Podobno bomo odvod dima oziroma dimnik simulirali s pomočjo ventilatorja in cevnega odvoda zraka iz komore skozi odprtino na zgornji stranici komore.

Scenarij 3: Simulacija nastajanja ogljikovega oksida (CO) pri gorenju lesnih peletov v peči oziroma kaminu

V tem primeru gre za nastajanje CO in drugih plinov pri nepopolnem gorenju lesnih peletov v peči kaminu ali krušni peči. Pojav CO-ja je v tem primeru zelo podoben tistemu, ki je opisan v **scenariju 2**. Nastajanje CO-ja v **scenariju 3** bomo simulirali zelo podobno kot v primeru **scenarija 2**.

Scenarij 4: Simulacija nastajanja ogljikovega oksida (CO) pri skladiščenju/hrambi lesnih peletov

Zadnje čase pa je bilo kar nekaj zastrupitev v Evropi z monoksidom, ki lahko nastaja v zalogovniku ob skladiščenju lesnih peletov in sekancev. Po zadnjih podatkih je bilo v Evropi v zadnji 10 letih okoli 15 smrtnih žrtev zaradi sproščanja CO-ja med hrambo lesnih peletov. Število zastrupitev narašča skladno s trendom uporabe lesnih peletov. Problem v primeru skladiščenja lesnih peletov nastane, ko temperatura skladiščenih lesnih peletov naraste na 60 °C. Pri tej temperaturi pride do razpada nekaterih maščobnih kislin, ki so v lesu. Ob razpadu se sproščata tudi dva za ljudi nevarna plina – ogljikov dioksid in ogljikov monoksid. Koncentracije ogljikovega monoksida lahko presegajo 2500 ppm. V nekaterih primerih (ob dodatnem delovanju mikroorganizmov, ki so lahko v mešanica, ki se dodajajo peletom) lahko lokalno segrevanje v kupu peletov pripelje tudi do samovžiga [3].

Poizkusi kažejo, da lahko v zaprtem prostoru že ob shranjevanju majhnih količin peletov (10 kg ali več) nastajajo smrtno nevarne koncentracije ogljikovega dioksida in ogljikovega monoksida.

Nastajanje CO-ja v primeru **scenarija 4** bomo simulirali tako, da bomo izbrano količino peletov za dalj časa izpostavili temperaturi okrog 60 °C in pri tem merili nastajanje CO-ja. Komora bo pri tem zrakotesno zaprta.

Scenarije lahko določimo tudi na naslednji način. Za izbrana goriva (zemeljski plin, lesni peleti in bukova drva) lahko analiziramo nastajanje in razporeditev CO po prostoru pri normalnih pogojih, pri atmosferi z zmanjšanim kisikom in popolnoma tesnem prostoru. Dimnik oziroma zračenje/napo simuliramo z zračnikom na zgornji stranici komore. Ostale odprtine predstavljajo tri krožne odprtine na stranski ploskvi komore in sicer na treh različnih višinah (zgornja, srednja in spodnja odprtina). Zmanjšano količino kisika simuliramo s postopnim zapiranjem odprtin in/ali aktiviranjem ventilatorja. V tabelah 1-3 so prikazani možni scenariji za vsa tri omenjena goriva, pri čemer smo upoštevali, da sta srednja in zgornja odprtina zaprti.

V tabeli 1 so prikazani scenariji za dva različna tipa gorenja (predhodno premešani plamen in difuzijski plamen).

V tabeli 2 so prikazani scenariji za gorenje trdnega goriva (lesni peleti). Testna masa lesnih peletov je $m_0 = 20-21$ g oziroma $m_0 = 40$ g. Posodico z lesnimi peleti postavimo na grelec katerega plošča je segreti na $T = 400$ °C. Potem lesne pelete vžgemo s pomočjo »plinskega brenerja/gorilnika« in sicer jih izpostavimo plamenu iz brenerja za $t = 90$ s. Scenarije iz tabele 2 izvajamo posamično, vsakega posebej.

V tabeli 3 so prikazani scenariji za gorenje trdnega goriva (bukovi sekanci). Testna masa je $m_0 = 40$ g. Vse ostalo je enako kot pri scenarijih gorenja lesnih peletov. Dodatna scenarija sta, kjer je gorivo pomešano s tableto za vžig.

Tabela 1: Scenariji pri gorenju zemeljskega plina (O-odprto, Z-zaprto, P-predhodno premešani plamen, D-difuzijski plamen)

Scenarij	Gorivo	Vrsta plamena	Odprtina spodaj	Zračenje ventilator
Scenarij 1	Zemeljski plin	P	O	NE
Scenarij 2	Zemeljski plin	P	Z	NE
Scenarij 3	Zemeljski plin	P	Z	DA
Scenarij 4	Zemeljski plin	P	O	DA
Scenarij 5	Zemeljski plin	D	O	NE
Scenarij 6	Zemeljski plin	D	Z	NE
Scenarij 7	Zemeljski plin	D	Z	DA
Scenarij 8	Zemeljski plin	D	O	DA
Scenarij 9	Zemeljski plin	P	Scenariji 1-4 kontinuirano	
Scenarij 10	Zemeljski plin	D	Scenariji 5-8 kontinuirano	

Tabela 2: Scenariji pri gorenju lesnih peletov (O-odprto, Z-zaprto)

Scenarij	Gorivo	Količina goriva	Odprtina spodaj	Zračenje ventilator
Scenarij 9	Lesni peleti	20 g	O	NE
Scenarij 10	Lesni peleti	20 g	Z	NE
Scenarij 11	Lesni peleti	20 g	Z	DA
Scenarij 12	Lesni peleti	20 g	O	DA
Scenarij 13	Lesni peleti	40 g	O	NE
Scenarij 14	Lesni peleti	40 g	Z	NE
Scenarij 15	Lesni peleti	40 g	Z	DA
Scenarij 16	Lesni peleti	40 g	O	DA

Tabela 3: Scenariji pri gorenju bukovih drv (O-odprto, Z-zaprto)

Scenarij	Gorivo	Količina goriva	Odprtina spodaj	Zračenje ventilator	Vlažnost lesa
Scenarij 17	Bukovi sekanci	40 g	Z	NE	Sušen
Scenarij 18	Bukovi sekanci	40 g	Z	DA	Sušen
Scenarij 19	Bukovi sekanci	40 g	O	NE	Sušen
Scenarij 20	Bukovi sekanci	40 g	O	DA	Sušen
Scenarij 21	Bukovi sekanci	40 g	Z	NE	Vlažen
Scenarij 22	Bukovi sekanci	40 g	Z	DA	Vlažen
Scenarij 23	Bukovi sekanci	40 g	O	NE	Vlažen
Scenarij 24	Bukovi sekanci	40 g	O	DA	Vlažen
Scenarij 25	Bukovi sekanci + vžigna tableta	40 g	Z	NE	Sušen
Scenarij 26	Bukovi sekanci + vžigna tableta	40 g	Z	NE	Vlažen

Scenariji nastajanja CO so lahko tudi »kontinuirni«. To pomeni, da se v okviru simuliranja nastajanja in porazdelitve/gibanja CO pogoji med izvajanjem testa spreminjajo. Torej je lahko scenarij sestavljen iz scenarijev v tabelah 1-3. Torej

Izvori CO v notranjih prostorih, ki niso posledica požara [4-7]

- **Naprave z notranjim izgorevanjem brez odvoda plinov**
 - Plinske peči, plinski štedilniki, plinske pečice
 - Grelci prostorov na plin, propan in kerozin
 - Plinski hladilniki oziroma omare z ledom
 - Prenosni generatorji
 - Žari na oglje

- **Naprave z notranjim izgorevanjem z odvodom plinov**
 - Peč, štedilnik, grelna naprava na les
 - Sušilci zraka
 - Kamini in ognjišča na plin oziroma drva
 - Peč na kurilno olje ali plin
 - Plinski grelci vode
 - Plinski grelci sten

- **Tobačni dim**

- **Bližina garaže**
- **Zunanji zrak**

Izvori CO-ja v domačem okolju:

- Domači ogrevalni sistemi, sistemi za kuhanje, sušilni stroji, plinski bojlerji
- Blokirani dimniki/kamini
- Neustrezno prezračevanje v bivalnih prostorih
- Neustrezno prezračevanje garaž, še posebno tistih, ki so v bližini bivalnih prostorov
- Uhajanje CO-ja zaradi napak na aparatih in dimnikih/kaminih

Nekaj možnih scenarijev nastanka CO-ja v domovih:

1. V slabo prezračevani dnevni sobi je nameščen odprti kamin. Kot gorivo se uporabljajo lesni peleti. Dimniška tuljava kamina je delno ali v celoti blokirana.
2. V spalnici je nameščen neventiliran ogrevalnik zraka. Spalnica je poleg tega slabo prezračevana.
3. V spalnici je nameščena glinena peč na drva ali premog. Skozi razpoko v »fugi« med zidaki peči uhajata dim in toplota. Spalnica je tesno zaprta.
4. V spalnici je nameščena glinena peč na drva. Drva so neprimerno sušena. Napaka na dimniški tuljavi ali napaka na peči. Spalnica je tesno zaprta.
5. V spalnici je nameščena peč za ogrevanje na olje, in druge ogljikovodike. Spalnica je tesno zaprta. Napaka na tuljavi za odvod produktov gorenja.
6. V slabo prezračevani mansardi uhaja dim/CO skozi razpoko dimnika, ki poteka skozi mansardo do strehe.
7. V slabo prezračevani bivalni prostor skozi razpoko v steni prehaja dim/CO iz sosednje zaprte garaže v kateri je prižgan avto, žar, ali prenosni dizelski generator.
8. Uporaba plinskega gorilnika ali žara v zaprtem prostoru (klet, garaža, sušilnica, itd)
9. Plinski gorilnik/štedilnik v kuhinji. Neprimerno vzdrževan. Neprimerno oziroma nezadostno zračenje kuhinje.
10. Neprimerna uporaba ali neustrezno vzdrževanje plinskega sušilnika perila oziroma plinske peči za ogrevanje vode v kleti.
11. Plinska peč za ogrevanje in sanitarno vodo v kopalnici, ki nima pravilnega zajema zraka. Kopalnica je slabo zračena.

in drugod:

1. Zadušitev s CO v avtodomu zaradi nepopolnega gorenja plinskega grelnika za ogrevanje avtodoma.
2. Netesno odvajanje dimnih plinov iz peči v dimnik pri ogrevanju z »gašprčki« v planinskih kočah.
3. Neprimerna postavitvev dizel agregata za električno energijo. Dizel agregat postavljen pod napušč strehe tako, da je izpuh usmerjen v fasado hiše.
4. Uporaba strojev/aparatov z notranjim zgorevanjem v neprevetrenih slabo zračenih prostorih. Recimo žaganje z motorno žago na dnu vodnjaka, v kleti, ..., rudniškem jašku. Varjenje. Vročča dela.
5. Plinski gorilnik v gorskem bivaku.

Literatura:

- [1] Za gimnazijca je bil usoden ogljikov monoksid. Delo. <http://www.delo.si/novice/kronika/za-gimnazijca-je-bil-usoden-ogljikov-monoksid.html> (pridobljeno 19.3.2017).
- [2] Za ogljikov monoksid niso nevarne samo plinske peči. Dnevnik. <https://izracun.dnevnik.si/1042636189/dom/varnost/za-ogljikov-monoksid-niso-nevarne-samo-plinske-peci> (pridobljeno 19.3.2017)
- [3] <http://www.gasilec.net/preventiva/obcani/ogljikov-monoksid-tihi-ubijalec#peleti> (pridobljeno 19.3.2017)
- [4] A.K. Persily: Carbon Monoxide Dispersion in Residential Buildings: Literature Review and Technical Analysis. Building and Fire Research Laboratory. NISTIR 5906. October 1996. Str. 1-71.
- [5] N. Cobb, R.A. Etzel: Unintentional carbon monoxide-related deaths in the United States, 1979 through 1988. *Journal of the American Medical Association*. **1991**, 266(5), 659-663.
- [6] J.R. Girman, M.G. Apte, G.W. Traynor, J.R. Allen in C.D. Hallowell: Pollutant emission rates from indoor combustion appliances and sidestream cigarette smoke. *Environment International*. **1982**, 8, 213-221.
- [7] J.R. Girman, Y.L. Chang, S.B. Hayward, K.S. Liu: Causes of Unintentional Deaths from Carbon Monoxide Poisonings in California. Berkeley. CA. California Department of Health Services.

Pogostost in značilnosti zastrupitev z ogljikovim monoksidom v Sloveniji

Avtorja: doc. dr. Miran Brvar, Mojca Dobaja

Uvod

Ogljikov monoksid (CO) je plin brez barve, vonja in okusa, ki nastaja pri nepopolnem izgorevanju trdih, tekočih in plinastih snovi, ki vsebujejo ogljik, kot so na primer butan, propan, nafta, bencin, kurilno olje, drva, premog itn [1].

V bivalnih prostorih lahko nivo CO naraste zaradi nepravilne namestitve, vgradnje, delovanja ali vzdrževanja peči na drva in premog, kaminov ter plinskih gorilnikov za ogrevanje prostorov in vode. Nivo CO lahko naraste v stanovanju tudi pri nepravilno zgrajenem ali pokvarjenem dimniku ali ventilacijskem sistemu, poleg tega pa lahko prodre v stanovanje tudi iz kleti s pečjo, iz garaže s prižganim avtomobilskim motorjem ali iz sosednjega stanovanja skozi ventilacijski sistem. V Sloveniji je tako veliko zastrupitev s CO v stanovanjskih hišah, zavedati pa se moramo, da so zastrupitve precej pogoste tudi v stanovanjskih blokih, in sicer predvsem v majhnih kopalnicah s plinskimi gorilniki za ogrevanje vode, kjer po določenem času gorenja plina začne zaradi neustreznega prezračevanja zmanjkovati kisika in prične nastajati CO.

Na delovnih mestih pride do zastrupitev s CO predvsem zaradi uporabe motorjev z notranjim izgorevanjem v zaprtih ali slabo prezračenih prostorih, najpogosteje zaradi nepravilne uporabe agregatov za proizvodnjo elektrike, motornih žag in brusilnih naprav itn. Poleg tega se CO uporablja ali nastaja kot stranski produkt v številnih industrijskih postopkih, kjer lahko pride do nesreč in zastrupitve delavcev s CO. Na delovnem mestu so CO pogosto izpostavljeni tudi gasilci pri gašenju požarov, vendar je izpostava CO pri gašenju požarov pričakovana, zato so gasilci opremljeni z dihalnimi aparati. CO na delovnem mestu so pogosto izpostavljeni tudi rudarji, saj v rudnikih CO nastaja pri uporabi vozil z notranjim izgorevanjem in razstreljevanju ter pri požarih in ogrevih premoga.

V Sloveniji so pogoste tudi namerne zastrupitve s CO v samomorilne namene, kjer je vir CO največkrat avtomobilski motor, večinoma v zaprti garaži. Samomorilci lahko namerno izzovejo tudi požar in se zastrupijo z dimom [2].

Število zastrupitev s CO, ki ne povzročijo smrti, ni znano ne v Sloveniji in tudi ne v tujini. V ljubljanski regiji se je med letoma 1990 in 1999 povprečno zdravilo zaradi zastrupitve s CO 2,4 ljudi na 100000 prebivalcev letno, vendar pri pregledu zastrupitev niso upoštevali večine blagih in kroničnih zastrupitev s CO [2]. V ZDA na primer so v tem obdobju ocenili, da v urgentnih ambulantah letno pregledajo okoli 15000 zastrupljenec s CO (5 / 100000 prebivalcev) [3]. Vzrok manjšega števila ugotovljenih in zdravljenih zastrupitev s CO v Sloveniji je bil predvsem neprepoznavanje lažjih zastrupitev. Pri nas so takrat diagnosticirali pretežno težje oblike zastrupitve s CO, saj je bilo kar 50 % naših bolnikov nezavestnih, medtem ko je v tujini takšnih le 6 % [3]. Bolnike, ki imajo samo blažje težave, npr. glavobol, slabost, omotico, in so oslabei ter zmedeni, smo pri nas prepoznali manj pogosto kot v tujini [2]. Zanesljivih epidemioloških podatkov o zastrupitvah s CO za celotno R Slovenijo ni.

Namen

V sklopu projekta smo pregledali pogostost zastrupitev s CO v ljubljanski regiji v zadnjih 10 letih.

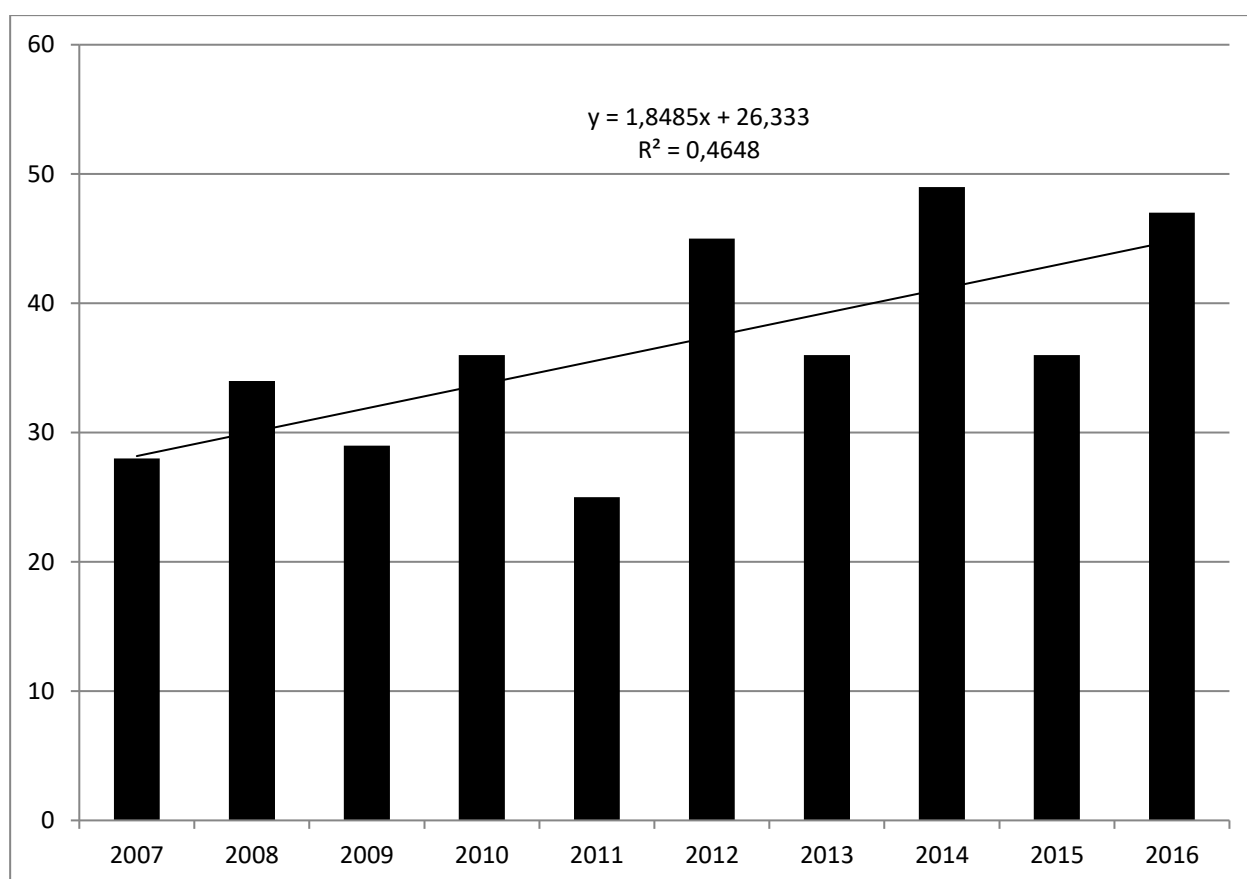
Metoda dela

V projektu smo pregledali dokumentacijo odraslih bolnikov, ki so se zdravili v urgentnih internističnih ambulantah in na oddelku Centra za klinično toksikologijo in farmakologijo UKC Ljubljana od 1. 1.

2007 do 31. 12. 2016 zaradi zastrupitve s CO. Analizirali smo podatke o številu zastrupljenec s CO, njihovem spolu in starosti, vire CO in okolščine zastrupitev.

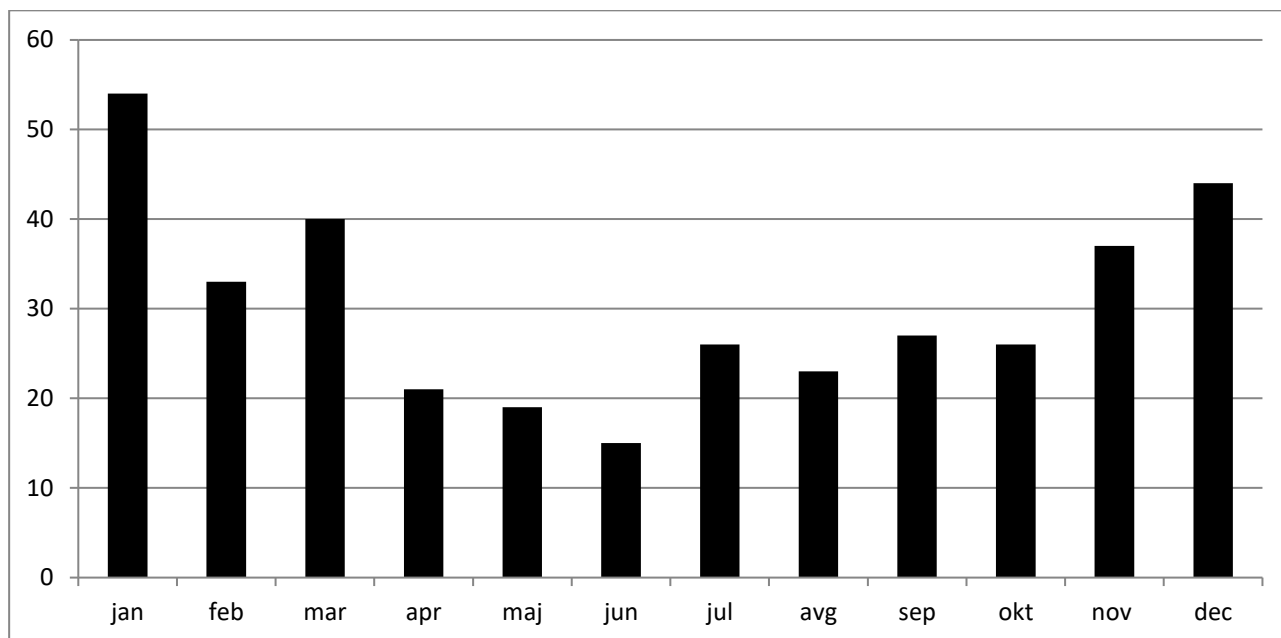
Rezultati

V 10 letih, od 1. 1. 2007 do 31. 12. 2016, se je v UKC Ljubljana zdravilo zaradi izpostavljenosti in/ali zastrupitve s CO 365 bolnikov. Število zastrupljenec s CO je tekom zadnjih deset let počasi naraščalo (Slika 1). V letu 2007 smo v UKC Ljubljana zdravili približno 7 zastrupljenec s CO na 100000 prebivalcev iz Ljubljane in okolice, v letu 2016 pa že skoraj 12 zastrupljenec s CO na 100000 prebivalcev. Na Sliki 1 je vidno povečanje zastrupitev s CO v letu 2014, ko je bil v Sloveniji žledolom in se je 10 ljudi zastrupilo s CO zaradi nepravilne uporabe agregata za proizvodnjo elektrike.



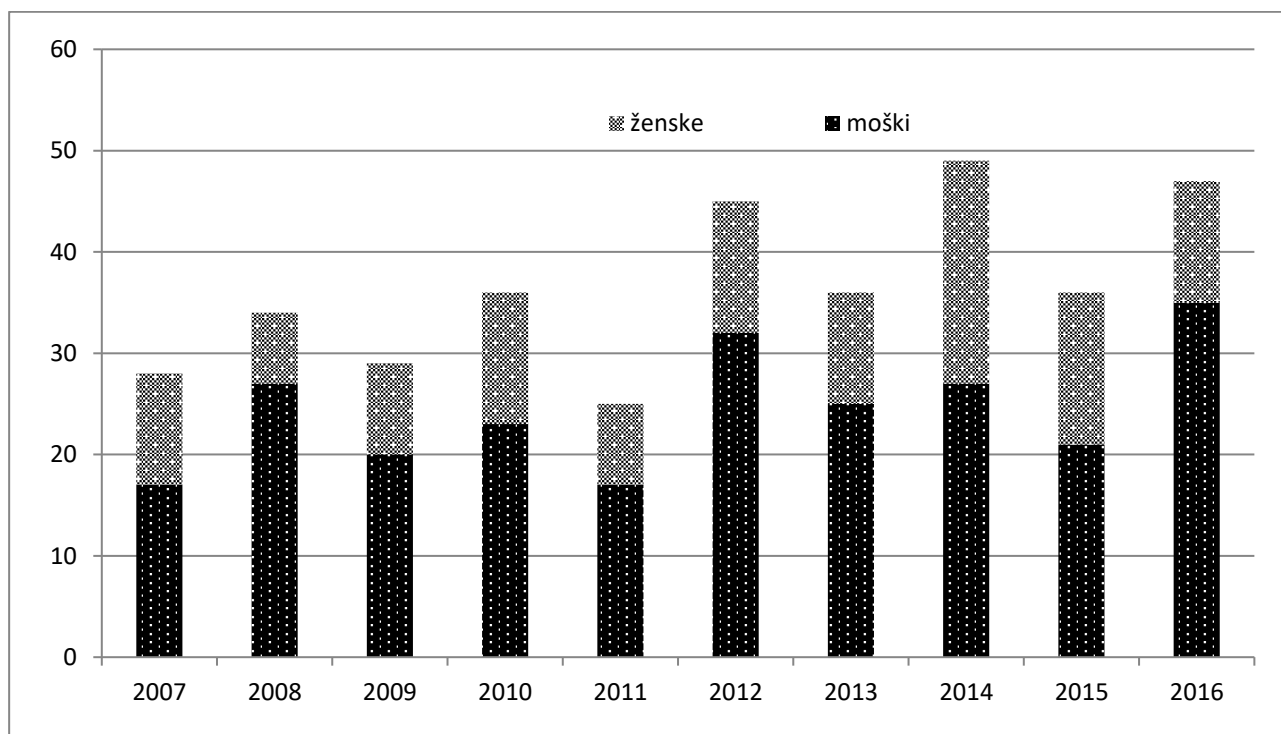
Slika 1. Število zastrupitev s CO v Ljubljani in okolici med letoma 2007 in 2016.

Pri pregledu pogostosti zastrupitev s CO smo opazili izrazito nihanje pogostosti zastrupitev s CO tekom koledarskega leta (Slika 2), saj se je 64 % vseh zastrupitev s CO zgodilo med oktobrom in marcem.



Slika 2. Porazdelitev zastrupitev s CO po mesecih.

Zastrupitve s CO so bile pogostejše pri moških (67 %) (244 moških in 121 žensk). Povprečna skupna starost je bila 41 let, pri moških 40 let in pri ženskah 44 let. Porazdelitev števila moških in žensk, zastrupljenih s CO tekom posameznih let, je prikazana na Sliki 3.



Slika 3. Število zastrupitev s CO v Ljubljani in okolici med letoma 2007 in 2016 glede na spol

Okoliščine zastrupitev s CO pri bolnikih, ki smo jih zdravili v UKC Ljubljana, so prikazane v Tabeli 4.

Tabela 4. Število zastrupitev s CO v Ljubljani in okolici med letoma 2007 in 2016 glede na okoliščine

Okoliščine zastrupitev	Št. zastrupitev
Poskus samomora	41
Požar	172
Nezgoda/nesreča	139
Neznano/ni podatka	13

Namerna zastrupitev s CO oziroma poskus samomora je bil vzrok 11 % zastrupitev s CO. Pri poskusu samomora so zastrupljeni kot vir CO v večini primerov uporabili avtomobilski motor (35-krat), v ostalih primerih pa agregat za proizvodnjo elektrike v zaprtem prostoru (4-krat), peč (1-krat) ter namerno izzvan požar (1-krat). Povprečen nivo karboksihemoglobina v krvi zastrupljenecv, ki so se namerno zastrupili s CO, je bil 14 %.

V 47 % primerih (172 bolnikov) so se bolniki zastrupili s CO ob vdihovanju dimnih plinov v požaru. Povprečen nivo karboksihemoglobina v krvi zastrupljenecv v požaru je bil 5 %.

Nenamerno zastrupitev s CO oziroma nesrečo doma ali na delovnem mestu smo ugotovili pri 139 bolnikih oziroma pri 38 % zastrupitev s CO. 62 % je bilo moških, povprečno so bili stari 40 let. 80 % nenamernih zastrupitev s CO se je zgodilo med oktobrom in marcem.

V 66 primerih je prišlo do nenamerne zastrupitve s CO zaradi napake pri ogrevanju stanovanja ali hiše, npr. zaradi nepravilne namestitve, vgradnje, delovanja ali vzdrževanja peči na drva in premog, kaminov ter plinskih gorilnikov za ogrevanje prostorov.

V 17 primerih nenamernih zastrupitev s CO je prišlo do zastrupitve zaradi napake pri ogrevanju vode s plinskimi grelci vode v zaprtih prostorih, npr. kopalnicah.

V 52 primerih nenamernih zastrupitev s CO pa je prišlo do nenamerne zastrupitve s CO zaradi uporabe motorja z notranjim izgorevanjem v zaprtem ali slabo prezračenem prostoru, najpogosteje zaradi nepravilne uporabe agregata za proizvodnjo elektrike (20-krat). Nepravilna uporaba motornih žag, rezalk, gladilcev in brusilnih naprav v zaprtih prostorih je bila vzrok zastrupitve s CO pri 13 bolnikih. V 19-ih primerih pa so se zastrupljeni zastrupili s CO zaradi prižganega motorja avtomobila, mopeda, viličarja itn. v zaprtih prostorih. Povprečen nivo karboksihemoglobina v krvi zastrupljenecv pri nenamernih zastrupitvah s CO je bil 16 %.

Zaključek

Število zastrupitev s CO v Ljubljani in okolici postopno narašča. Zastrupitve s CO so pogostejše med oktobrom in marcem oziroma v času kurilne sezone. Glede na to bi morali v prihodnje s preventivnimi akcijami za preprečevanje nenamernih zastrupitev s CO pričeti že zgodaj jeseni, npr. septembra. Zaradi pogostih nenamernih zastrupitev s CO pri uporabi agregatov in orodij z motorji z notranjim izgorevanjem v zaprtih prostorih bo potrebno izboljšati tudi izobraževanje s področja varnosti pri delu na tem področju.

V prihodnje bomo morali pri zastrupitvah s CO natančneje spremljali okoliščine in vire CO, predvsem pri nenamernih zastrupitvah s CO, ki se največkrat zgodijo zaradi nepravilne namestitve, vgradnje, delovanja ali vzdrževanja peči na drva in premog, kaminov ter plinskih gorilnikov za ogrevanje prostorov in vode, saj so bili podatki o tem v pregledani medicinski dokumentaciji zelo skopi.

Prav tako bomo morali v prihodnje dati večji poudarek ugotavljanju kroničnih zastrupitev s CO, ki po simptomih, kot so glavobol, slabost, oslabelost in zmedenost, velikokrat spominjajo na druge bolezni in tako ostanejo takšne zastrupitve neprepoznane.

Literatura

- [1] Ernst A, Zibrak JD. Carbon monoxide poisoning. N Engl J Med 1998; 339: 1603-8.
- [2] Brvar M, Jamšek M, Možina M, Horvat M, Gorjup V. Epidemiološki pregled zastrupitev z ogljikovim monoksidom v Ljubljani od 1990 do 1999. Zdrav Vestn 2002; 71: 87-90.
- [3] Carbon monoxide exposures - United States, 2000-2009. MMWR 2011; 30: 1014-17.

Faza 1. 3: Analiza nastajanja CO in EGA meritve

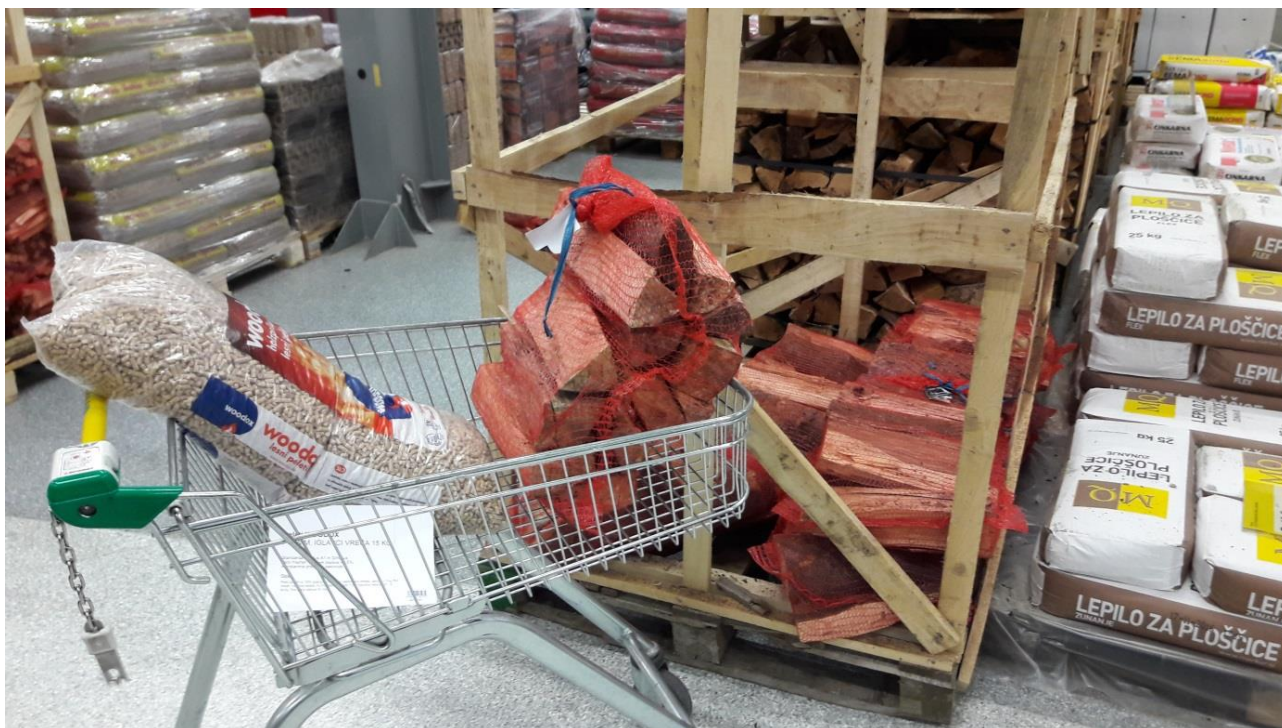
V okviru projekta »Nastajanje ogljikovega monoksida med gorenjem« smo opravili meritve nastalih plinastih produktov med termično obremenitvijo v kontrolirani atmosferi z določenih temperaturnim režimom. Meritve smo izvedli na aparaturi za simultano termično analizo STA 449 F3 Jupiter, ki je preko kvarčne (SiO_2) kapilare sklopljena s štiripolnim masnim spektrometrom (QMS). Aparatura za termično analizo pri uporabi TG/DTA merilnega senzorja omogoča sočasno merjenje masnih (termogravimetrija - TG in derivativna termogravimetrija – DTG) in toplotnih sprememb (diferenčna termična analiza). Meritev se izvaja v kontrolirani atmosferi (inertni, oksidativni, reduktivni, specialni), ker se izbrani tehnični plini iz tlačnih posod (jeklenk) preko merilnikov masnega pretoka, ki omogočajo nastavitev pretoka na 1 ml/min natančno uvaja v tehtalni del in peč aparature za simultano termično analizo. Merilniki masnega pretoka omogočajo pripravo širokega spektra plinskih zmesi, pri čemer je mogoče spreminjati kvalitativno sestavo in koncentracijo posamezne komponente plinske zmesi. Plini, ki nastajajo v peči aparature za simultano termično analizo se skozi ogrevano kavarčno kapilarno ($T_{\text{ogrevanja}} = 220\text{ }^\circ\text{C}$, dolžina 2, 5 m, notranji premer 75 μm) vodijo v štiripolni masni spektrometer, ki omogoča kvalitativno identifikacijo plinov v plinski zmesi.



Slika 4: Aparatura za simultano termično analizo STA 449 F3 Jupiter, ki je preko kvarčne (SiO_2) kapilare sklopljena s štiripolnim masnim spektrometrom (QMS)

V skladu z NIP 2.0 smo opravili meritve dveh trdnim gorivom:

- Bukova drva (sušena vsebnost vlage do 5 %) in
- Pleti (Woodox, iglavci, ϕ 6 mm, vsebnost pepela do 0,5 %, vsebnost vlage 7 – 9 %, kalorična vrednost 18 – 19 MJ/kg)



Slika 5: Bukova drva in lesni peleti za EGA meritve

Vzorci smo kupili v specializirani prodajalni, pri vsakem gorivu smo prejeli deklaracijo oz. podatke o posameznem gorivu. Izbrali smo gorivi, ki sta bili v višjem kakovostnem razredu, bukova drva so bila sušena, vsebovala so do 5 % vlage, peleti iglavcev so bili kakovosti A1 (nizka vsebnost pepela, majhen delež prahu, nizka vsebnost vlage). Pred analizo smo bukova polena razžagali na palice 3 mm x 3 mm, ki smo jih nato razrezali na kose, ki so imeli okoli 50 mg. Lesne pelete smo pred analizo razrezali na manjše dele tako, da smo lahko v vzorčni lonček zatehtali okoli 50 mg materiala.

EGA meritve smo izvedli v dveh oksidativnih atmosferah s 17 prostorninskimi deli in 20 prostorninskimi deli kisika v zmesi z argonom ter v inertni atmosferi argona 5.0 (99,999 vol. % Ar). Analiza vzorcev v inertni atmosferi pojasni odziv preiskovanca na toplotno obremenitev, pri kateri temperaturi začne vzorec izgubljati maso, kako hitro, kateri plini nastajajo in kakšna je reakcija glede na spremembo toplote, vsebnost vlage. Pri meritvah v oksidativni atmosferi na preiskovanec vpliva reaktivni plin (kisik), ki lahko reagira z vzorcem ali razkrojnimi produkti. Iz rezultatov analize vzorca v oksidativni atmosferi lahko ugotovimo pri kateri temperaturi je prišlo do reakcije s kisikom, kateri plini so pri tem nastajali, pri kateri temperaturi se je proces zgorevanja materiala končal, kakšna je vsebnost trdnega preostanka/pepela.

Pogoji pri EGA meritvah so bili naslednji:

Začetna masa: 50,00 mg in 50, 50 mg

Začetna temperatura: 35 °C

Končna temperatura: 1000 °C (oksidativna atmosfera)

1100 °C (inertna atmosfera)

Segrevalna hitrost: 10 K/min

Atmosfera: plinska zmes 80 vol. % Ar 5.0 in 20 vol. % kisika 5.0 (oksidativna)

Ar 5.0 (inertna)

Pretok:

- Oksidativna plinska zmes z 20 vol. % O₂ 50 ml/min Ar-O₂; 0 ml/min Ar
- Oksidativna plinska zmes z 17 vol. % O₂ 42 ml/min Ar-O₂; 8 ml/min Ar
- Inertna atmosfera 50 ml/min Ar
- Zaščitna atmosfera tehtalnega dela 50 ml/min Ar 5.0

Lončki: 0,3 mL Al₂O₃ SA

Kapilara: 2, 5 m SiO₂; zunanji premer 190 μm,

notranji premer 75 μm

Temperatura ogrevanja STA peči 220 °C

Temperatura ogrevanja kapilare 220 °C

Temperatura ogrevanja vstop v QMS 220 °C

Vrsta merilnega senzorja TG/DTA (03_2017)

Zajemani signali (m/e) pri QMS meritvi: 1, 2, 12, 15, 16, 17, 18, 20, 28, 32, 40 in 44

Pred izvedbo meritev smo opravili ničelne meritve, kar pomeni, da izvedemo meritev pri izbranih pogojih brez prisotnosti vzorca. S takšno meritvijo zajamemo vpliv spremenljivk, ki so odvisne od aparature, izbranega merilnega senzorja, pretokov in vrste plina, segrevalne hitrosti, vrste lončka), vrednosti se pri vrednotenju rezultatov meritev samodejno upoštevajo. Vsako meritev smo opravili dvakrat, da smo eliminirali možnost sistematične napake.

Tabela 5: Seznam izvedenih meritev z navedbo vzorca in pogojev pri EGA analizi

Vzorec	Atmosfera	Pretok/mL/min	Števila meritve
Peleti	Ar 5.0	50	1823
Peleti	Ar 5.0	50	1825
Peleti	20 vol. % O ₂	50	1819
Peleti	20 vol. % O ₂	50	1820
Peleti	17 vol. % O ₂	42 + 8	1821
Peleti	17 vol. % O ₂	42 + 8	1822
Bukov les	Ar 5.0	50	1828
Bukov les	Ar 5.0	50	1831
Bukov les	20 vol. % O ₂	50	1826
Bukov les	20 vol. % O ₂	50	1829
Bukov les	17 vol. % O ₂	42 + 8	1827
Bukov les	17 vol. % O ₂	42 + 8	1830
Ničelna meritev	Ar 5.0	50	1816
Ničelna meritev	20 vol. % O ₂	50	1817
Ničelna meritev	17 vol. % O ₂	42 + 8	1818

Za vrednotenje in primerjave smo uporabili meritve, ki so v tabeli 5 označene z mastnim tiskom. Meritve sem izvedla in ovrednotila doc. dr. Barbara Novosel.

Z izvedenimi meritvami smo želeli določiti kako poteka termični razpad trdnega goriva v atmosferi z 20 vol % kisika, kar je primerljivo z običajnimi razmerami v bivalnem okolju. V atmosferi z nižano koncentracijo kisika (17 vol. %) smo želeli potrditi, da se pri termični obdelavi trdnega goriva nastaja več ogljikovega monoksida kot pri običajni koncentraciji kisika. Meritev v inertni atmosferi čistega argona pojasni, kako poteka razpad goriva brez vpliva atmosfere t. i. piroliza lesa. Iz rezultatov TG meritev je mogoče razbrati pri kateri temperaturi se razpad trdnega goriva prične, kolikšna je izguba mase in koliko je trdnega preostanka po termični obdelavi. DTA meritev toplotnih sprememb pojasni ali je sprememba eksotermna ali endotermna, kar lahko pomaga pojasniti potek termične disociacije. Identifikacija sproščenih plinov omogoča potrditev enostavnejših dekompozicijskih reakcij.

Rezultati meritev

EGA meritve smo opravili za vzorca Bukov les _ sušen in Pelete iglavcev. Bukova polena smo razžagali na paličice 3 mm x 3mm, za analizo smo odrezali tolikšno dolžino paličice, da je bila masa vzorca, ki smo ga vstavili v Al₂O₃ 0,3 mL lonček okoli 50 mg. Pelete smo razrezali na ustrezne dele, da je bila masa peleta v vzorčnem lončku okoli 50 mg. Vzorce bukovega lesa in peletov smo do izvedbe EGA analize hranili v laboratoriju 12 pri temperaturi med 20 °C in 23 °C.

EGA analiza Bukovega lesa v oksidativni atmosferi z 20 vol % kisika (ostalo je Ar-5.0)

Rezultat EGA analize je prikazan na diagramu 1 in 2. Na diagramu 1 so prikazane TG, DTG in DTA krivulje, iz rezultatov TG krivulje je razvidno, da se je razpad bukovega lesa pričel pri temperaturi okoli 40 °C, do 200 °C se je masa zmanjšala za 4,8 %, stopnja je bila endotermna. Pri temperaturi na 200 °C se je pričela masa izraziteje zmanjševati, iz oblike DTG krivulje je razvidno, da je razpad potekal v več eksotermnih stopnjah. Pri temperaturi 680 °C je vzorec izgubil 98,5 % začetne mase.

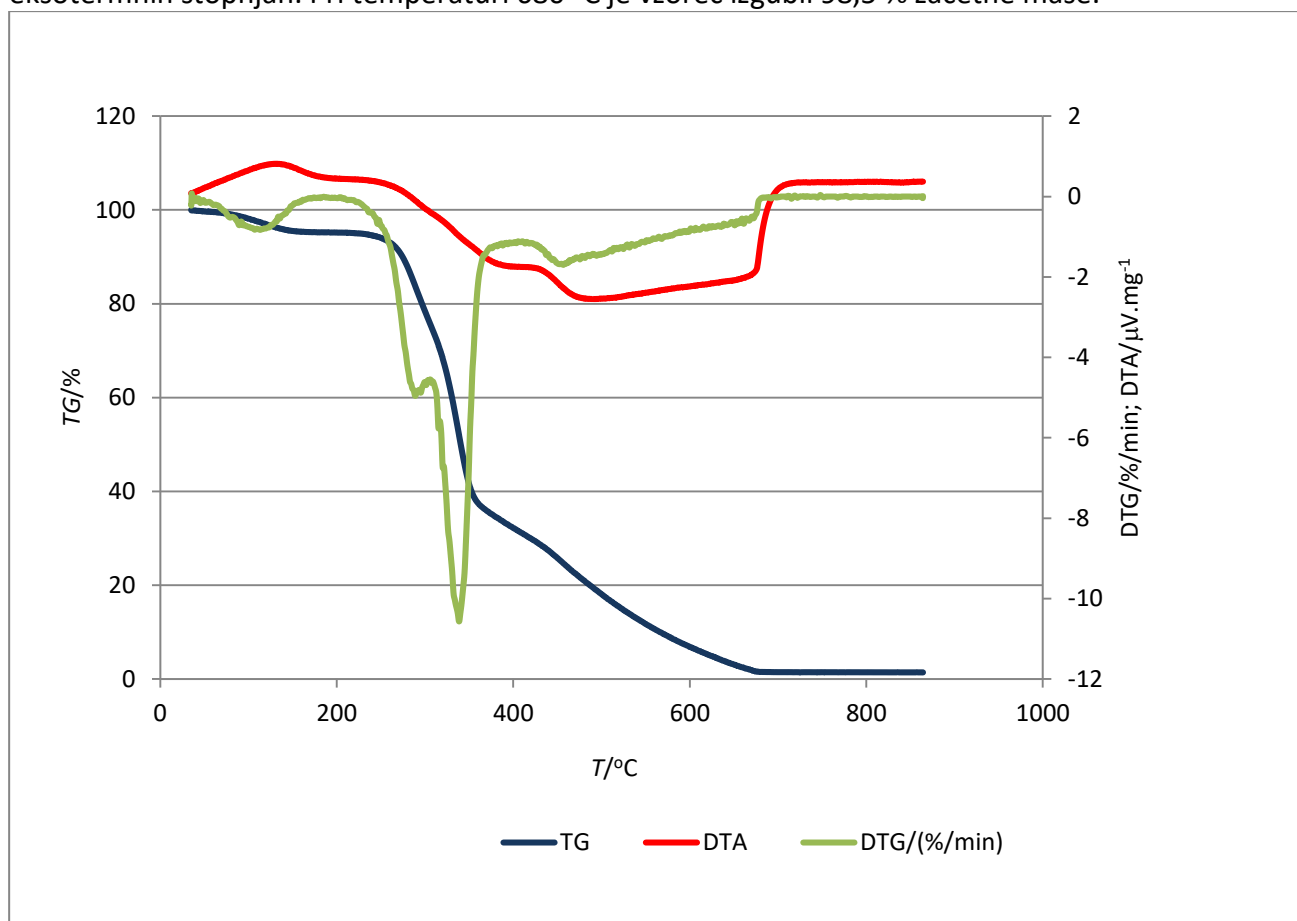


Diagram 1: TG/DTA/DTG sample_Bukov_les_Ar-O2 20 %

Pri razpadu bukovega lesa v oksidativni atmosferi z 20 vol. % kisika je nastajalo več plinastih produktov, na diagramu 2 je prikazana TG krivulja in krivulji za maso 18, ki predstavlja sproščanje vodne pare in krivulja za maso 44, ki ponazarja nastanek ogljikovega dioksida. Iz rezultatov je razvidno, da v prvi stopnji termičnega razpada, do 200 °C nastaja le vodna para, iz vzorca izhaja vlaga. Razpad v temperaturnem območju med 200 °C in 680 °C je potekal v več različnih, prekrivajočih stopnjah. Do temperature okoli 360 °C je potekalo vplinjaje lesa, sledil je proces odgorevanja lesa, kar je razvidno iz zmanjševanja mase TG krivulje in sočasnega nastajanja predvsem ogljikovega dioksida, krivulja masa 44.

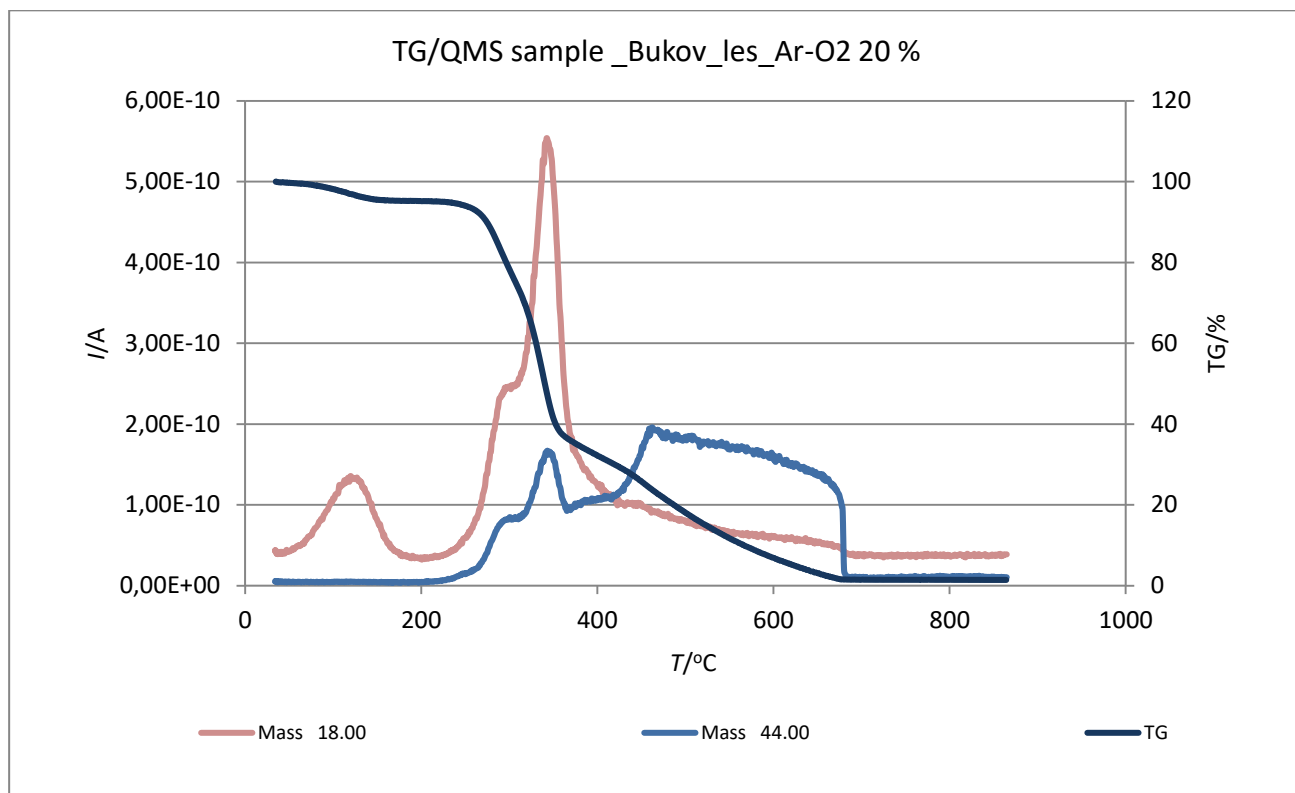


Diagram 2: TG/QMS sample _Bukov_les_Ar-O2 20 %

EGA analiza Bukovega lesa v oksidativni atmosferi s 17 vol % kisika (ostalo je Ar-5.0)

Rezultat EGA analize je prikazan na diagramu 3 in 4. Na diagramu 3 so prikazane TG, DTG in DTA krivulje, iz rezultatov TG krivulje je razvidno, da se je razpad bukovega lesa potekal v več stopnjah. Razpad se je pričel pri temperaturi okoli 40 °C, do 200 °C se je masa zmanjšala za 4,4 %, stopnja je bila endotermna. Pri temperaturi na 200 °C se je pričela masa izraziteje zmanjševati, iz oblike DTG krivulje je razvidno, da je razpad potekal v več eksotermnih stopnjah. Razpad je bil končan pri temperaturi 740 °C, vzorec je izgubil 98,2 % začetne mase.

Pri razpadu bukovega lesa v oksidativni atmosferi s 17 vol. % kisika je nastajalo več plinastih produktov, na diagramu 4 je prikazana TG krivulja in krivulji za maso 18, ki predstavlja sproščanje vodne pare in krivulja za maso 44, ki ponazarja nastanek ogljikovega dioksida. Iz rezultatov je razvidno, da v prvi stopnji termičnega razpada, do 200 °C nastaja le vodna para, iz vzorca izhaja vlaga. Razpad v temperaturnem območju med 200 °C in 745 °C je potekal v več različnih, prekrivajočih stopnjah. Do temperature okoli 368 °C je potekalo vplinjane lesa, sledil je proces odgorevanja lesa, kar je razvidno iz zmanjševanja mase TG krivulje in sočasnega nastajanja predvsem ogljikovega dioksida, krivulja masa 44.

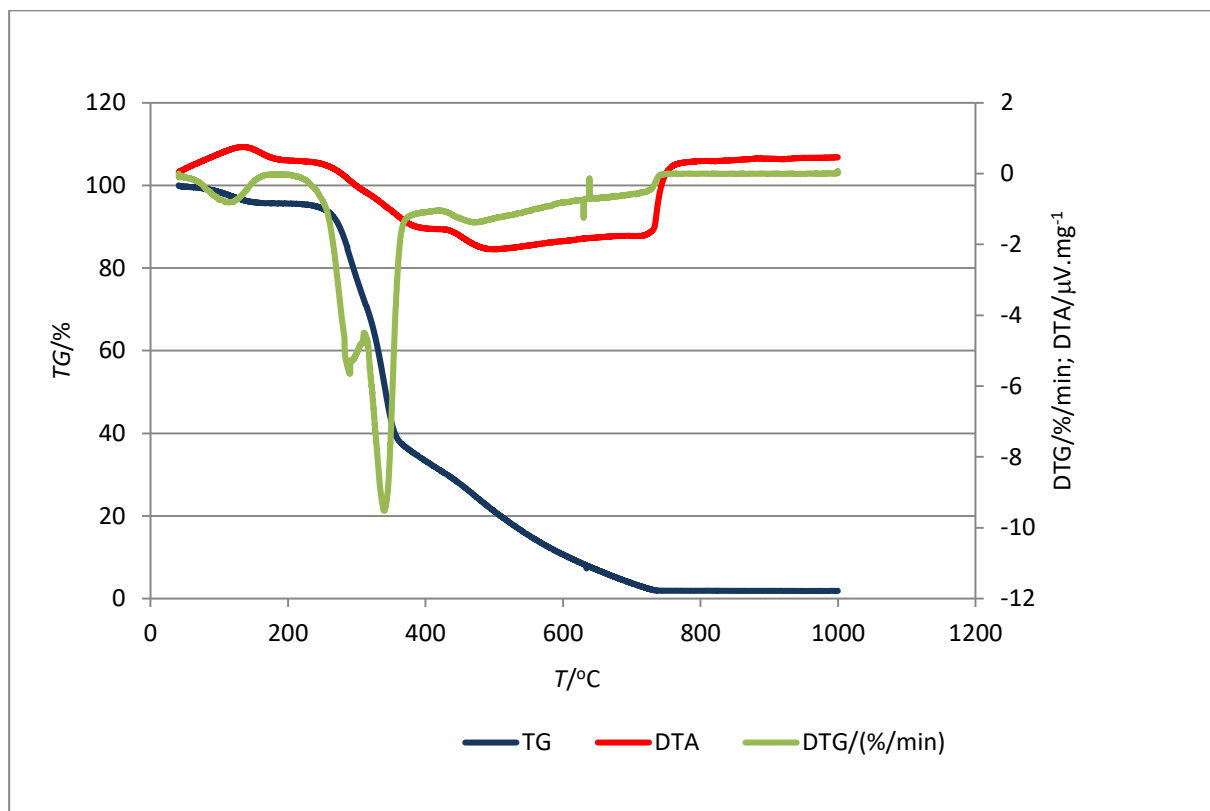


Diagram 3: TG/DTA/DTG sample _Bukov_les_Ar-O2 17 %

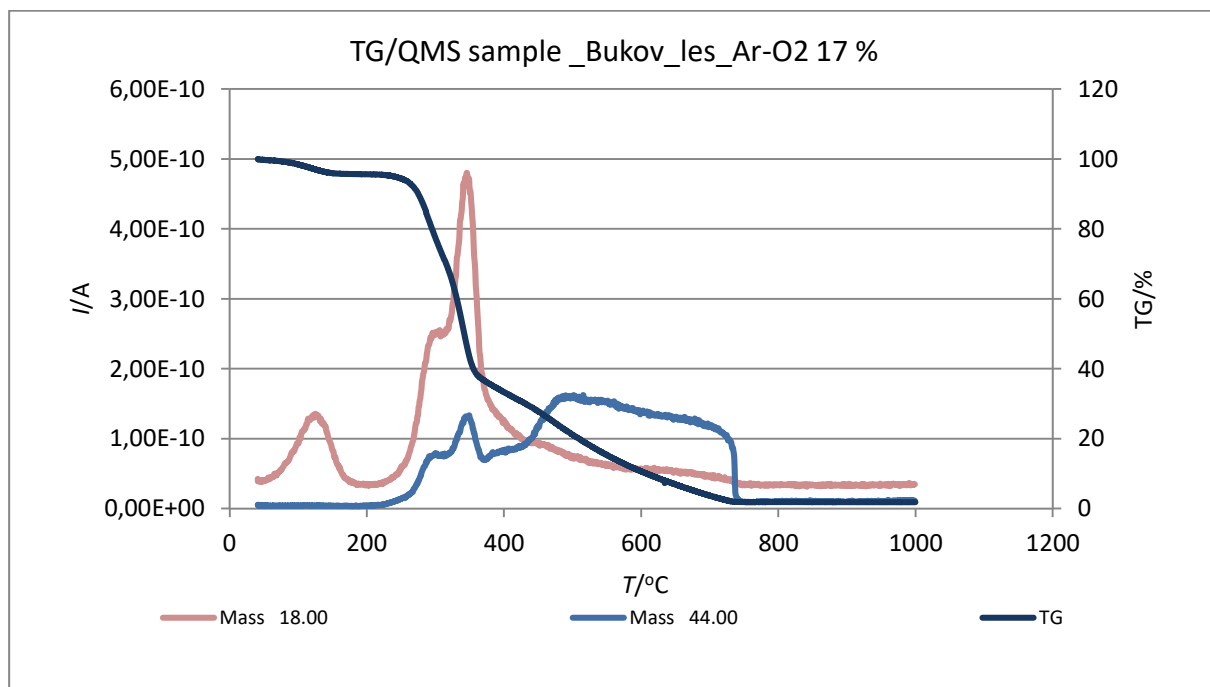


Diagram 4: TG/QMS sample _Bukov_les_Ar-O2 17 %

EGA analiza Bukovega lesa v inertni atmosferi (Ar-5.0)

Rezultat EGA analize je prikazan na diagramu 5 in 6. Na diagramu 5 so prikazane TG, DTG in DTA krivulje, iz rezultatov TG krivulje je razvidno, da se je razpad bukovega lesa potekal v dveh izrazitejših stopnjah. Razpad se je pričel pri temperaturi okoli 40 °C, do 200 °C se je masa zmanjšala za 4,5 %, stopnja je bila endotermna. Pri temperaturi na 200 °C se je pričela masa izraziteje zmanjševati, iz oblike DTG krivulje je razvidno, da je razpad potekal v več stopnjah. Do temperature 370 °C je vzorec izgubil okoli 67 % začetne mase. S povišano temperature se je masa vzorca počasi, neizrazito zmanjševala, pri končni temperaturi 1100 °C je vzorec izgubil 79,4 % začetne mase. V lončku je preostalo več kot 20 % začetne mase. Toplotni efekti pri termični obdelavi vzorca v inertni atmosferi so bili neizraziti, razen v prvi stopnji razpada, kjer je iz DTA krivulje moč razbrati izrazit endotermen vrh.

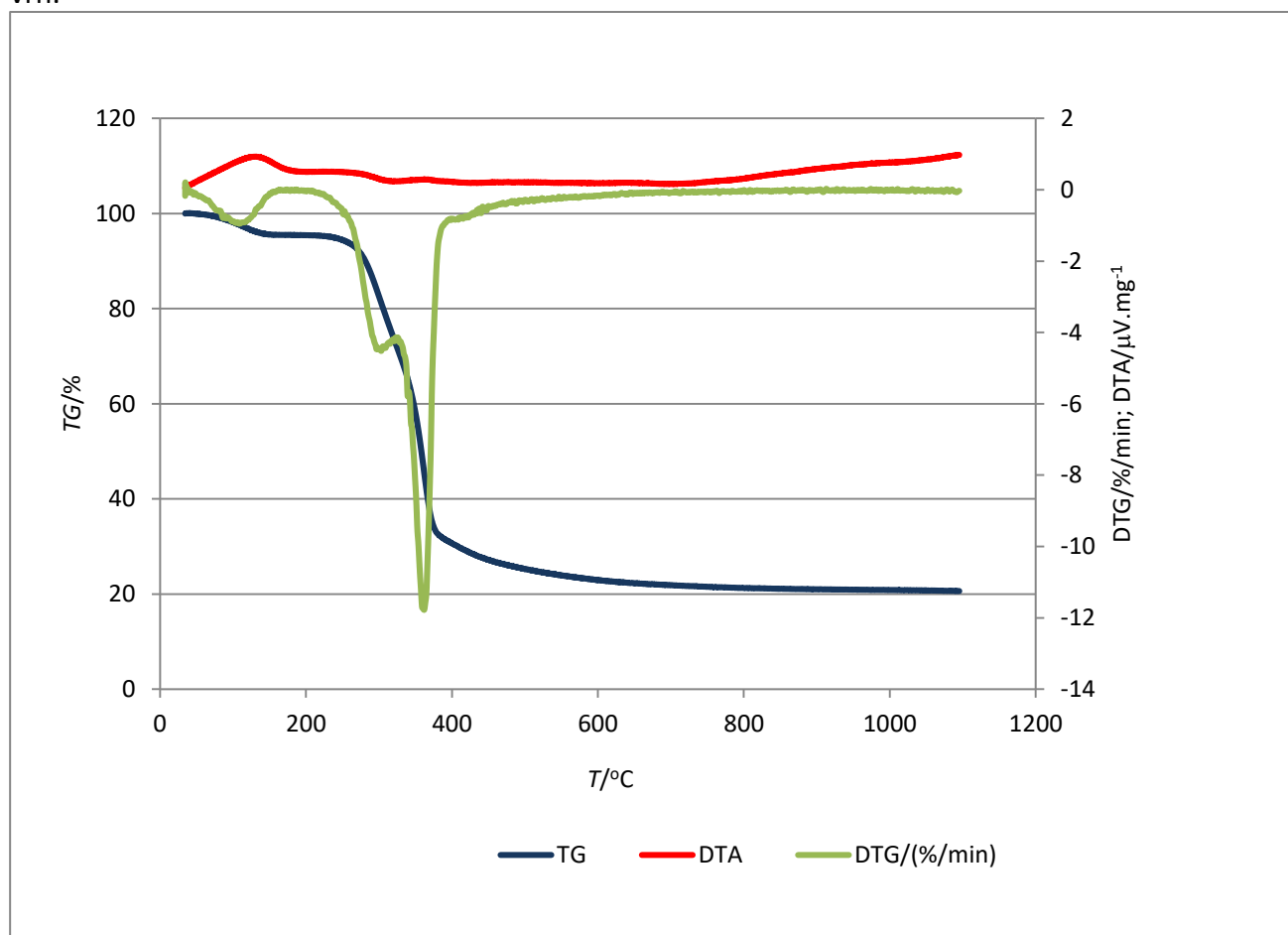


Diagram 5: TG/DTA/DTG sample_Bukov les_Ar

Iz rezultatov zajemanja podatkov o sproščenih plinih pri termičnem razkroju bukovega lesa v inertni atmosferi, ki so prikazani na diagramu 6, je mogoče razbrati, da je v prvi stopnji med 40 °C in 200 °C nastajala vodna para. V temperaturnem območju med 200 °C in 400 °C je potekal izrazitejši razpad s sočasnim nastajanjem vodne pare (masa 18) in ogljikovega dioksida (masa 44).

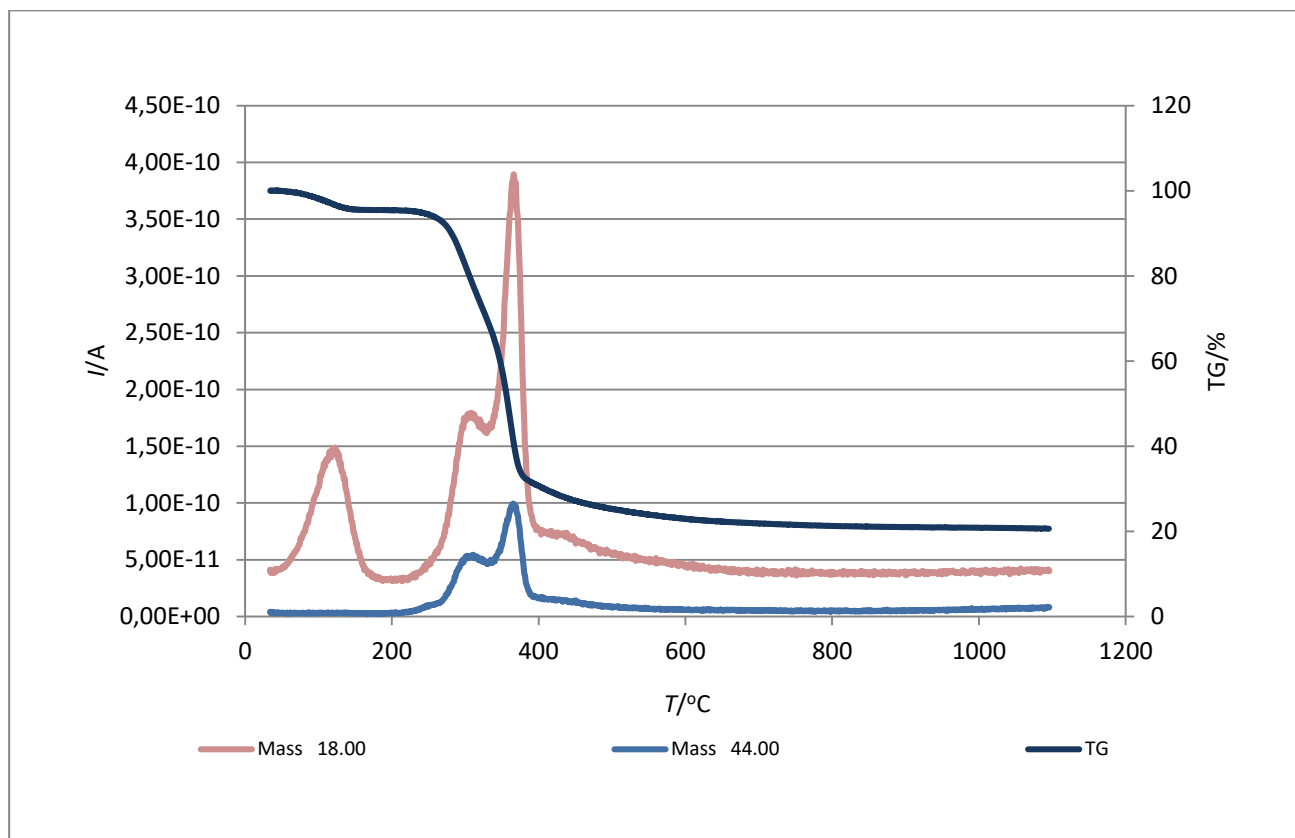


Diagram 6: TG/QMS sample_Bukov les_Ar

EGA analiza Peleti v oksidativni atmosferi z 20 vol % kisika (ostalo je Ar-5.0)

Rezultat EGA analize je prikazan na diagramu 7 in 8. Na diagramu 7 so prikazane TG, DTG in DTA krivulje, iz rezultatov TG krivulje je razvidno, da se je razpad peletov pričel pri temperaturi nad 50 °C, do 200 °C se je masa zmanjšala za 4,4 %, stopnja je bila endotermna. Pri temperaturi na 200 °C se je pričela masa izraziteje zmanjševati, iz oblike DTG krivulje je razvidno, da je razpad potekal v več eksotermnih stopnjah. Pri temperaturi 730 °C je vzorec izgubil 97,9 % začetne mase. Pri končni temperaturi 1000 °C je v lončku ostalo 2 % začetne mase.

Pri razpadu peletov v oksidativni atmosferi z 20 vol. % kisika je nastajalo več plinastih produktov, na diagramu 8 je prikazana TG krivulja in krivulji za maso 18, ki predstavlja sproščanje vodne pare in krivulja za maso 44, ki ponazarja nastanek ogljikovega dioksida. Iz rezultatov je razvidno, da v prvi stopnji termičnega razpada, do 200 °C nastaja le vodna para, iz vzorca izhaja vlaga. Razpad v temperaturnem območju med 200 °C in 680 °C je potekal v več različnih, prekrivajočih stopnjah. Do temperature okoli 365 °C je potekalo vplinjanje lesa, sledil je proces odgorevanja lesa, kar je razvidno iz zmanjševanja mase TG krivulje in sočasnega nastajanja predvsem ogljikovega dioksida, krivulja masa 44. Povišana intenziteta za maso 44 v temperaturnem območju med 365 °C in 750 °C je najverjetneje posledica izgorevanja s kisikov iz atmosfere.

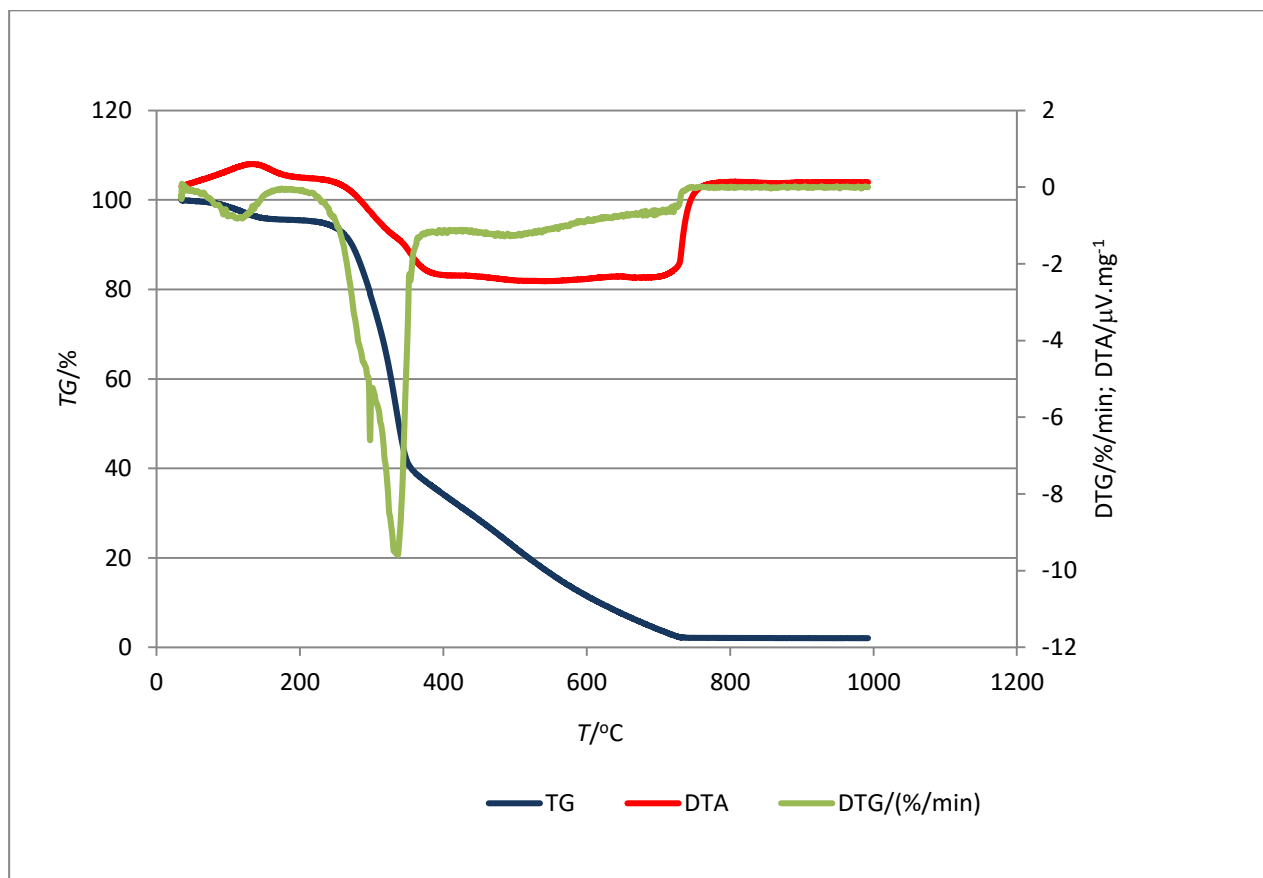


Diagram 7: TG/DTA/DTG sample_Peleti_Ar-O2 20 %

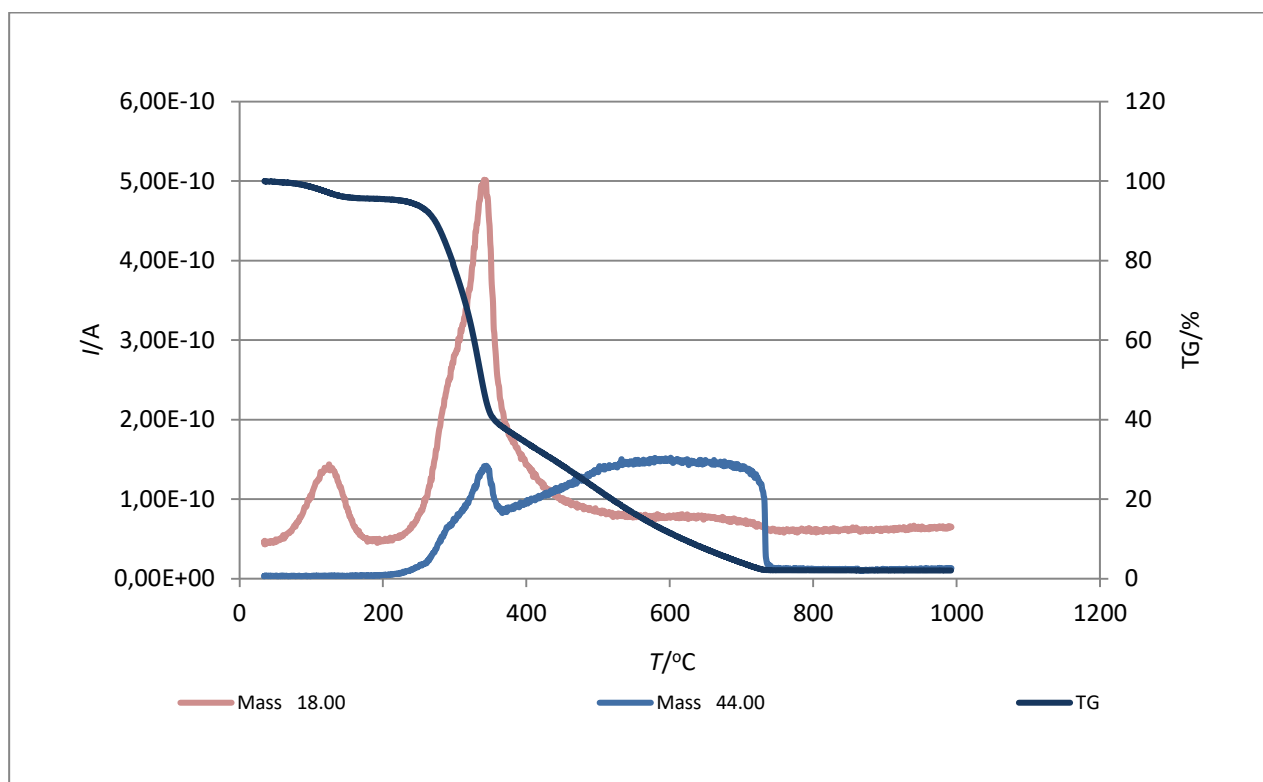


Diagram 8: TG/QMS sample_Peleti_Ar-O2 20 %

EGA analiza Peleti v oksidativni atmosferi s 17 vol % kisika (ostalo je Ar-5.0)

Rezultat EGA analize je prikazan na diagramu 9 in 10. Na diagramu 9 so prikazane TG, DTG in DTA krivulje, iz rezultatov TG krivulje je razvidno, da se je razpad peletov potekal v več stopnjah. Razpad se je pričel pri temperaturi okoli 40 °C, do 200 °C se je masa zmanjšala za 5,1 %, stopnja je bila endotermna. Pri temperaturi na 200 °C se je pričela masa izraziteje zmanjševati, iz oblike DTG krivulje je razvidno, da je razpad potekal v več eksotermnih stopnjah. V temperaturnem območju med 200 °C in 350 °C je vzorec izgubil 62 % začetne mase. Razpad je bil končan pri temperaturi 770 °C, vzorec je izgubil 98,5 % začetne mase.

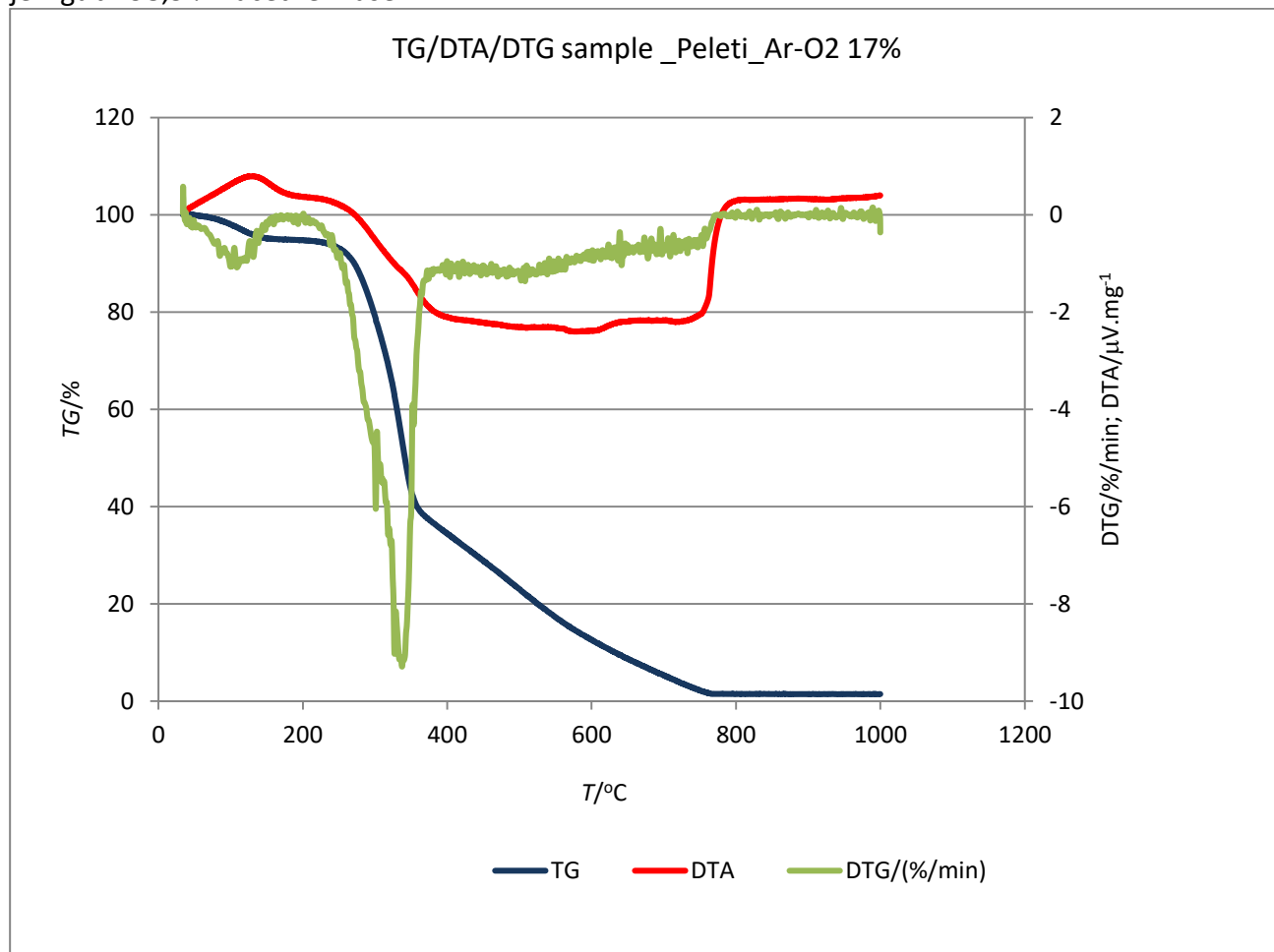


Diagram 9: TG/DTA/DTG sample _Peleti_Ar-O2 17%

Pri razpadu peletov v oksidativni atmosferi s 17 vol. % kisika je nastajalo več plinastih produktov, na diagramu 10 je prikazana TG krivulja in krivulji za maso 18, ki predstavlja sproščanje vodne pare in krivulja za maso 44, ki ponazarja nastanek ogljikovega dioksida. Iz rezultatov je razvidno, da v prvi stopnji termičnega razpada, do 200 °C nastaja le vodna para, iz vzorca izhaja vlaga. Razpad v temperaturnem območju med 200 °C in 745 °C je potekal v več različnih, prekrivajočih stopnjah. Do temperature okoli 372 °C je potekalo vplinjanje vzorca, sledil je proces odgorevanja lesa, kar je razvidno iz zmanjševanja mase TG krivulje in sočasnega nastajanja predvsem ogljikovega dioksida, krivulja masa 44. Povišana intenziteta nastajanja ogljikovega dioksida, ki je razvidna iz krivulje masa 44 je predsem posledica izgorevanja nastalega razkrojnega intermedijata vzorca Peleti s kisikom.

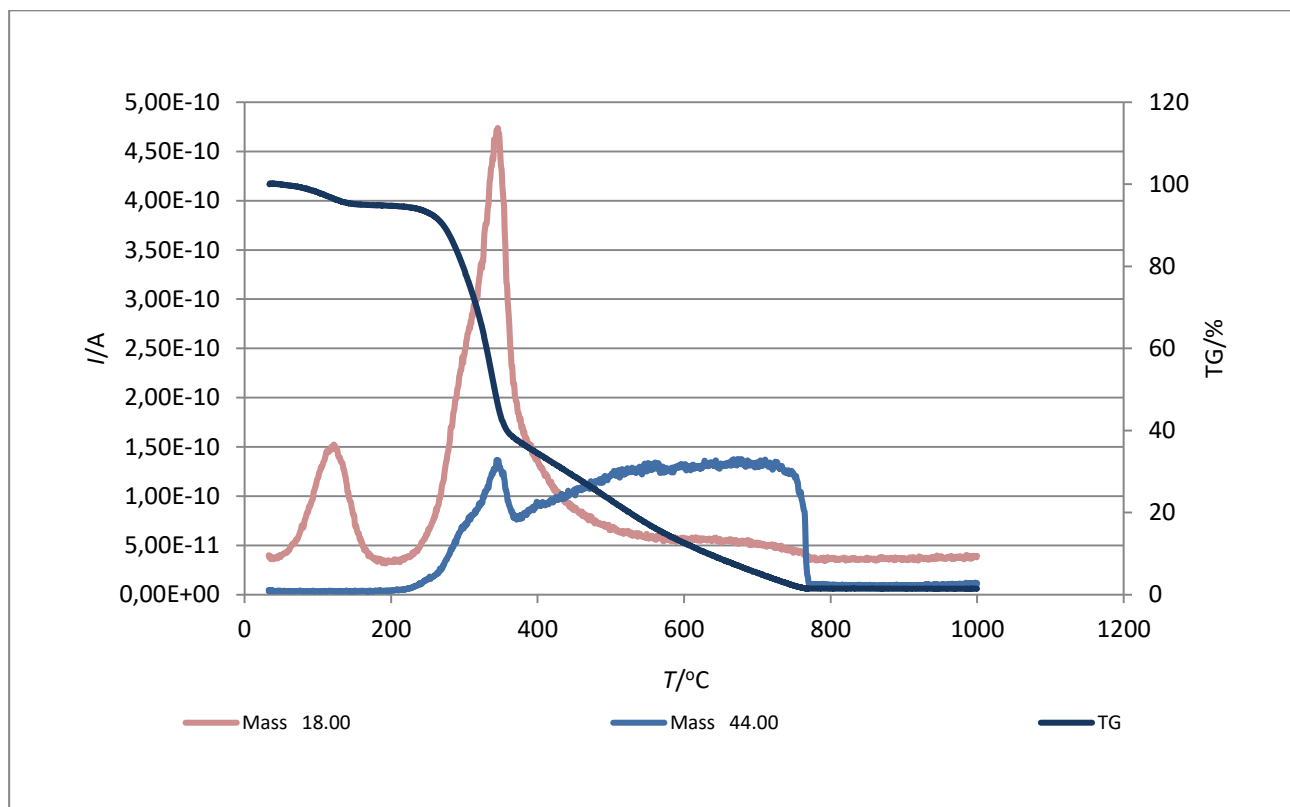


Diagram 10: TG/QMS sample_Peleti_Ar-O2 17%

EGA analiza Bukovega lesa v inertni atmosferi (Ar-5.0)

Rezultat EGA analize je prikazan na diagramu 11 in 12. Na diagramu 11 so prikazane TG, DTG in DTA krivulje, iz rezultatov TG krivulje je razvidno, da se je razpad peletov potekal v dveh izrazitejših stopnjah. Razpad se je pričel pri temperaturi okoli 40 °C, do 200 °C se je masa zmanjšala za 5,2 %, stopnja je bila endotermna. Pri temperaturi na 200 °C se je pričela masa izraziteje zmanjševati, iz oblike DTG krivulje je razvidno, da je razpad potekal v več stopnjah. Do temperature 380 °C je vzorec izgubil okoli 65 % začetne mase. S povišano temperature se je masa vzorca počasi, neizrazito zmanjševala, pri končni temperaturi 1100 °C je vzorec izgubil 78,6 % začetne mase. V lončku je preostalo več kot 21 % začetne mase. Toplotni efekti pri termični obdelavi vzorca v inertni atmosferi so bili neizraziti, razen v prvi stopnji razpada, kjer je iz DTA krivulje moč razbrati izrazit endotermen vrh pri temperaturi 129 °C.

Iz rezultatov zajemanja podatkov o sproščenih plinih pri termičnem razkroju peletov v inertni atmosferi, ki so prikazani na diagramu 12, je mogoče razbrati, da je v prvi stopnji med 40 °C in 200 °C nastajala vodna para. V temperaturnem območju med 200 °C in 400 °C je potekal izrazitejši razpad s sočasnim nastajanjem vodne pare (masa 18) in ogljikovega dioksida (masa 44).

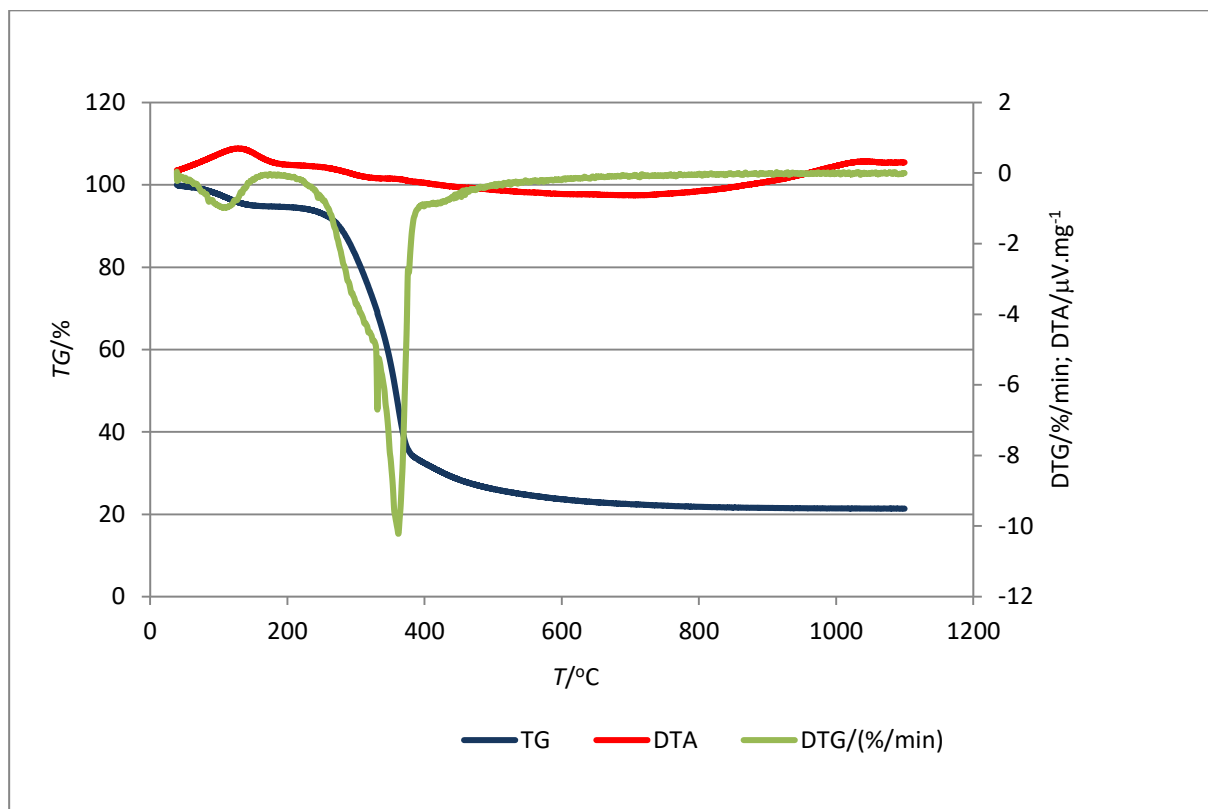


Diagram 11: TG/DTA/DTG sample_Peleti_Ar

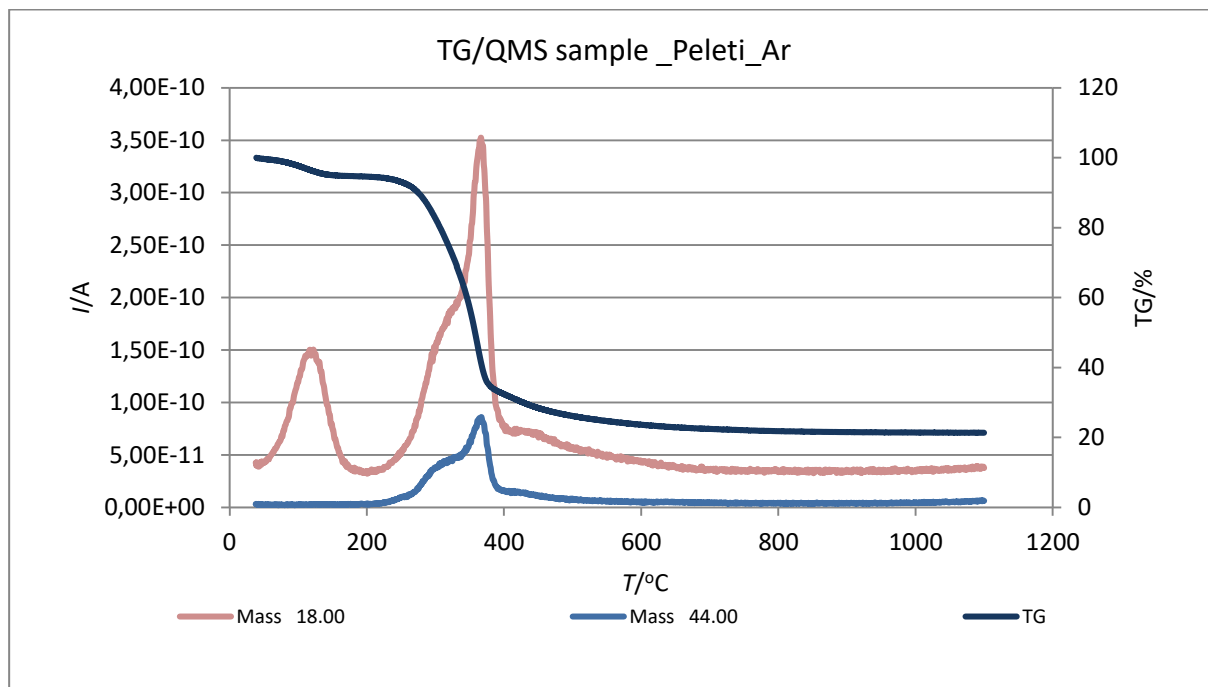


Diagram 12: TG/QMS sample_Peleti_Ar

Diskusija rezultatov

Z EGA meritvami dveh trdnih goriv, suhega bukovega lesa in peletov iglavcev v atmosferah z različno vsebnostjo kisika in v inertni atmosferi smo skušali pojasniti spremembe goriva pri termični obremenitvi od začetne temperature 30 °C do 1100 °C, določiti začetno temperaturo pirolize goriva, končno temperaturo zgorevanja v oksidativni atmosferi, pojasniti morebitne razlike pri zgorevanju bukovega lesa ali lesa iglavcev, določiti delež nastalega ogljikovega dioksida in ogljikovega oksida. Meritve sproščenih plinov pri termični obremenitvi vzorcev trdnega goriva smo izvajali v dveh oksidativnih atmosferah, z 20 vol. % in 17 vol. % kisika v zmesi z argonom in v inertni atmosferi, v atmosferi argona 99,999 %. Delež kisika pri posamezni meritvi je razviden iz diagrama 13.

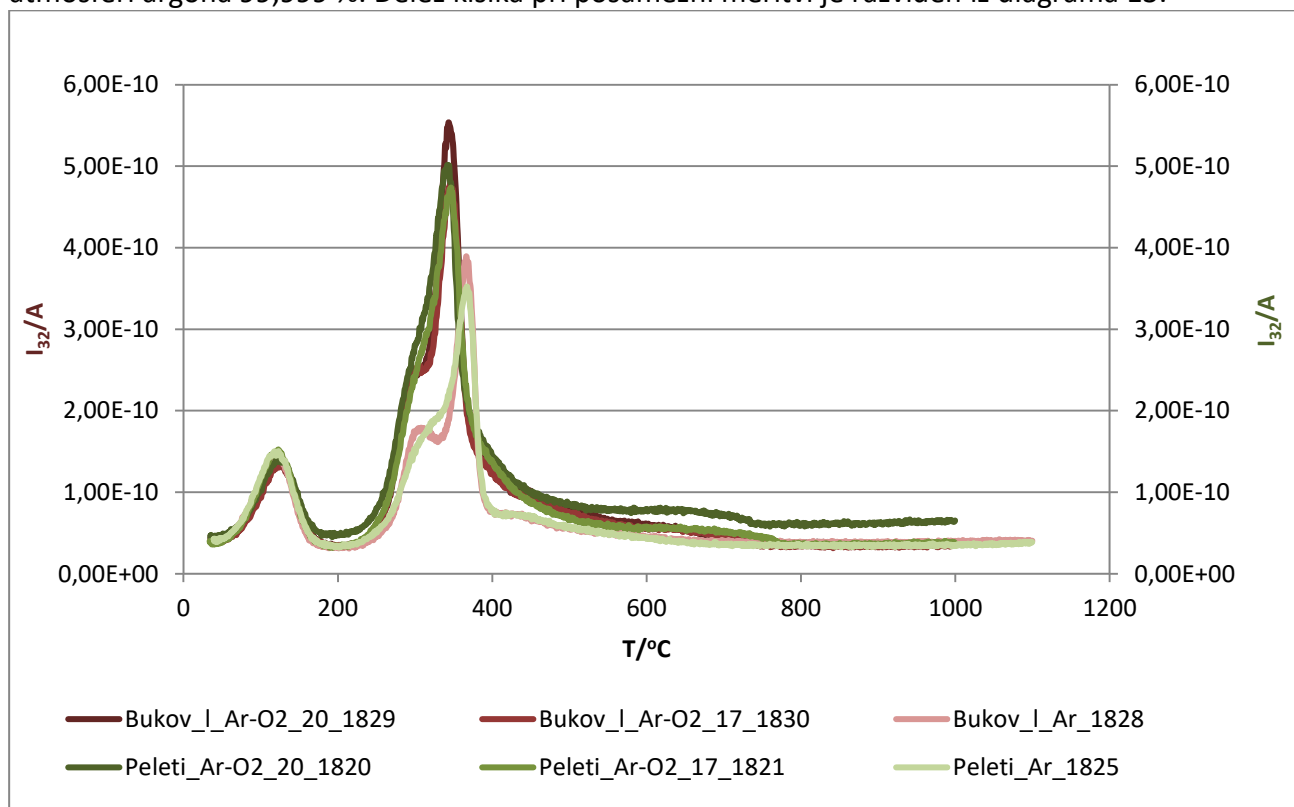


Diagram 13: Intenzitete kisika pri EGA meritvah v različnih atmosferah

Iz rezultatov deleža kisika v atmosferi lahko razberemo, da je bil delež kisika pri meritvah v atmosferi z 20 vol % kisika v območju med $3 \cdot 10^{-9}$ A in $2,6 \cdot 10^{-9}$ A, delež je bil podoben pri analizi bukovega lesa in peletov. V atmosferi z znižano koncentracijo kisika (17 vol %) se je med EGA analizo spreminjal od okoli $2,5 \cdot 10^{-9}$ A do $2,2 \cdot 10^{-9}$ A, razlike v intenziteti kisika pri različnih meritvah (1821 in 1830) so minimalne. Zmanjšanje intenzitete kisika med meritvijo so posledica porabe kisika za reakcijo z vzorcem, intermedijati ali plini sproščeni pri termičnem tretmaju vzorca. Koncentracija kisika v inertni atmosferi so bistveno manjše, pod $4,7 \cdot 10^{-10}$ A.

Potek razpada trdnega goriva, suh bukov les v različnih atmosferah je prikazan v obliki TG krivulj z diagramom 14. Iz poteka TG krivulj lahko razberemo, da različna atmosfera ne vpliva na potek prve stopnje termične dekompozicije bukovega lesa, v kateri je bila izguba mase okoli 4,6 % in je bila posledica izhajanja preostale vlage iz vzorca.

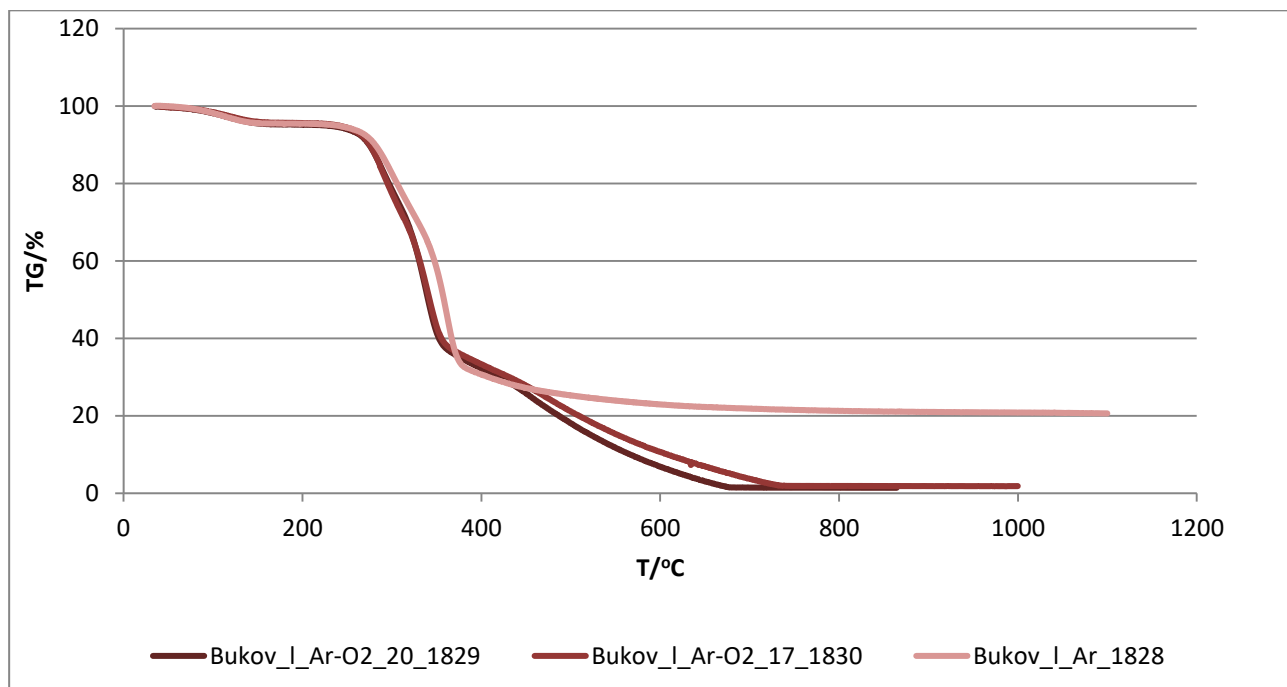


Diagram 14: Razpad suhega bukovega lesa v različnih atmosferah

Razpad vzorca v temperaturnem območju med 200 °C in 360 °C je potekal v atmosferi z višjo (20 v. % O₂) zelo podobno kot v atmosferi z nižjo (17 v. % O₂). Delež kisika v nosilnem plinu tudi ni vplival na ostanek bukovega lesa po zgorevanju, v obeh primerih je v lončku ostalo manj kot 2 % pepela. V atmosferi z nižjim deležem kisika je odgorevanje, ki je potekalo nad temperaturo nad 360 °C, poteklo v širšem temperaturnem območju (do 740 °C), kar je za 60 °C višje kot odgorevanje v atmosferi z višjim parcialnim tlakom kisika. Piroliza bukovega lesa v inertni atmosferi je potekala bistveno drugače kot v oksidativni atmosferi, predvsem nad temperaturo 380 °C, les se je delno vplnil, izgubil okoli 66 % začetne mase, ostanek pri 110 °C je bil okoli 20 %.

Potek razpada trdnega goriva, peleti iglavcev v različnih atmosferah je prikazan v obliki TG krivulj z diagramom 15.

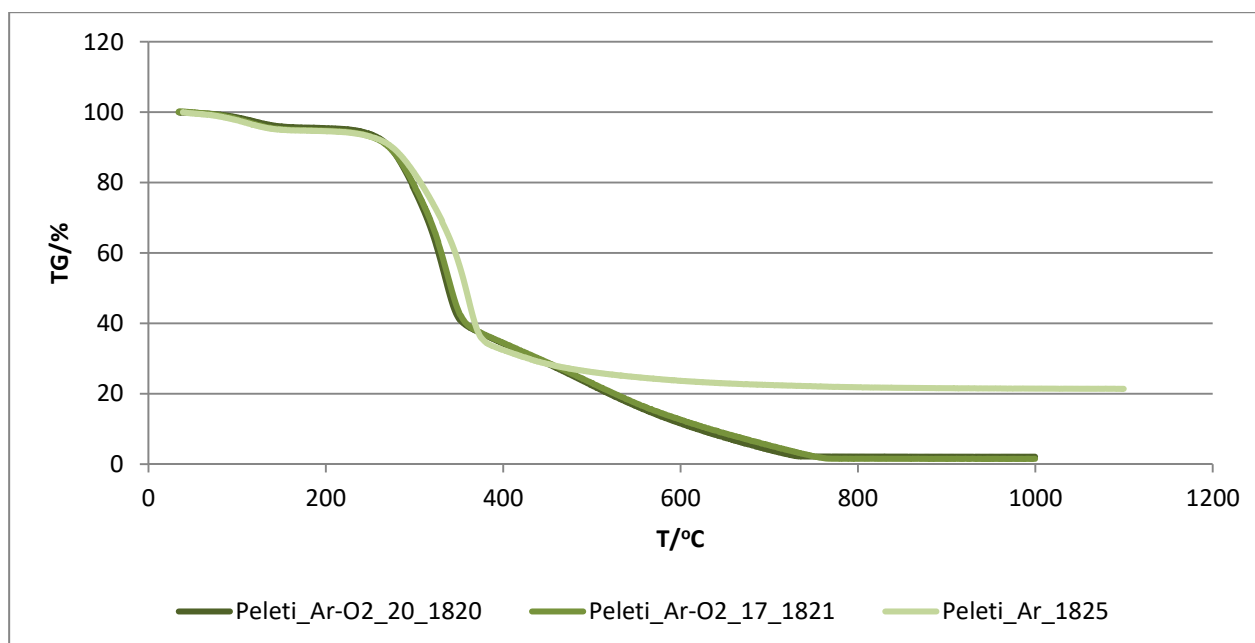


Diagram 15: Razpad peletov iglavcev v različnih atmosferah

Iz poteka TG krivulj lahko razberemo, da različna atmosfera ne vpliva na potek prve stopnje termične dekompozicije peletov iglavcev, v kateri je bila izguba mase okoli 5 % in je bila posledica izhajanja vlage iz vzorca. Razpad vzorca v temperaturnem območju med 200 °C in 366 °C je potekal v atmosferi z višjo (20 v. % O₂) zelo podobno kot v atmosferi z nižjo (17 v. % O₂). Delež kisika v nosilnem plinu tudi ni vplival na ostanek peletov po zgorevanju, v obeh primerih je v lončku ostalo okoli 2 % pepela. V atmosferi z nižjim deležem kisika je odgorevanje, ki je potekalo nad temperaturo nad 366 °C, poteklo v širšem temperaturnem območju (do 770 °C), kar je za 40 °C višje kot odgorevanje v atmosferi z višjim parcialnim tlakom kisika. Piroliza peletov v inertni atmosferi je potekala bistveno drugače kot v oksidativni atmosferi, predvsem nad temperaturo 370 °C, les iglavcev se je delno vplnil, izgubil okoli 62 % začetne mase, ostanek pri 110 °C je bil okoli 21 %.

Iz primerjav poteka TG krivulj termičnega razpada bikovega lesea in peletov iglavcev v različni atmosferi (diagram 16) lahko ugotovimo, da v prvi stopnji termičnega razpada, ki je posledica izhajanja vlage iz vzorcev ni večjih razlik. Vsebnost vlage v peletih je bila za nekaj desetink odstotka večja kot vsebnost vlage v sušenih bukovih polenih. Zelo majhna razlika je tudi v količini nastalega pepela pri zgorevanju, ne glede na koncentracijo kisika v nosilnem plinu ali vrsto goriva je ostanek okoli 2 utežna %. Majhna razlika je opazna pri zgorevanju bukovega lesea, ki poteka pri nekoliko nižji temperaturi kot zgorevanju peletov iglavcev. Piroliza bukovega lesea in peletov iglavcev v inertni atmosferi poteka v praktično identičnem temperaturnem območju, izguba mase je okoli 80 %.

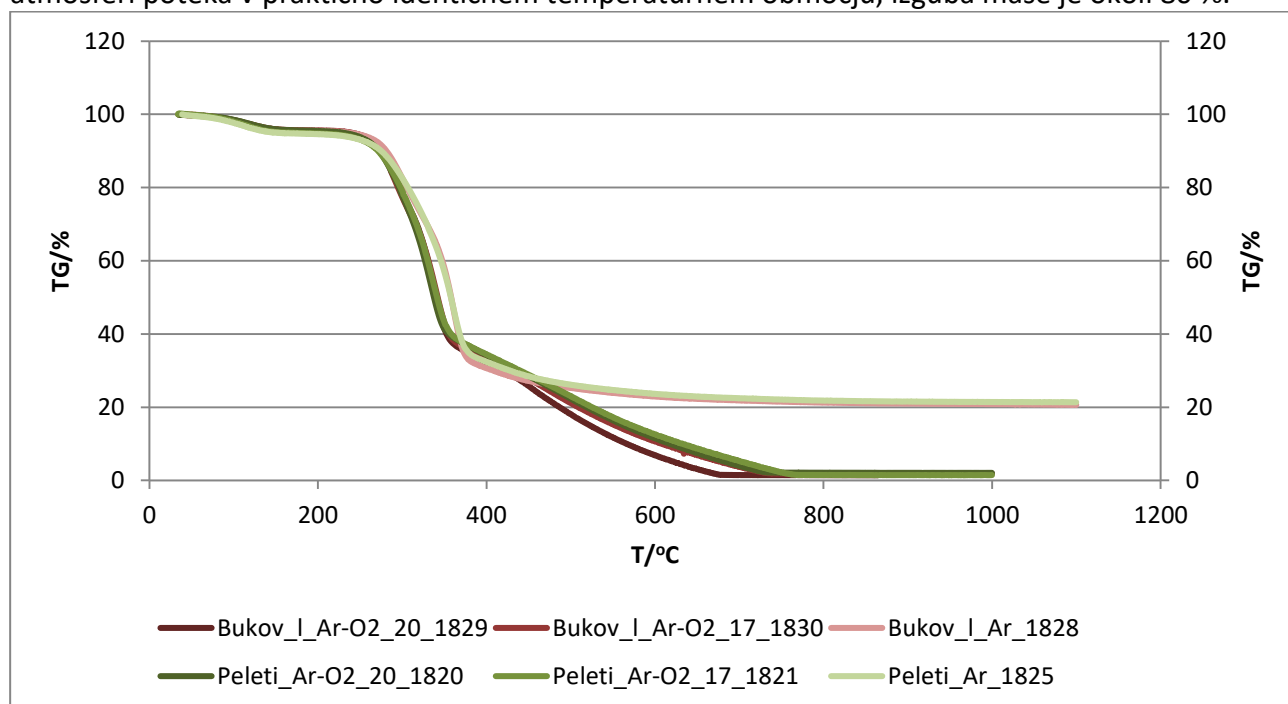


Diagram 16: Primerjava masnih sprememb pri termičnem razkroju bukovega lesea in peletov iglavcev v različnih atmosferah

Toplotne spremembe pri termičnem tretmaju vzorcev trdnih goriv v različnih atmosferah so prikazane v obliki DTA krivulj na diagramu 17. Pri termični obdelavi trdnih goriv v inertni atmosferi ni izrazitih toplotnih sprememb, razen v stopnji izhajanja vlage iz vzorca. Iz poteka DTA krivulj v oksidativni atmosferi je razviden izrazit eksotermen potek v širokem temperaturnem območju, ki se prične pri temperaturi 230 °C. Podobno kot smo ugotovili iz analize rezultatov masnih sprememb, tudi iz rezultatov toplotnih sprememb ugotavljamo, da so bukova drva manj termično obstojna, saj razpadejo pri nižji temperaturi kot peleti iglavcev. Učinek zmanjšane koncentracije kisika v nosilnem plinu je večji pri zgorevanju bukovih drv kot pri zgorevanju peletov iglavcev.

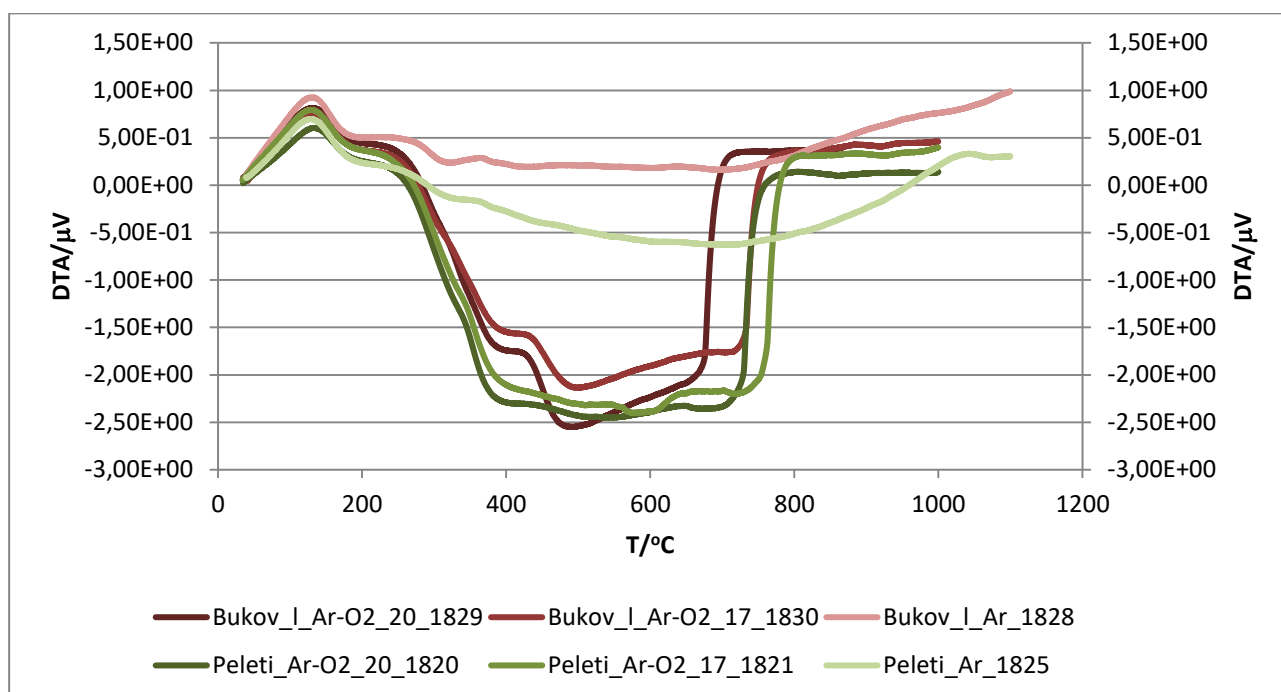


Diagram 17: Primerjava toplotnih sprememb pri termičnem razkroju bukovega lesa in peletov iglavcev v različnih atmosferah

V nadaljevanju bodo predstavljena in obrazložene ugotovitve sproščanja vodne pare, ogljikovega dioksida in ogljikovega oksida pri meritvah dveh trdnih goriv v različnih atmosferah.

Na diagramu 18 so prikazane krivulje sproščanja vodne pare ($m/e = 18$), ki je nastajala pri segrevanju vzorca bukovega lesa v dveh oksidativnih in inertni atmosferi. Iz rezultatov lahko razberemo, da je sproščanje vode pri temperaturi pod 200 $^{\circ}\text{C}$ podobno pri vseh meritvah ne glede na atmosfero in odraža podoben delež vlage v različnih delcih vzorca bukovega lesa. Iz meritev v oksidativni atmosferi je razvidno, da je količina sproščene vodne pare v atmosferi z nižjo koncentracijo kisika nekoliko nižja kot v atmosferi z 20 vol. % oksidanta. Iz rezultatov sproščanja vodne pare v inertni atmosferi je razvidno, da vodna para nastaja tudi pri pirolizi bukovega lesa v inertni atmosferi. Povišana delež vodne pare v oksidativni atmosferi je posledica zgorevanja snovi, ki vsebujejo vodikove gradnike.

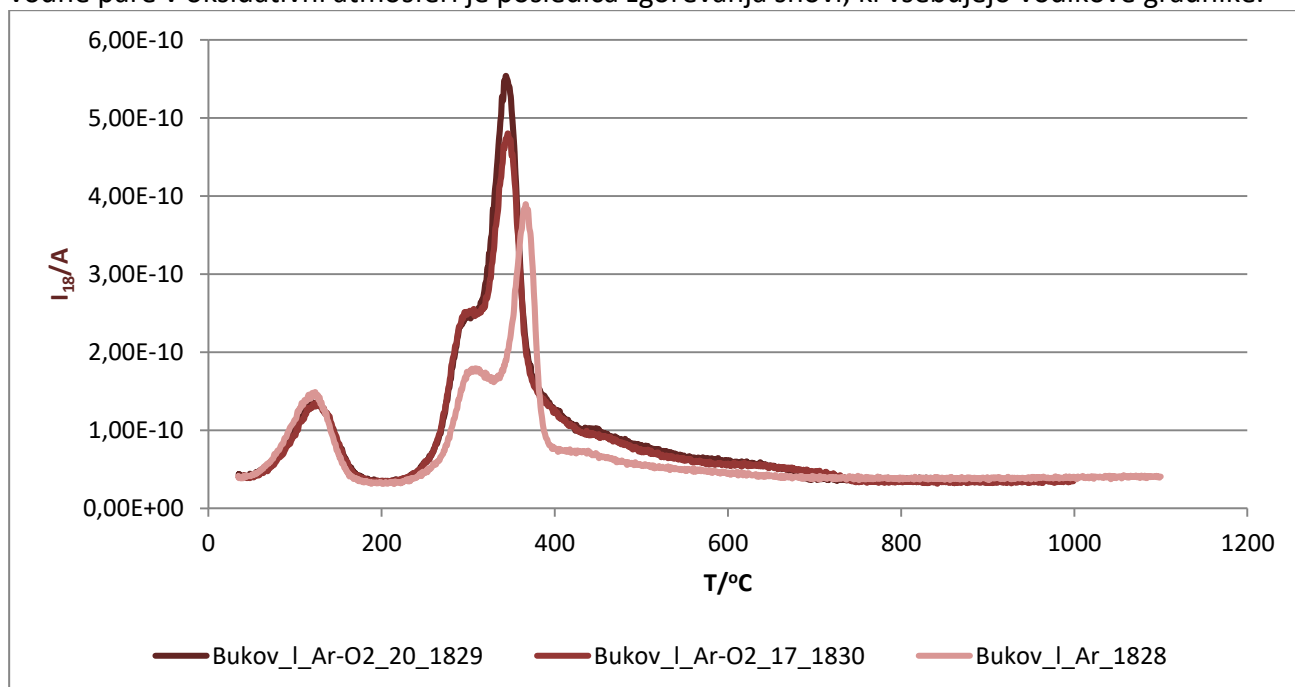


Diagram 18: Sproščanje vode pri EGA meritvah vzorca bukovega lesa v različnih atmosferah

Na diagramu 19 so prikazane krivulje sproščanja vodne pare ($m/e = 18$), ki je nastajala pri segrevanju vzorca Peleti iglavcev v dveh oksidativnih in inertni atmosferi. Iz rezultatov lahko razberemo, da je sproščanje vode pri temperaturi pod 200 °C podobno pri vseh meritvah ne glede na atmosfero in odraža podoben delež vlage v različnih delcih vzorca Peleti iglavcev. Iz meritev v oksidativni atmosferi je razvidno, da je količina sproščene vodne pare v atmosferi z nižjo koncentracijo kisika nekoliko nižja kot v atmosferi z 20 vol. % oksidanta. Iz rezultatov sproščanja vodne pare v inertni atmosferi je razvidno, da vodna para nastaja tudi pri pirolizi bukovega lesa v inertni atmosferi. Povišana delež vodne pare v oksidativni atmosferi je posledica zgorevanja snovi, ki vsebujejo vodikove gradnike.

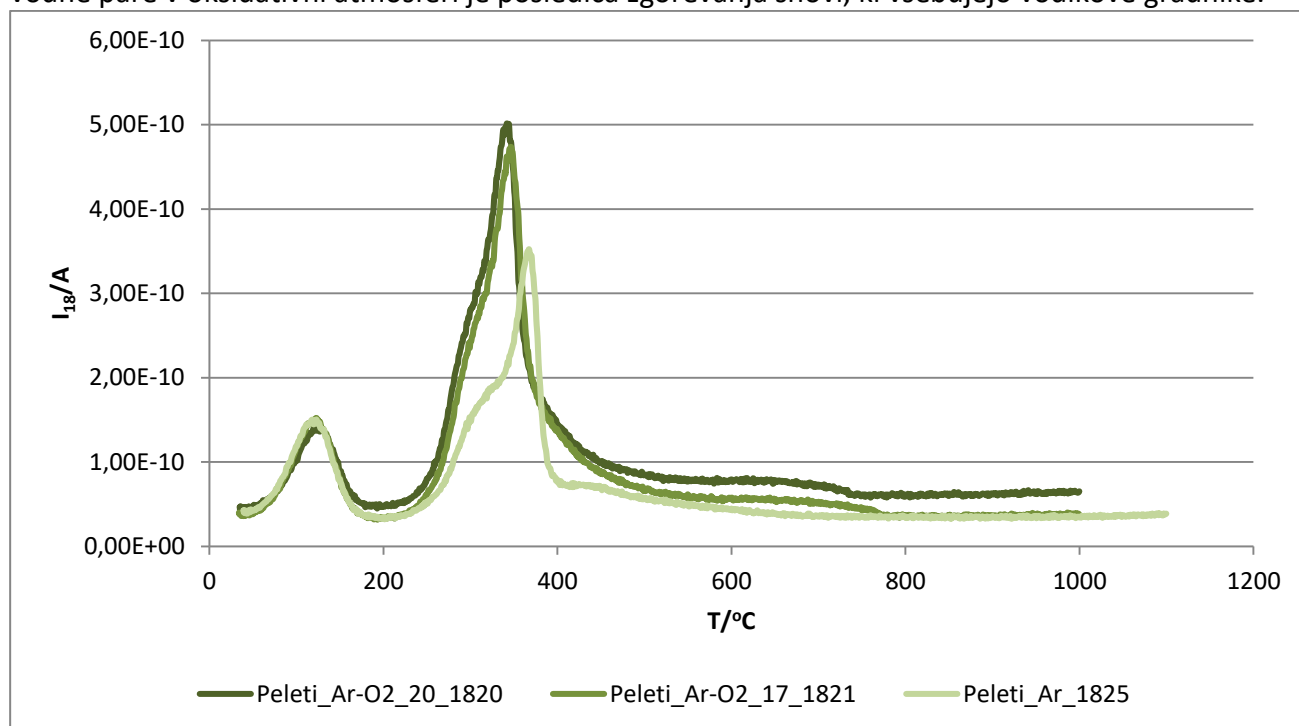


Diagram 19: Sproščanje vode pri EGA meritvah vzorca Peleti iglavcev v različnih atmosferah

Na diagramu 20 so prikazane krivulje sproščanja ogljikovega dioksida ($m/e = 44$) pri termični obdelavi dveh trdnih goriv v dveh različnih oksidativnih atmosferah in v inertni atmosferi. Iz rezultatov je razvidno, da ogljikov dioksid prične nastajati pri temperaturah nad 200 °C, manjši delež ogljikovega dioksida nastane pri pirolizi goriva v inertni atmosferi, večina pa ga nastane kot posledica zgorevanja s kisikom, predvsem v temperaturnem območju nad 360 °C. Iz rezultatov nastajanja ogljikovega dioksida je razvidno, da je bukov les termično manj obstojen, zgore pri nižji temperaturi kot peleti. Vpliv znižane koncentracije kisika v nosilnem plinu je bolj očiten pri vzorcu bukovih polen (razlika okoli 55 °C) kot pri peletih iglavcev (razlika okoli 35 °C).

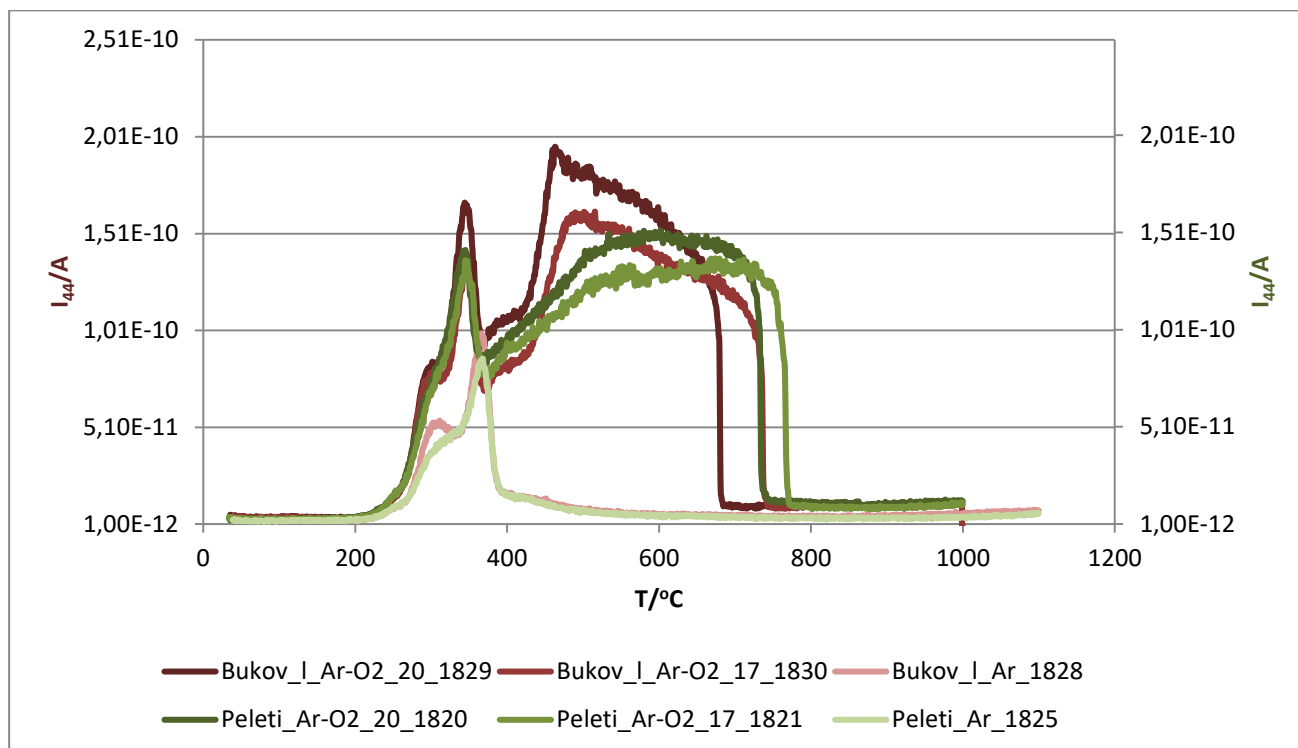


Diagram 20: Nastajanje ogljikovega dioksida pri vzorcu bukov les in peleti v različnih atmosferah

Na diagramih 21 in 22 so prikazane krivulje sproščanja ogljikovega (mon)oksida ($m/e = 28$) pri termični obdelavi vzorcev bukovnega lesa in peletov iglavcev. Iz rezultatov je razvidno, da ogljikovega oksida nastaja pri termični obdelavi trdnih goriv ne glede na vzorec ali vrsto atmosfere. Količina nastalega plina je manjša v inertni atmosferi, v oksidativnih atmosferah je razlika v količini nastalega ogljikovega oksida pri posameznem gorivu iz grafične predstavitve slabo vidna.

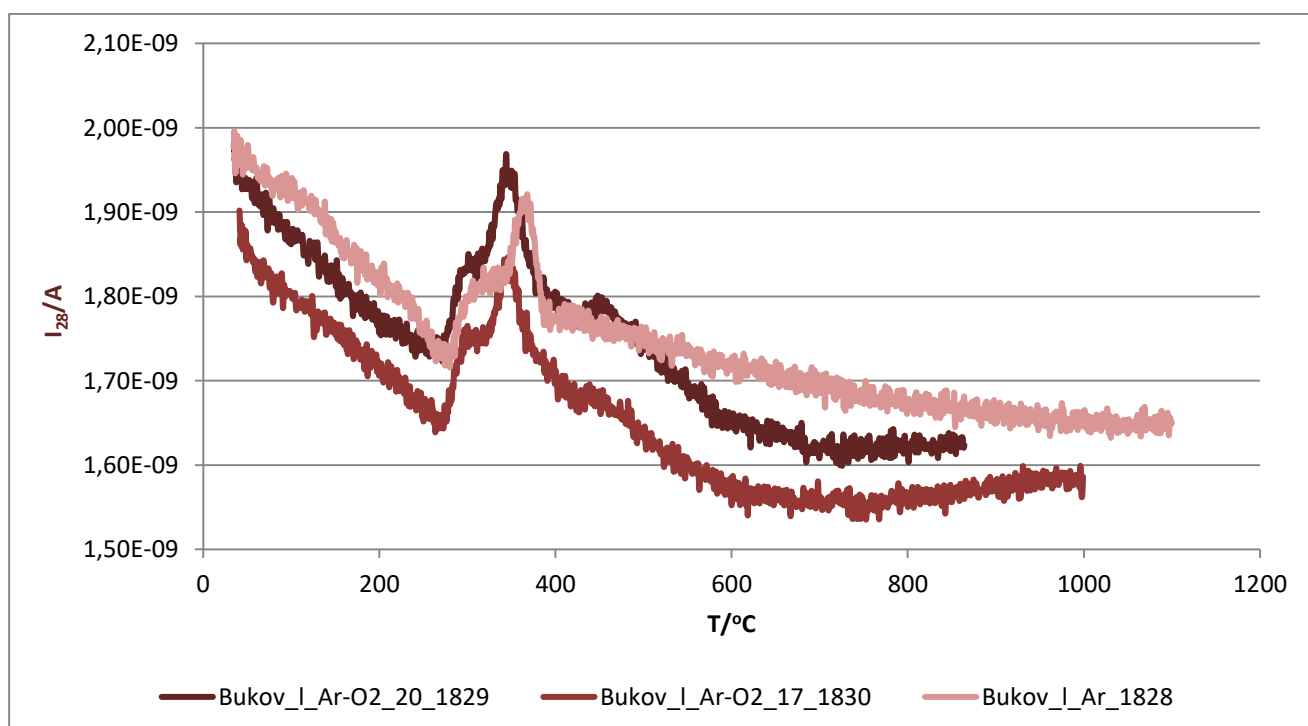


Diagram 21: Nastajanje ogljikovega oksida pri vzorcu bukov les v različnih atmosferah

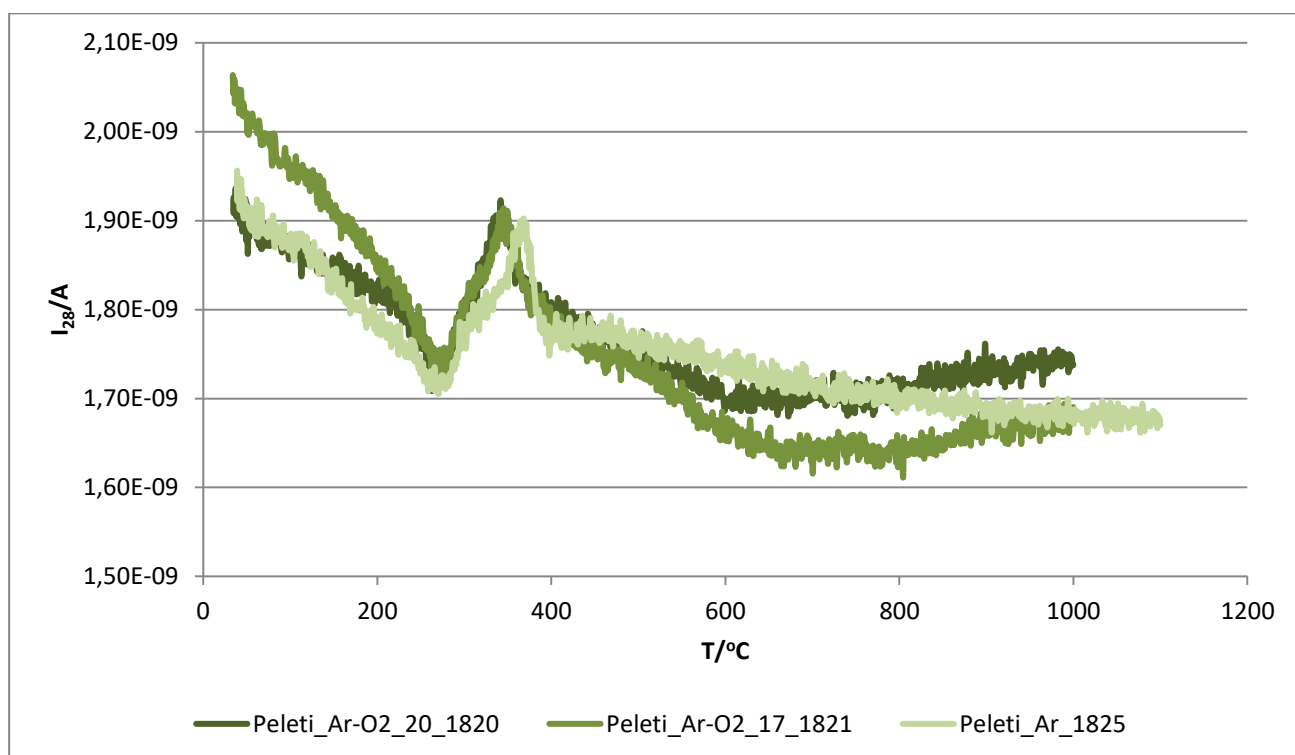


Diagram 22: Nastajanje ogljikovega oksida pri vzorcu Peleti iglavcev v različnih atmosferah

Da bi lahko pojasnili razlike v termični stabilnosti trdnega goriva v različnih atmosferah so v tabeli 6 zapisane ploščine posameznih vrhov sproščenih plinov. Ploščine sem izračunala s pomočjo ustrezne programske opreme Netzsch Proteus, ki omogoča integriranje površin v določenem temperaturnem območju. V tabeli 6 so navedene ploščine vrhov signala 18/H₂O v temperaturne območju pod 200 °C, ki so posledica odhlapevanja vlage (nevezana voda). V tretjem stolpcu je podana ploščina vode, ki se je sprostila nad temperaturo 200 °C, v četrtem stolpcu je podatek o celotno sproščenem ogljikovem oksidu in v petem o sproščenem ogljikovem dioksidu.

Tabela 6: Podatki o količini sproščenih plinov pri termični obdelavi vzorca bukov les in peleti iglavcev v različnih atmosferah

Oznaka meritve	$A_{\text{vlaga}}/A.s$	$A_{\text{H}_2\text{O}}/A.s$	$A_{\text{CO}}/A.s$	$A_{\text{CO}_2}/A.s$
Bukov_I_Ar-O2_20_1829	$30,4 \cdot 10^{-9}$	$253,2 \cdot 10^{-9}$	$170,4 \cdot 10^{-9}$	$323,9 \cdot 10^{-9}$
Bukov_I_Ar-O2_17_1830	$27,2 \cdot 10^{-9}$	$244,6 \cdot 10^{-9}$	$129,1 \cdot 10^{-9}$	$312,2 \cdot 10^{-9}$
Bukov_I_Ar_1828	$30,1 \cdot 10^{-9}$	$148,0 \cdot 10^{-9}$	$86,7 \cdot 10^{-9}$	$43,7 \cdot 10^{-9}$
Peleti_Ar-O2_20_1820	$26,3 \cdot 10^{-9}$	$244,0 \cdot 10^{-9}$	$122,6 \cdot 10^{-9}$	$325,5 \cdot 10^{-9}$
Peleti_Ar-O2_17_1821	$34,1 \cdot 10^{-9}$	$255,9 \cdot 10^{-9}$	$125,9 \cdot 10^{-9}$	$317,6 \cdot 10^{-9}$
Peleti_Ar_1825	$31,5 \cdot 10^{-9}$	$155,2 \cdot 10^{-9}$	$96,4 \cdot 10^{-9}$	$39,6 \cdot 10^{-9}$

Iz rezultatov sproščene vlage lahko ugotovimo, da je bila količina sproščene vlage zelo podobna ne glede na gorivo ali vrsto nosilnega plina. Količina sproščene vode, ki je nastala pri zgorevanju goriva je za 1,7 krat večja kot je količina vode, ki nastane pri pirolizi bukovega lesa oz. 1,6 krat večja kot je količina vode, ki nastane pri pirolizi peletov iglavcev. Pri zgorevanju bukovega lesa v oksidativni atmosferi z 20 % kisika nastane 2 krat več ogljikovega oksida, v atmosferi z znižano koncentracijo kisika pa 1,5 krat več ogljikovega oksida kot pri pirolizi. Pri zgorevanju peletov iglavcev je količina

nastalega ogljikovega oksida 1,3 krat (ne glede na koncentracijo kisika v nosilnem plinu) večja kot pri pirolizi v inertni atmosferi. Količina nastalega ogljikovega dioksida je 7,4 krat večja, če v atmosferi z 20 % kisika zgoreva bukov les in 8,2 krat večja če zgorevajo peleti iglavcev glede na sproščeno količino ogljikovega dioksida pri pirolizi ustreznega goriva. V atmosferi z nižjo koncentracijo kisika se sprosti manj ogljikovega dioksida kot v atmosferi z 20 vol. % kisika.

Sklepne ugotovitve

Opravili smo EGA meritve dveh tipičnih trdnih goriv, ki sta komercialno dostopni v specializirani trgovini, vzorca suh bukov les in peleti iglavcev. Kriterij za izbiro sta bila velika količina prodanega goriva in visoka kakovost goriva.

Analizo sproščenih plinov pri termični obremenitvi (EGA analiza) smo opravili z aparaturo Netzsch STA 449 F3 Jupiter, ki je sklopljena s štiripolnim masnim spektrometrom (QMS) na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Ljubljani. Meritve so bile izvedene v treh atmosferah, oksidativni z 20 vol. % kisika, oksidativni s 17vol. % kisika in v inertni atmosferi v temperaturnem območju od 35°C do 1100 °C.

Vsi zbrani rezultati pri izvedenih meritvah so priloženi poročilu v prilogi in jih je mogoče naknadno proučiti.

Termični razpad se pri obeh vzorcih goriv prične z odhlapevanjem vlage, obe gorivi vsebujeta manj kot 5 % vlage, kar je razvidno iz rezultatov TG in QMS analize.

Odgorevanje goriva v oksidativni atmosferi se prične pri temperaturi nad 230 °C, v kolikor je v nosilnem plinu nižja koncentracija kisika poteka odžig pri višji temperaturi. Bukov les je termično manj stabilen kot les iglavcev, saj je termična dekompozicija popolnoma končana pri temperaturi okoli 670 °C, peleti iglavcev pa so popolnoma razkrojeni pri 750 °C v atmosferi z 20 vol. % kisika.

Obe analizirani gorivi pri sežigu proizvedeta zelo majhno količino pepela, manj kot 2 ut. %. Pri termičnem razkroju v oksidativni atmosferi nastajajo predvsem ogljikov dioksid, vodna para in ogljikov oksid. V kolikor termični razkroj poteka v atmosferi z nižano koncentracijo kisika, proces odgorevanja poteka pri višji temperaturi. Ta efekt je bolj izrazit pri odgorevanju bukovega lesa kot pri lesu iglavcev.

Predpostavke, da v atmosferi z nižano vsebnostjo kisika nastaja večja količina ogljikovega oksida z meritvami nismo mogli potrditi, čeprav je bila količina sproščenega ogljikovega dioksida v atmosferi z nižjo koncentracijo kisika manjša, kot če je odžig potekal v atmosferi z 20 vol. % kisika.

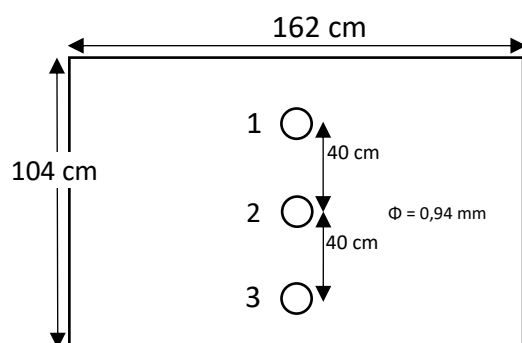
Faza 1.4: Analiza nastajanja CO v zmanjšanem merilu

Opis komore in merilne tehnike za merjenje nastajanja CO

Izdelana komora za opravljanje meritev nastajanja in gibanja CO po prostoru je dimenzij 162 cm × 162 cm × 104 cm (Slika 6). Komoro sestavlja kovinska (Al) konstrukcija in plošče iz negorljivega materiala in polimetilmetakrilata (PMMA). Pokrov, kot tudi dve stranski plošči so iz PMMA, dno komore in dve plošči pa iz negorljivega materiala. Na stranski PMMA plošči, ki je paralelna negorljivi plošči ob kateri je vir goriva, so tri dovodne odprtine za zrak (označene od vrha navzdol z 1, 2, 3) (Slika 7). Na vogalu pokrova v bližini vira goriva je ventilator za odvod zraka (Sliki 6 in 8). Vsi spoji med ploščami so silikonsko zatesnjeni, pokrov komore pa je snemljiv. Lokacija vira goriva je na spodnji plošči ob sredinskem delu stranske paralelne negorljive plošče glede na PMMA ploščo z odprtinami za dovod zraka.

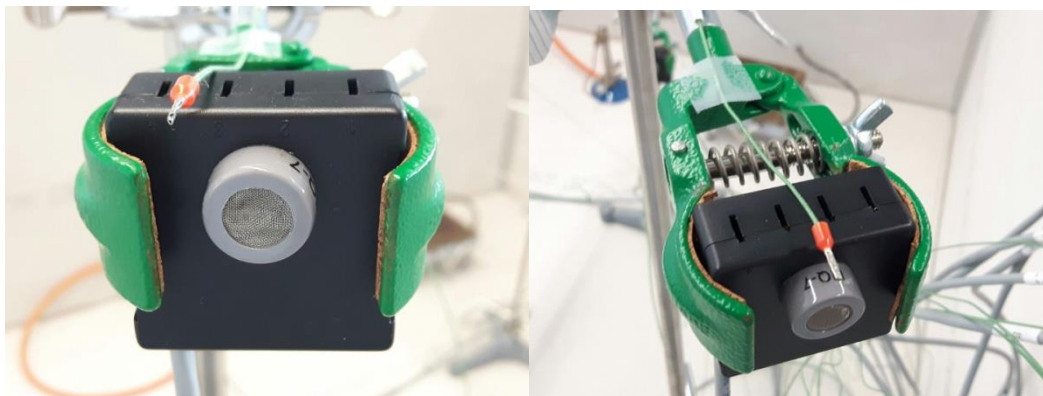


Slika 6: Komora za opravljanje meritev nastajanja in gibanja CO po prostoru, merjenje temperature in ostalih izbranih parametrov pri gorenju različnih goriv pri različnih pogojih



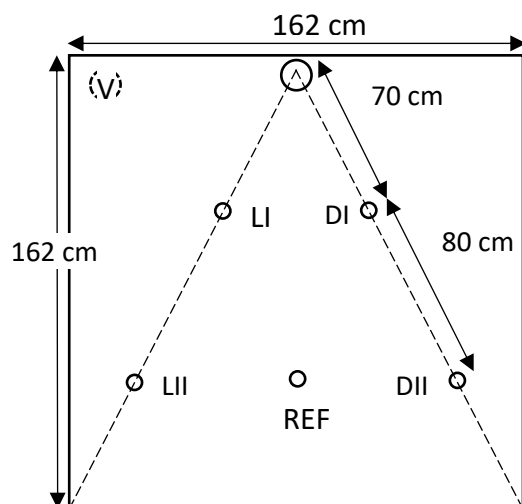
Slika 7: Skica stranskega pogleda na ploščo komore s tremi odprtinami dovoda zraka ($\varphi=0,94 \text{ mm}$)

V komori so nameščena štiri trinožna stojala na katerih so s prižemami in mufami pritrjeni po trije elektroporovni senzori CO (Henan Hanwei Electronics; merilni obseg 20÷2000 ppm, merilna negotovost < 2 %, odzivni čas 150 s) in trije termopari tipa K (miniaturna žična izvedba, razred merilne negotovosti 1 po IEC584-2, teflonska izolacija do 205 °C) (Slika 8).

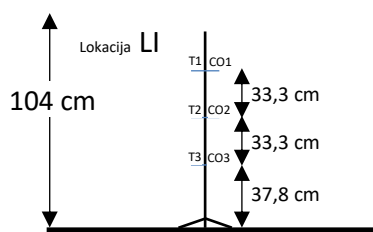


Slika 8: Elektro-uporovni senzor CO in termočlen tipa K

Lokacije trinožnih stojal so označene z LI, DI, LII, DII in REF (Slika 9). Na sredini je peto trinožno stojalo na katerem je pritrjen referenčni senzor za CO (Metrel, območje do 500 ppm, merilna negotovost $5\% \pm 5\text{ ppm}$, odzivni čas <math>< 30\text{ s}</math>, delovno temperaturno območje 0-50 °C) in referenčna temperaturna sonda tipa Pt100 (Elpro, razred merilne negotovosti A, potopni 200 mm, teflonska izolacija do 200 °C) (Slika 9). Način označevanja senzorjev po lokaciji trinožnega stojala poteka od vrha navzdol in je za primer lokacije LI po višinskih nivojih od vrha navzdol sledeč: T1/CO1, T2/CO2, T3/CO3 (Slika 10).



Slika 9: Skica postavitve trinožnih stojal v komori



Slika 10: Skica postavitve senzorjev na trinožna stojala (Primer za lokacijo LI)

Oprema in pripomočki

- Merilni sistem, proizvajalec Agilent/Keysight, model 34972A
- 12 miniaturnih elektroporovnih senzorjev za meritve vsebnosti CO v zraku, proizvajalec Henan Hanwei Electronics; merilni obseg 20÷2000 ppm, merilna negotovost < 2 %, odzivni čas 150 s ,
- 12 termoparov tip K za meritve temperature, proizvajalec Elpro (miniaturna žična izvedba, razred merilne negotovosti 1 po IEC584-2, teflonska izolacija do 205 °C),
- Temperaturna sonda Pt100 (Elpro, razred merilne negotovosti A, potopni 200 mm, teflonska izolacija do 200 °C)
- Sonda Metrel (elektrokemijski princip, območje do 500 ppm, merilna negotovost < 5 % ± 5 ppm, odzivni čas < 30 s, delovno temperaturno območje 0-50 °C)
- Osebni prenosnik z prednaloženimi licenčnimi programi, OS Windows, programska oprema izdelana glede na zahtevane meritve
- Grelna plošča < 500 °C
- Bunsenov gorilnik (regulacija vrste zgorevanja difuzijski plamen/predhodno premešani plamen)
- Platinasta posoda
- Tehtnica Kern KB, d=0,01g, max. 3600g
- Ventilator za odvod zraka
- digestorij
- Pokrivala za odprtine dovoda zraka
- Vir vžiga (komercialni vžigalnik)
- Plinska zmes Ar – CO, vsebnost CO 400 ppm ostalo Ar 5.0
- Plinska zmes Ar – CO, vsebnost CO 150 ppm ostalo Ar 5.0

Potek meritev

Meritve so bile izvedene v ciklih po 150 s (zajemanje podatkov). Pri posamezni meritvi koncentracij CO se v sklop 10 ali 20 ciklov doda 4 cikle, kjer se v prvih 3 ciklih posname Baseline (BL), 4 cikel pa je namenjen nastavitvi in vžigu oziroma vpihu vira goriva. Kot ničelno vrednost se vzame začetek 5 cikla oziroma dobljena vrednost cikla. Predvidena scenarija meritev sta dva:

1. Odprta spodnja loputa za dovod zraka - odprta loputa vklopljenega ventilatorja
2. Komora je zaprta

-Vpihovanje hladnega CO iz jeklenk 150 ppm in 400 ppm

Na reducirnem manometru jeklenke je nastavljen izhodni tlak na 0,2 bar (pretok na ustju cevi cca. 2000l/h), ki se preko polietilenskega voda vpihuje vertikalno proti stropu. Ustje cevi je nameščeno na višini 10 cm. Meritev se za oba scenarija posamezno izvaja 20 ciklov + dodatni 4 cikli.

-Trdna goriva: bukev, leseni peleti

Trdno gorivo mase $m_0=40\pm 0,5$ g zatehtamo v platinasto posodico, trdno gorivo izpostavljamo viru vžiga ~ 2 min in posodico postavimo na grelno ploščo segreto na 400 °C. Za vsak tip goriva opravimo meritve v posamezni fazi v trajanju 10 ciklov + dodatni 4 cikli.

-Bioetanol

V platinasto posodico zatehtamo $40\pm 0,5$ g bioetanola, ki jo postavimo na izklopljen grelnik. Meritev izvajamo v trajanju 10 ciklov + dodatni 4 cikli.

-Propan butan

»Camp« gorilnik odpremo na četrtno ga prižgemo. Gorilnik postavimo na mesto vira goriva in izvajamo meritve v trajanju 20 ciklov + 4 dodatni cikli.

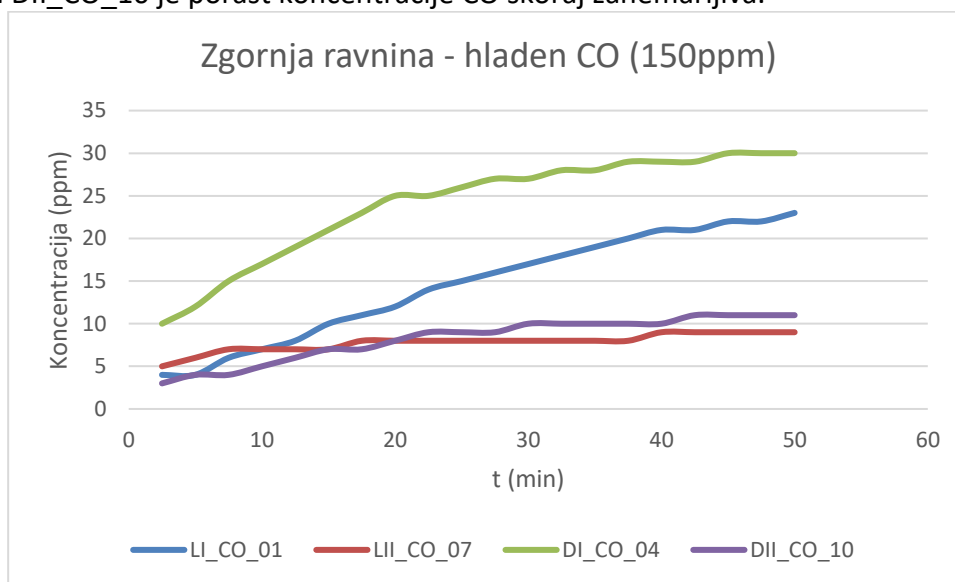
Rezultati meritev

Vpihovanje hladnega CO – 150 ppm

Opravljenе meritve:

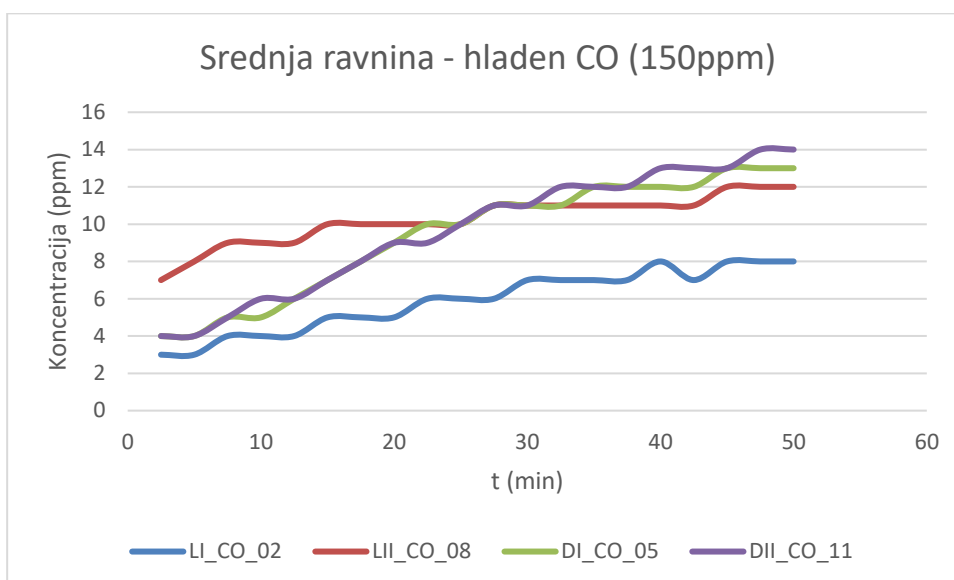
1. Meritev: 25 ciklov – Zaprta dovod, izključen ventilator in zaprta odprtina ventilatorja
2. Meritev: 25 ciklov – Odprt dovod, vključen ventilator

Rezultati 1. meritve CO so prikazani na Slikah 11-17. Slika 11 prikazuje časovno razporeditev CO v zgornji ravnini merilnih mest, to je na merilnih mestih LI_CO_01, DI_CO_04, LII_CO_07 in DII_CO_10. Iz Slike 11 je razvidno, da je najvišja koncentracija CO na mestu DI_CO_04, in je približno 5-10 ppm višja kot na mestu LI_CO_01. Pričakovano je koncentracija CO na mestih, ki sta tlorisno bolj oddaljeni od vira, to je LII_CO_07 in LII_CO_10, manjša. Koncentracija CO s časom ves čas meritve narašča na vseh izbranih merilnih mestih, in to tem bolj, tem bližje je tlorisno merilno mesto viru CO. Na mestih LII_CO_07 in DII_CO_10 je porast koncentracije CO skoraj zanemarljiva.

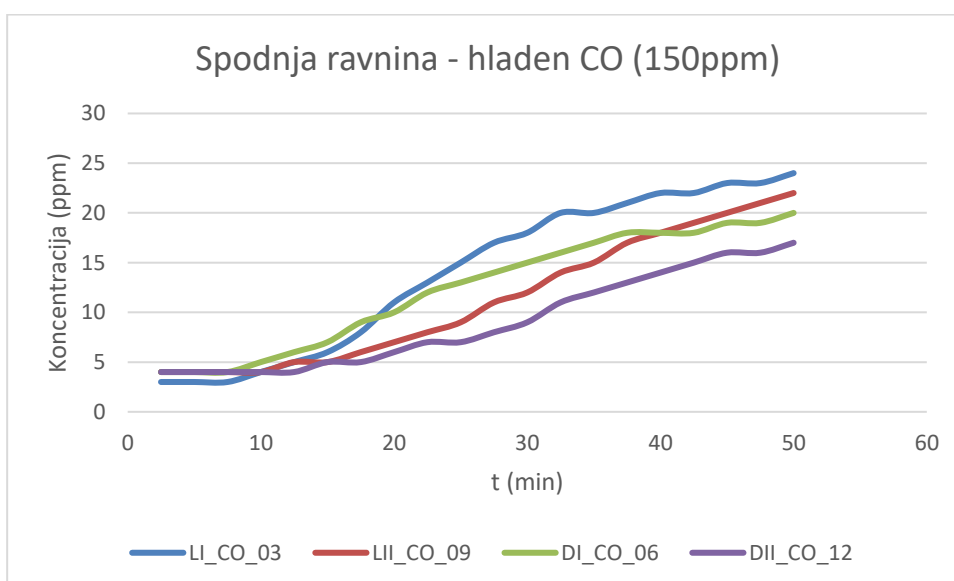


Slika 11: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih zgornje ravnine v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm: zaprt dovod in izključen ventilator

Slika 12 prikazuje časovno razporeditev CO v srednji ravnini merilnih mest. Koncentracija CO je ves čas meritve najnižja na merilnem mestu LI_CO_02. Koncentracija CO je do cca. 25 min najvišja v LII_CO_08, nato pa DII_CO_08. Koncentracija CO ves čas sicer narašča, a zelo počasi, in je nižja kot v zgornji ravnini. Podobno Slika 13 prikazuje časovno spreminjanje CO na merilnih mestih spodnje ravnine. Najvišja vrednost CO je v LI_CO_03 in najnižja v DII_CO_12. Koncentracija s časom na vseh merilnih mestih narašča.

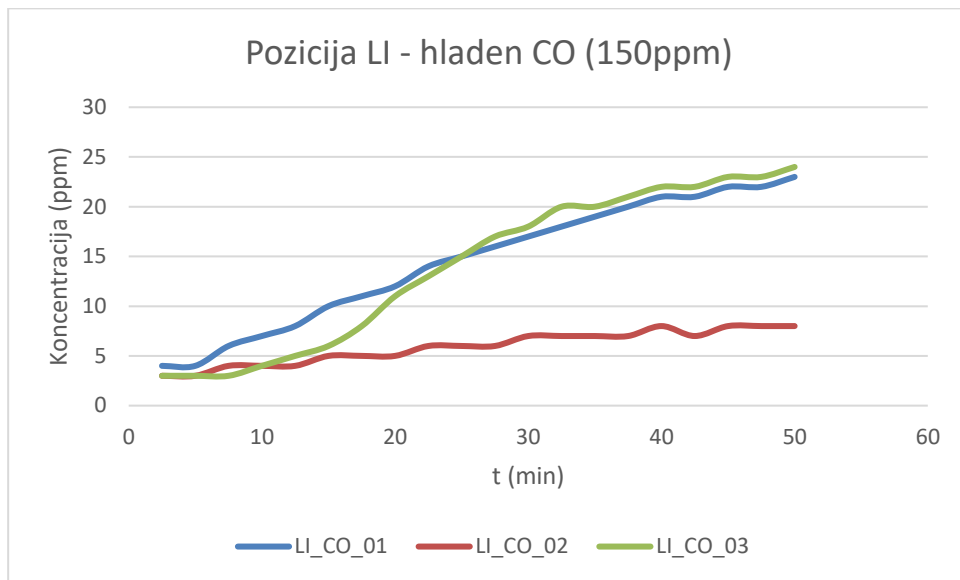


Slika 12: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih srednje ravnine v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm - zaprt dovod in izključen ventilator

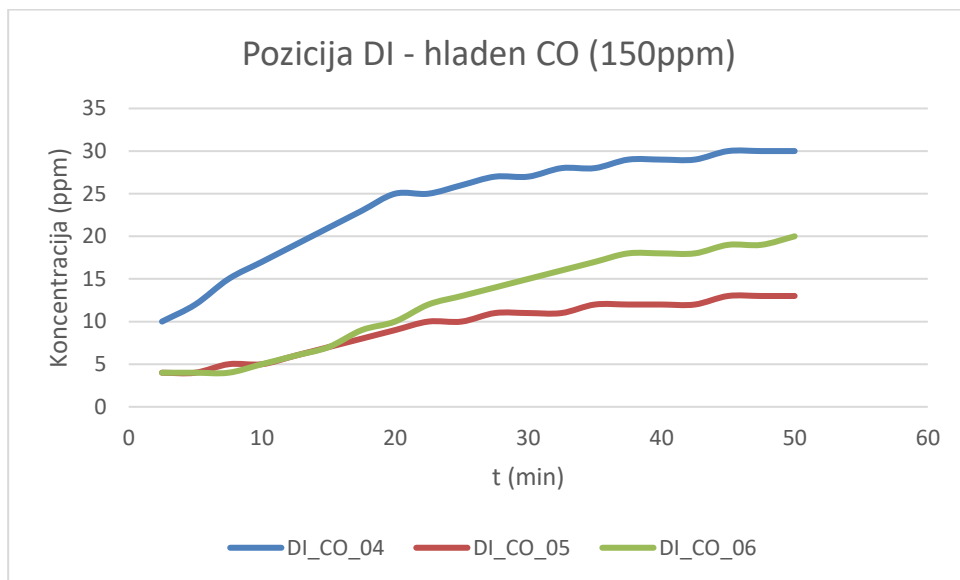


Slika 13: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih spodnje ravnine v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm- zaprt dovod in izključen ventilator

Slika 14 prikazuje časovno razporeditev CO na mestu LI. Vidimo, da je koncentracija CO v spodnjem in zgornjem delu višja kot na sredini. Koncentracija CO je najprej najvišja v najvišji merilni točki, to je v LI_CO_01, nato pa v LI_CO_03. Zanimivo je, da je koncentracija CO na sredini najmanjša in da se s časom skoraj ne spreminja. Na Sliki 15 vidimo, da je v poziciji DI najvišja koncentracija CO v LI_CO_04. Le ta je dosti višja kot na ostalih merilnih mestih DI.

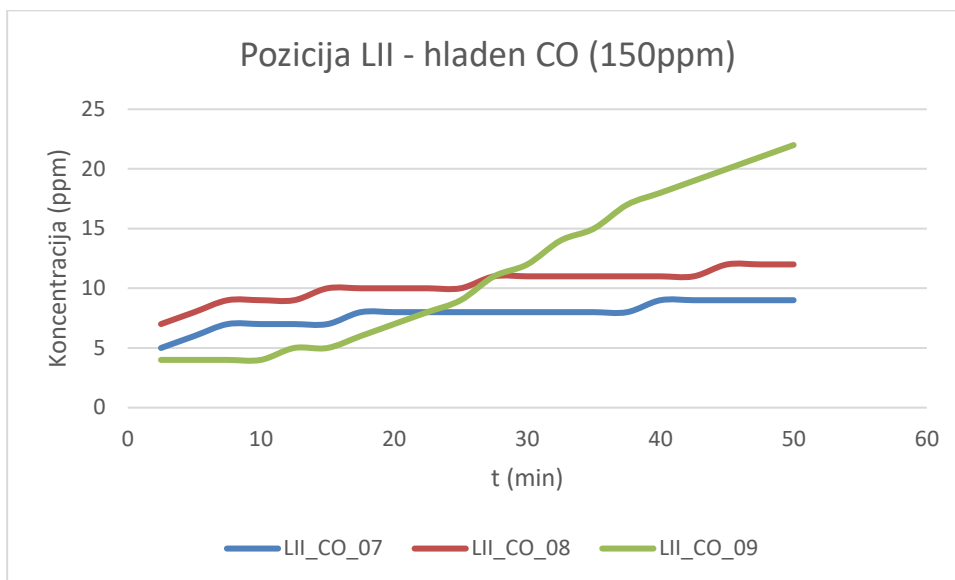


Slika 14: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LI v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm- zaprt dovod in izključen ventilator

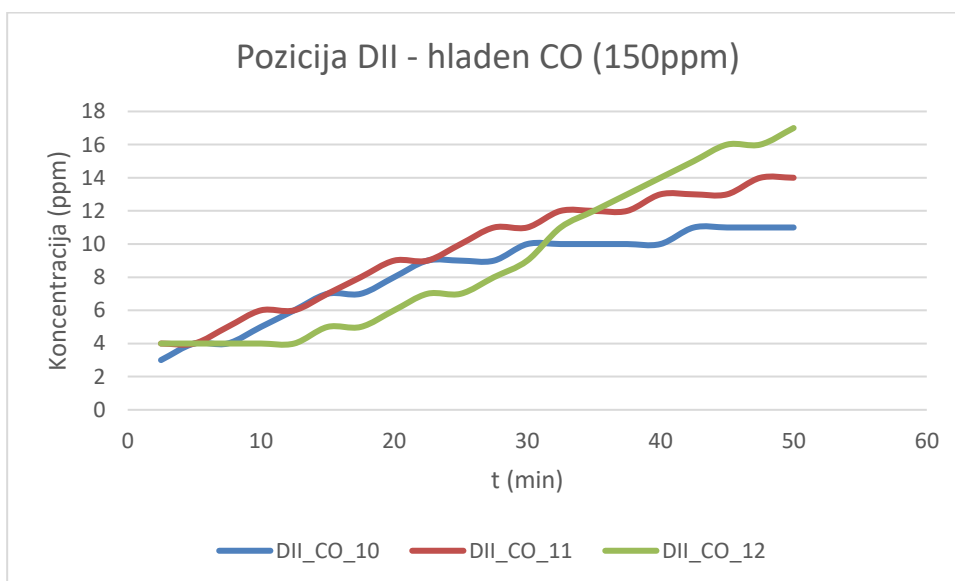


Slika 15: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DI v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm- zaprt dovod in izključen ventilator

Na Sliki 16 vidimo, da je v poziciji LII najvišja koncentracija CO v LII_CO_08, nato pa s časom v LII_CO_09. Podobno v DII (Slika 17) koncentracija CO s časom narašča v vseh merilnih mestih, na koncu merilnega intervala pa je najvišja najnižje in sicer v DII_CO_12.

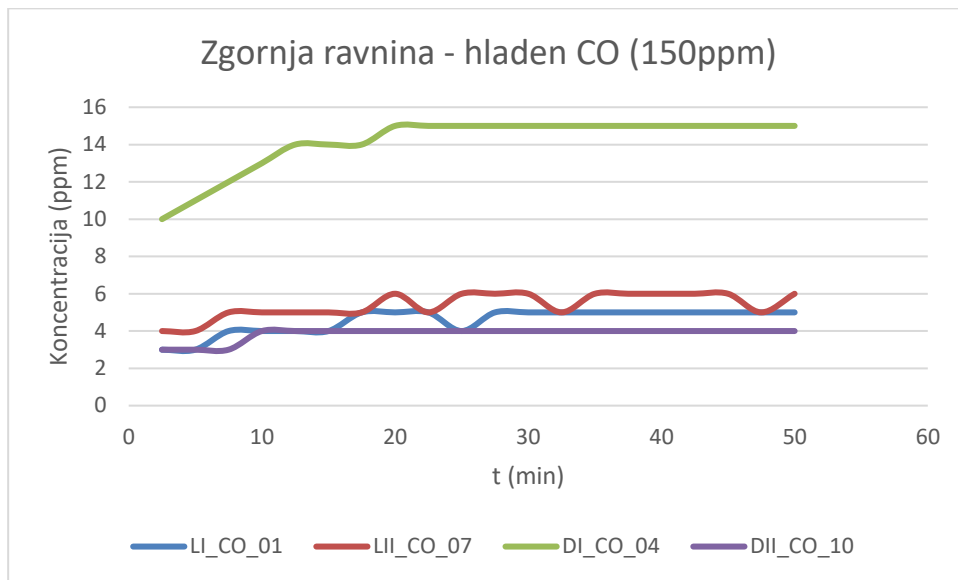


Slika 16: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LII v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm - zaprt dovod in izključen ventilator

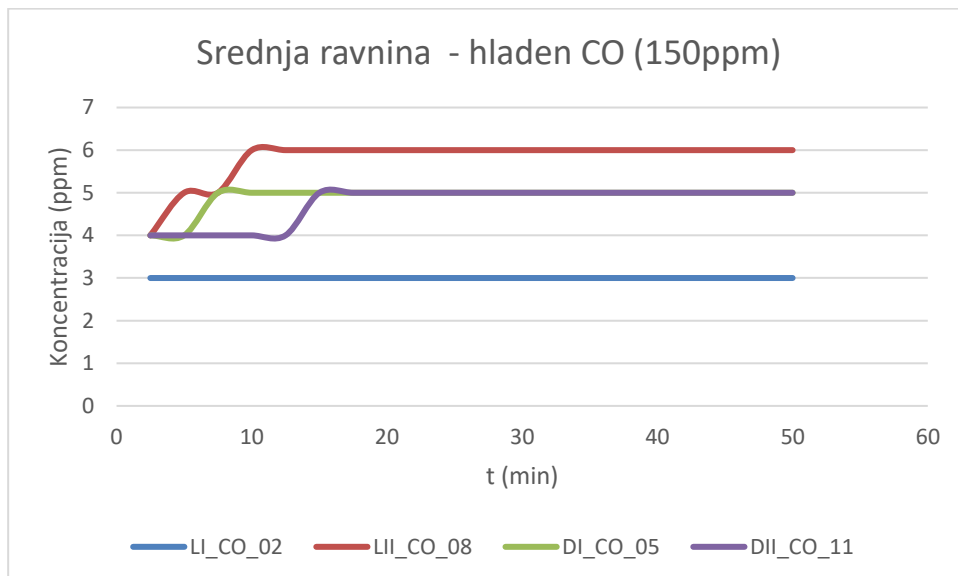


Slika 17: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DII v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm - zaprt dovod in izključen ventilator

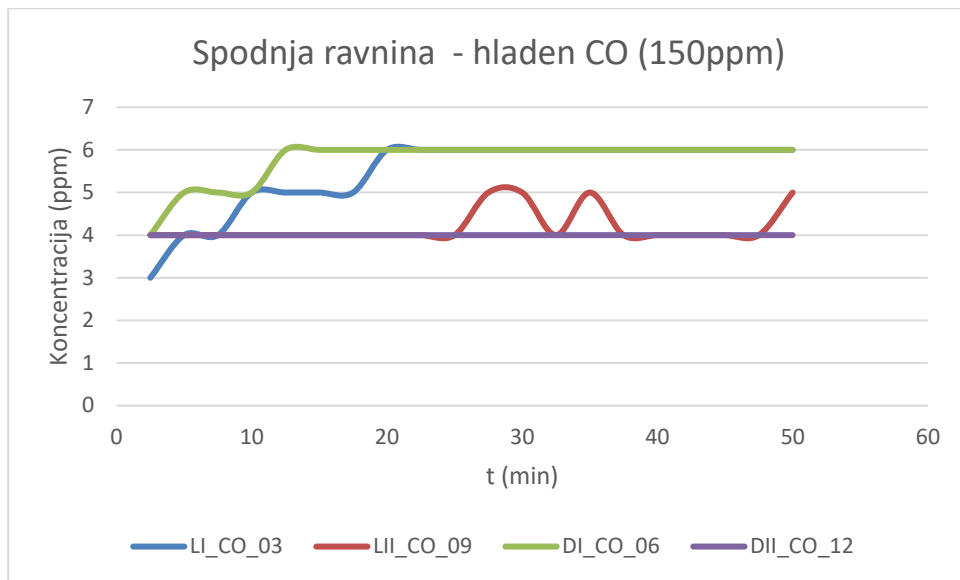
Rezultati 2. meritve CO so prikazani na Slikah 18-24. Slika 18 prikazuje časovno razporeditev CO v zgornji ravnini merilnih mest, to je na merilnih mestih LI_CO_01, DI_CO_04, LII_CO_07 in DII_CO_10 v primeru odprte odprtine in delujočega ventilatorja. Rezultati so zelo podobni kot v primeru zaprte lopute, le vrednosti CO so ustrezno nižje.



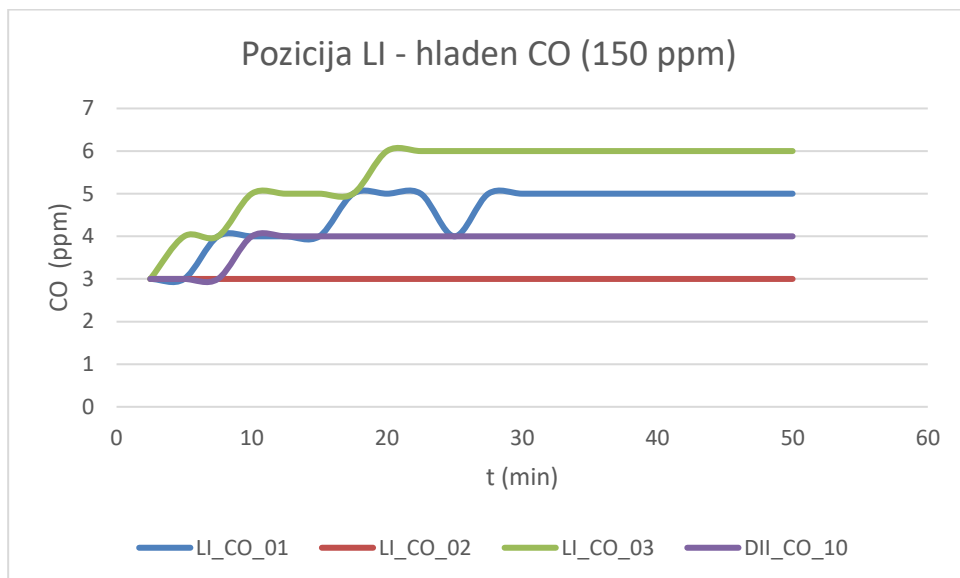
Slika 18: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih zgornje ravnine v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm: odprt dovod in vključen ventilator



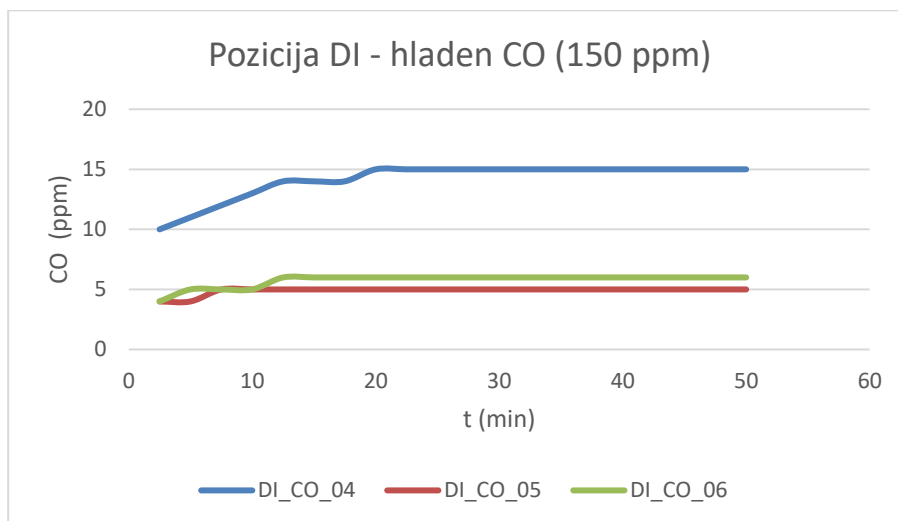
Slika 19: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih srednje ravnine v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm - odprt dovod in vključen ventilator



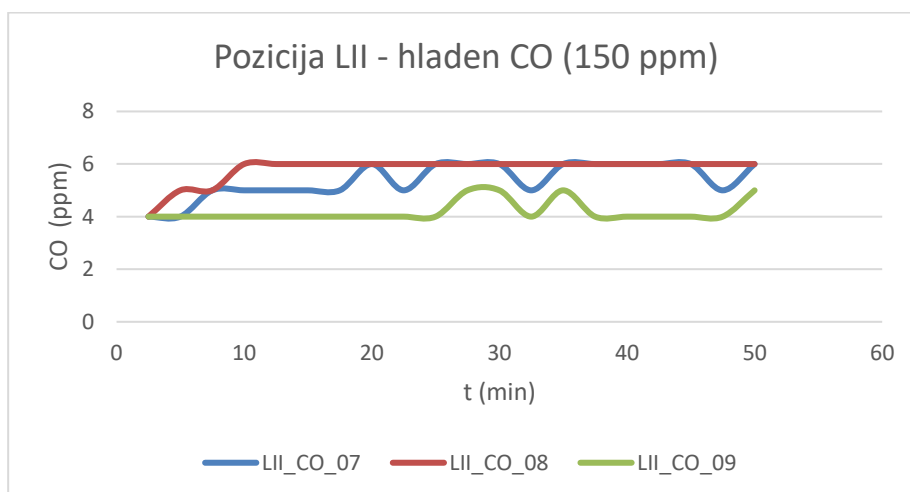
Slika 20: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih spodnje ravnine v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm - odprt dovod in vključen ventilator



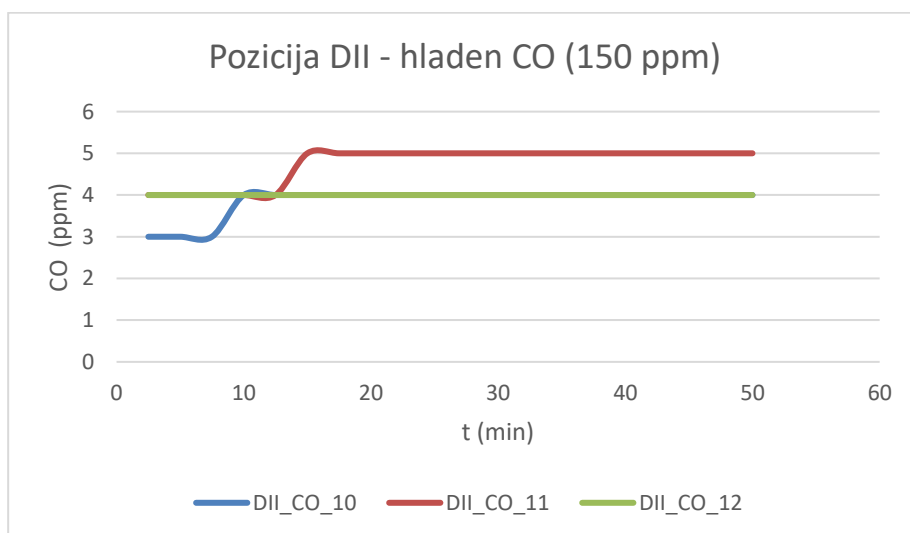
Slika 21: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LI v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm - odprt dovod in vključen ventilator



Slika 22: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DI v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm - odprt dovod in vključen ventilator



Slika 23: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LII v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm - odprt dovod in vključen ventilator



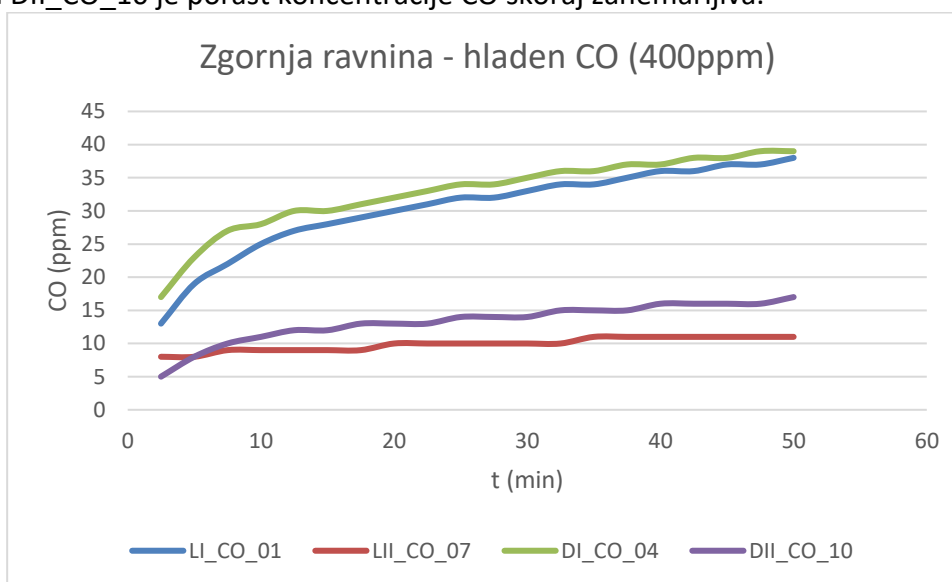
Slika 24: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DII v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm - odprt dovod in vključen ventilator

Vpihovanje hladnega CO – 400 ppm

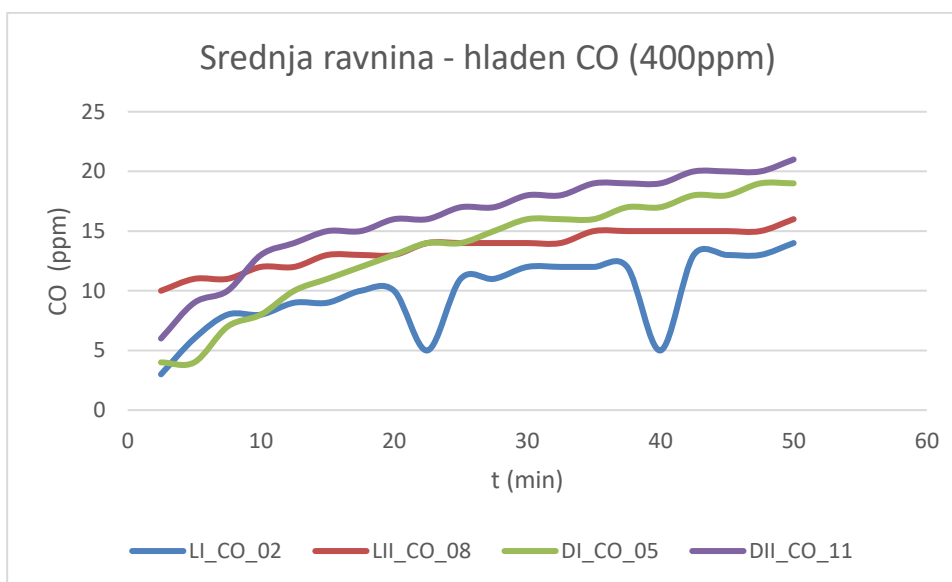
Opravljene meritve:

1. Meritev: 25 ciklov – Zaprta dovod, izključen ventilator in zaprta odprtina ventilatorja
2. Meritev: 25 ciklov – Odprt dovod, vključen ventilator

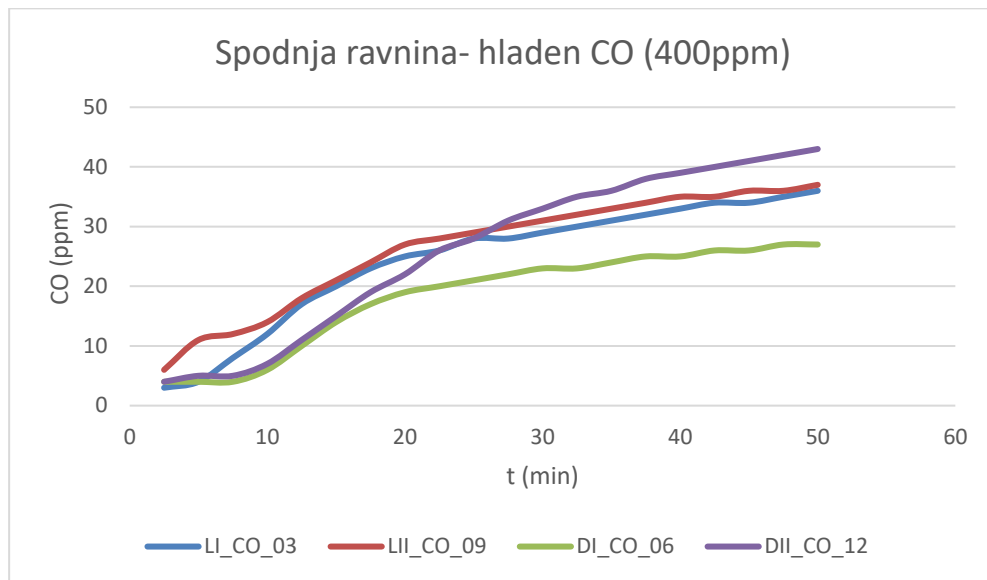
Rezultati 1. meritve CO so prikazani na Slikah 25-38. Slika 25 prikazuje časovno razporeditev CO v zgornji ravnini merilnih mest, to je na merilnih mestih LI_CO_01, DI_CO_04, LII_CO_07 in DII_CO_10. Iz Slike 25 je razvidno, da je najvišja koncentracija CO na mestu DI_CO_04, in je približno 5-10 ppm višja kot na mestu LI_CO_01. Pričakovano je koncentracija CO na mestih, ki sta tlorisno bolj oddaljeni od vira, to je LII_CO_07 in LII_CO_10, manjša. Koncentracija CO s časom ves čas meritve narašča na vseh izbranih merilnih mestih, in to tem bolj, tem bližje je tlorisno merilno mesto viru CO. Na mestih LII_CO_07 in DII_CO_10 je porast koncentracije CO skoraj zanemarljiva.



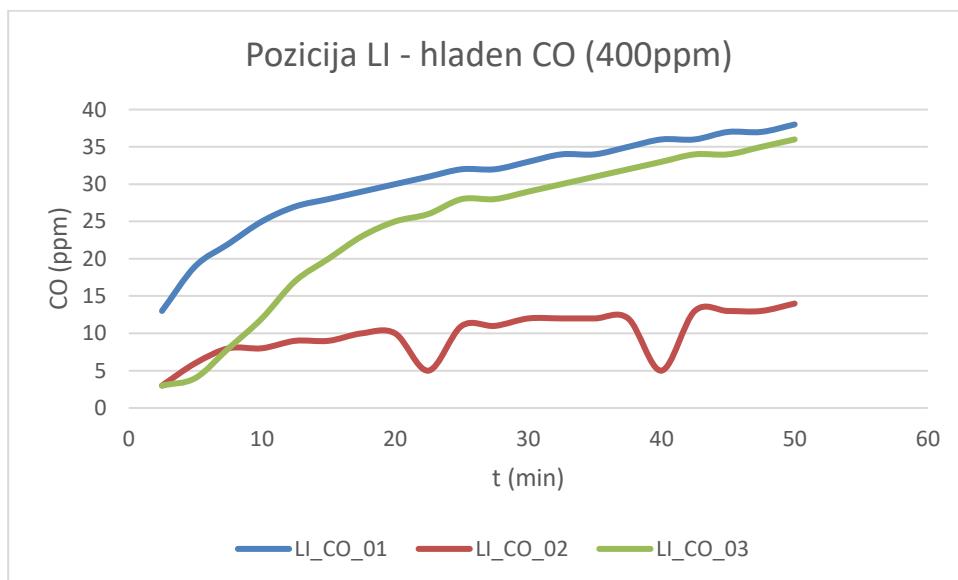
Slika 25: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih zgornje ravnine v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm: zaprt dovod in izključen ventilator



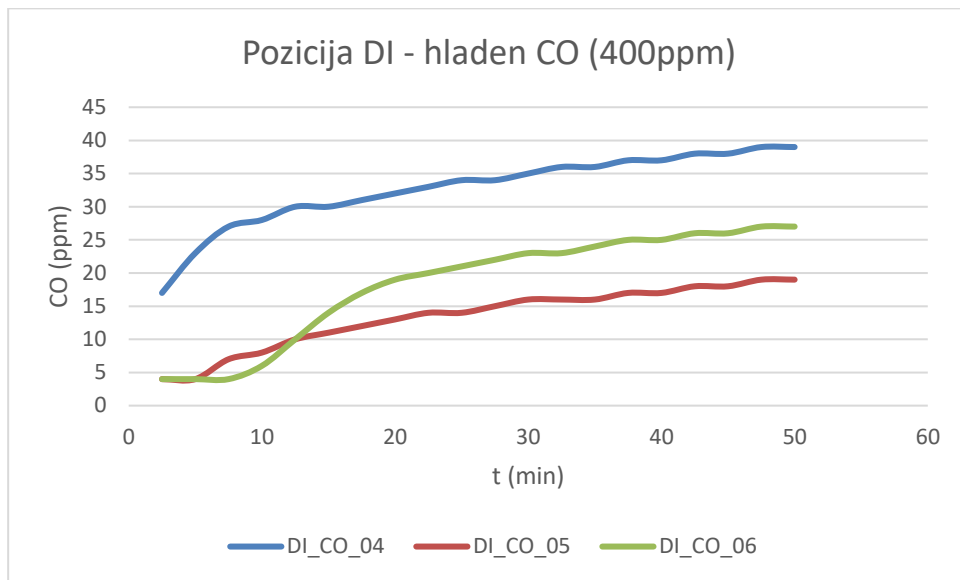
Slika 26: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih srednje ravnine v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm - zaprt dovod in izključen ventilator



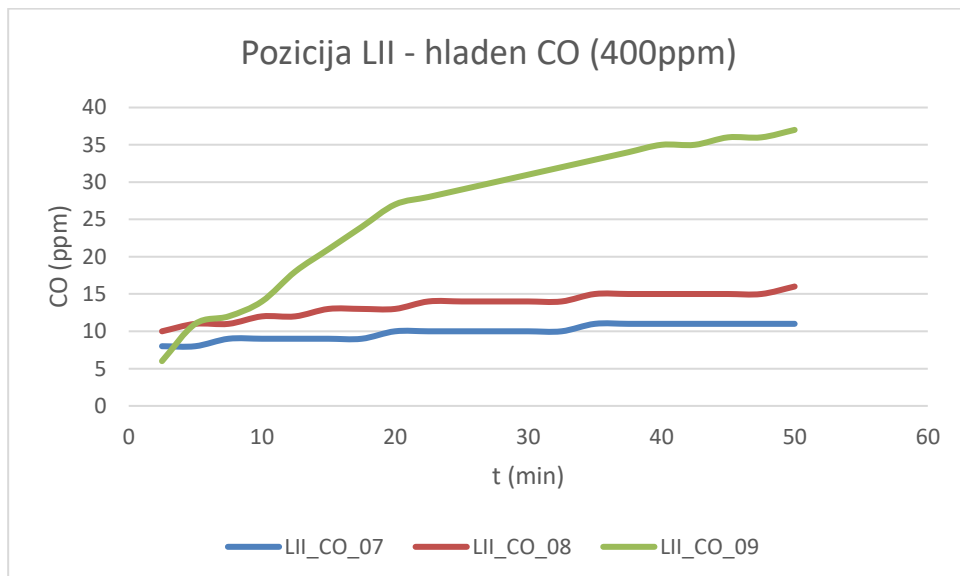
Slika 27: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih spodnje ravnine v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm- zaprt dovod in izključen ventilator



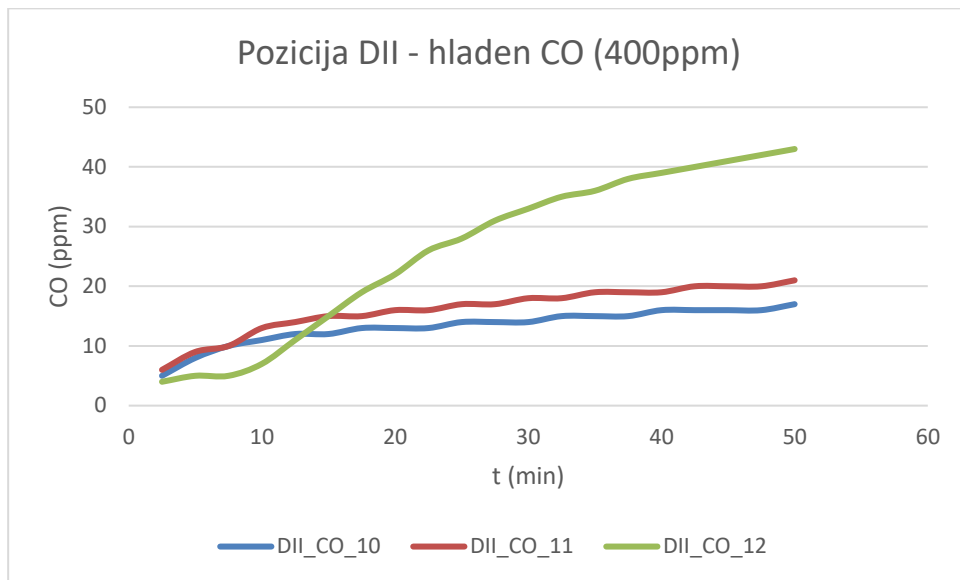
Slika 28: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LI v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm- zaprt dovod in izključen ventilator



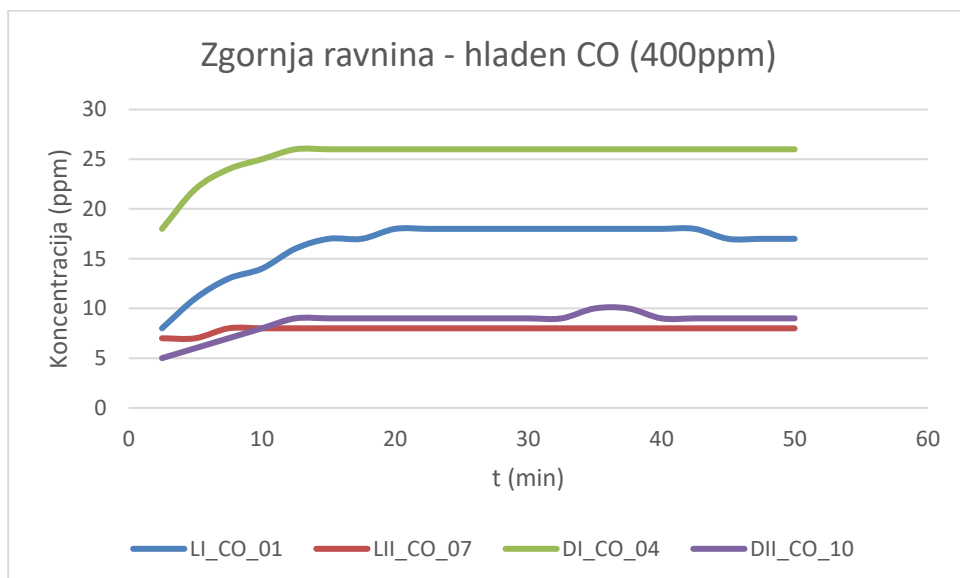
Slika 29: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DI v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm- zaprt dovod in izključen ventilator



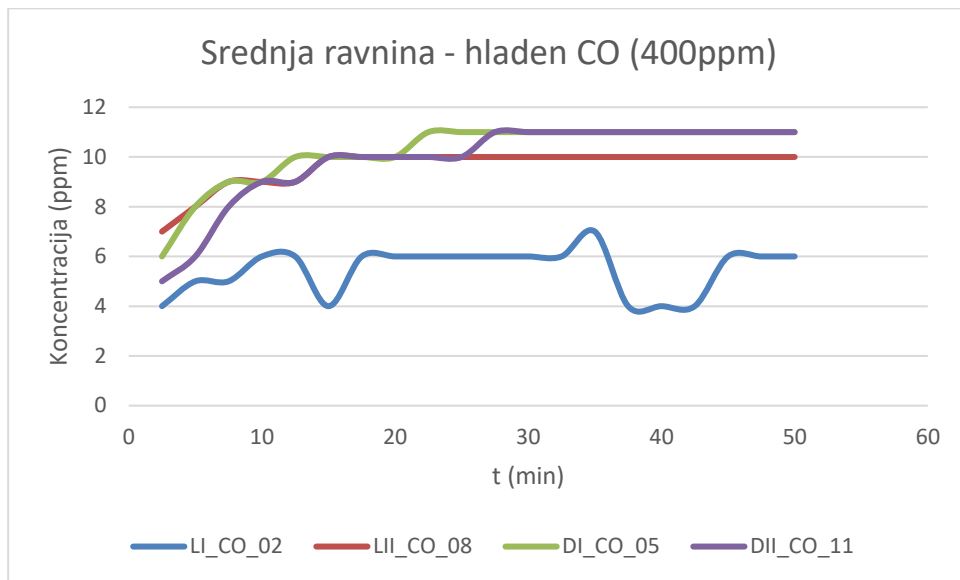
Slika 30: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LII v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm - zaprt dovod in izključen ventilator



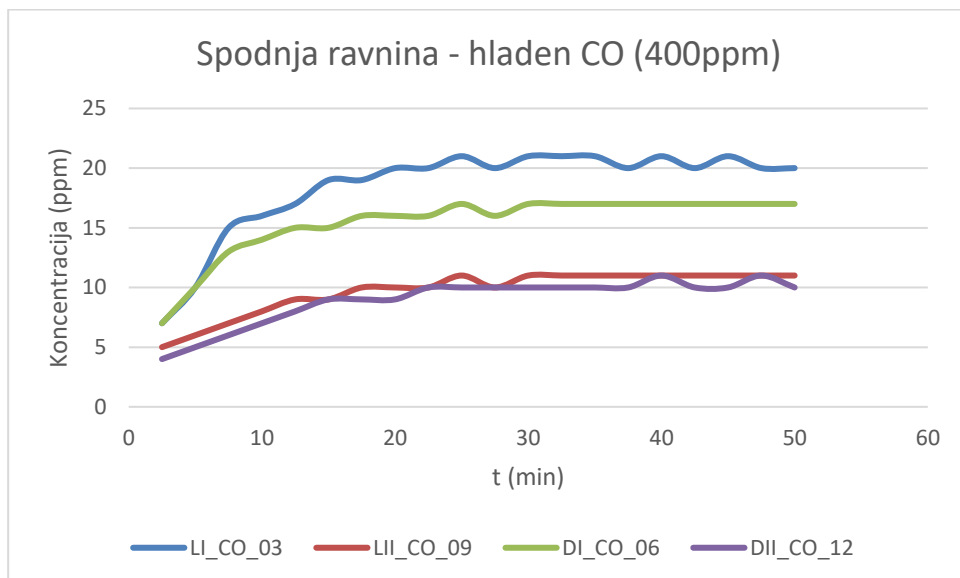
Slika 31: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DII v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm - zaprt dovod in izključen ventilator



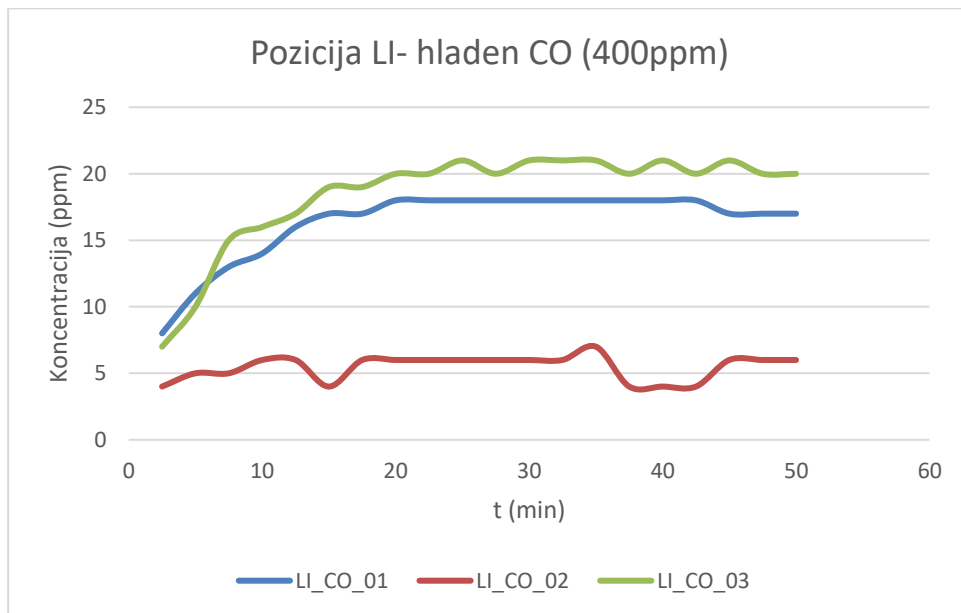
Slika 32: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih zgornje ravnine v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm: odprt dovod in vključen ventilator



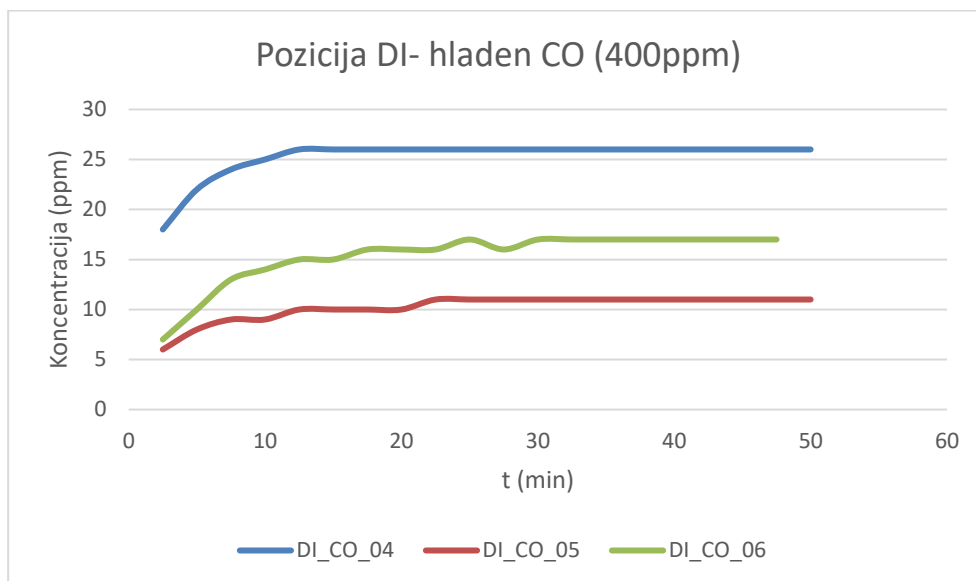
Slika 33: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih srednje ravnine v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm - odprt dovod in vključen ventilator



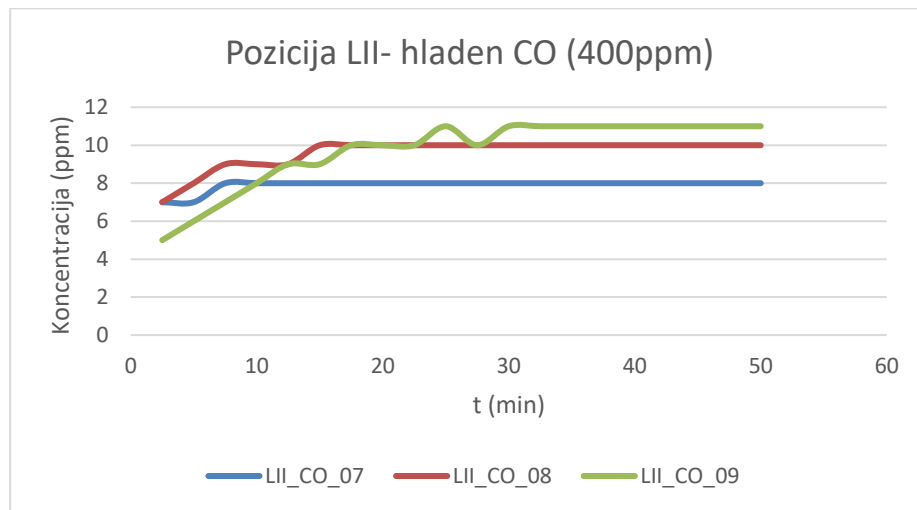
Slika 34: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih spodnje ravnine v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm - odprt dovod in vključen ventilator



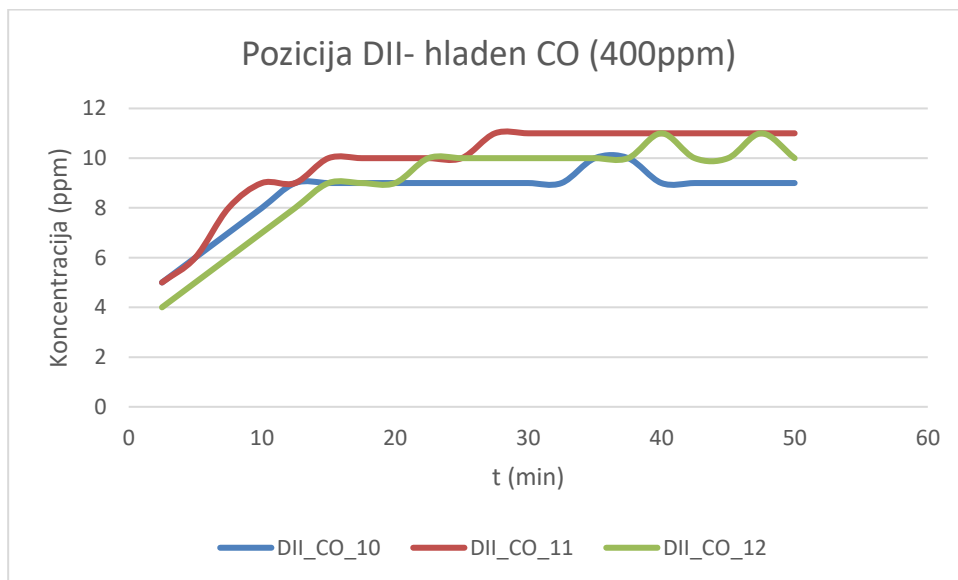
Slika 35: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LI v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm - odprt dovod in vključen ventilator



Slika 36: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DI v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm - odprt dovod in vključen ventilator



Slika 37: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LII v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm - odprt dovod in vključen ventilator



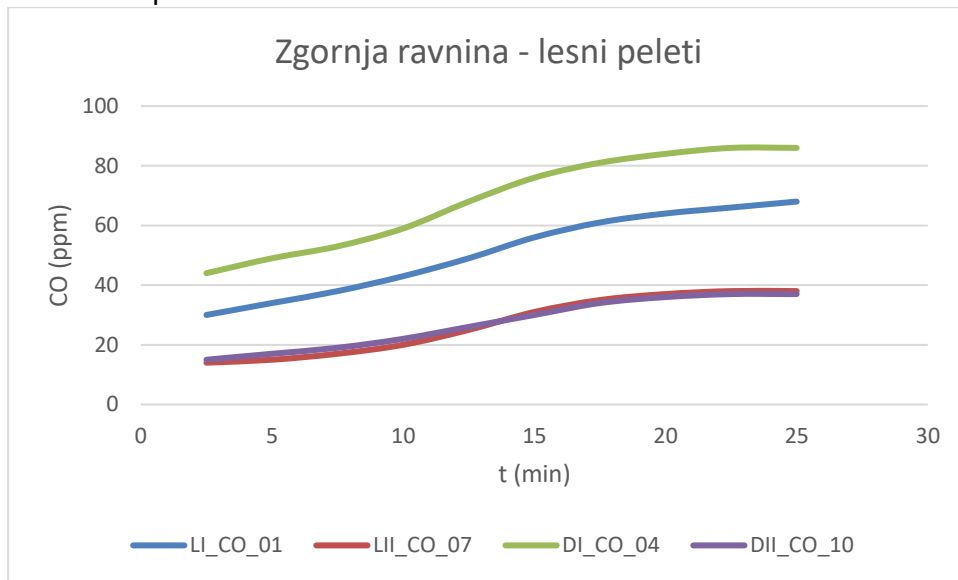
Slika 38: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DII v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm - odprt dovod in vključen ventilator

Lesni peleti (40 g)

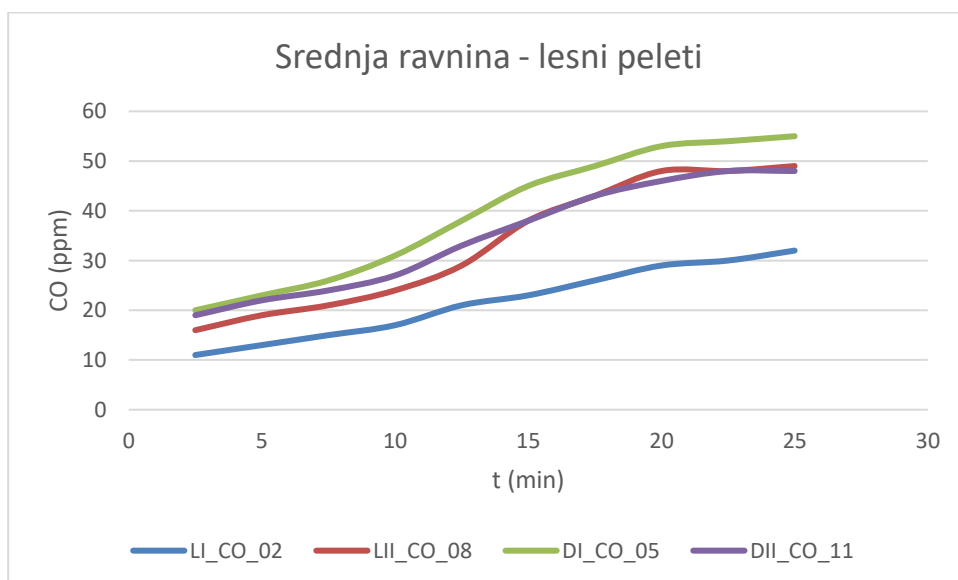
Opravljene meritve:

1. Meritev: 25 ciklov – Zaprta dovod, izključen ventilator in zaprta odprtina ventilatorja
2. Meritev: 25 ciklov – Odprt dovod, vključen ventilator

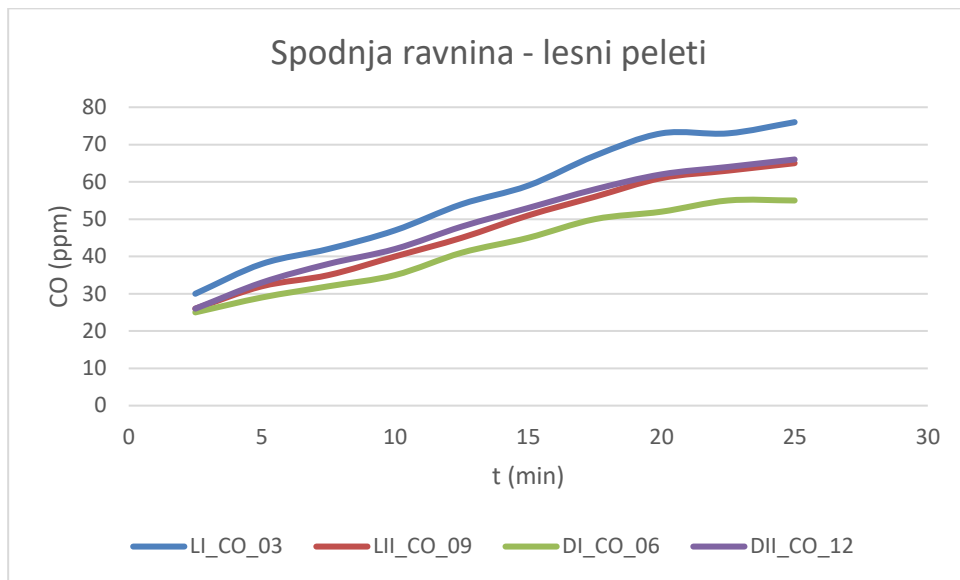
Rezultati meritev CO so prikazani na Slikah 39-52.



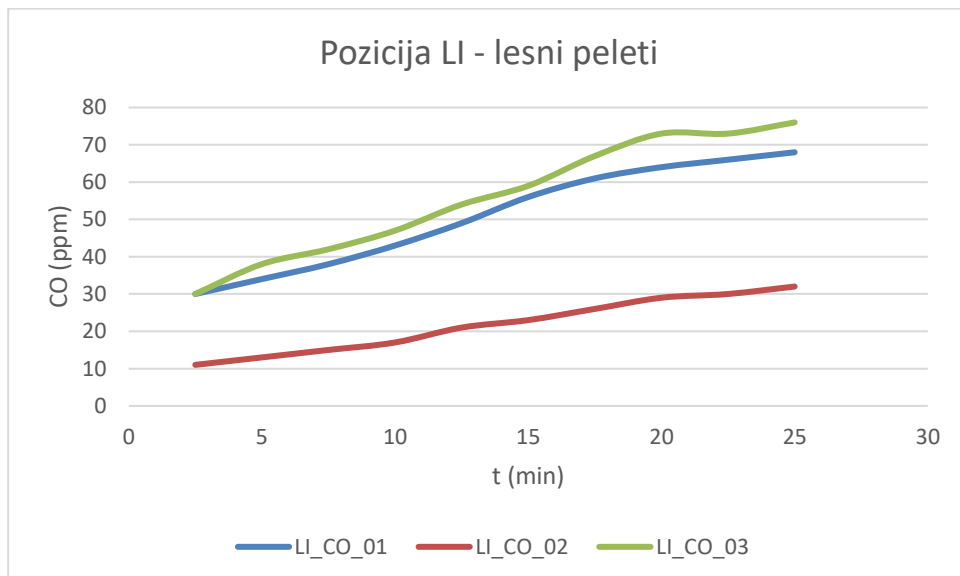
Slika 39: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih zgornje ravnine v primeru gorenja lesnih peletov (40 g) - zaprt dovod in izključen ventilator



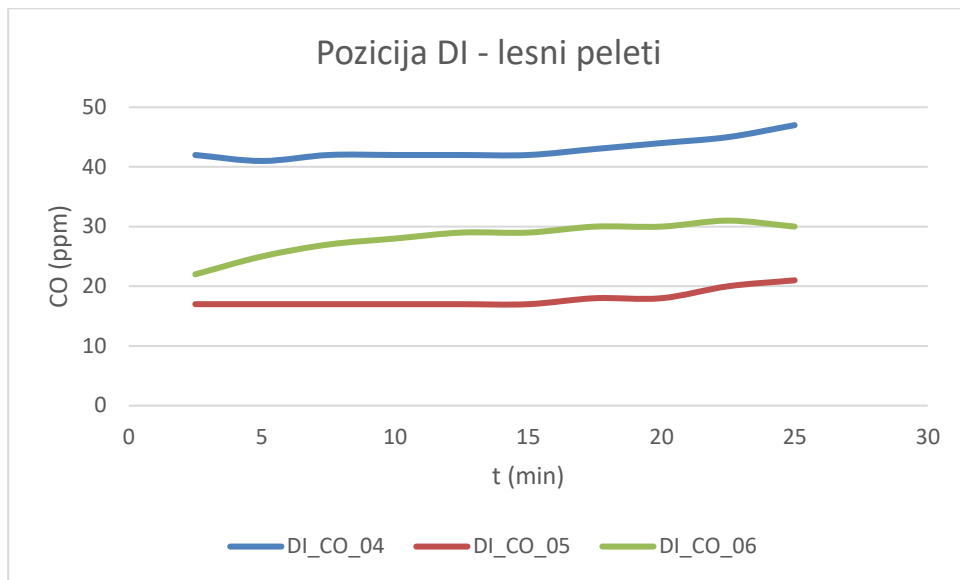
Slika 40: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih srednje ravnine v primeru gorenja lesnih peletov (40 g) - zaprt dovod in izključen ventilator



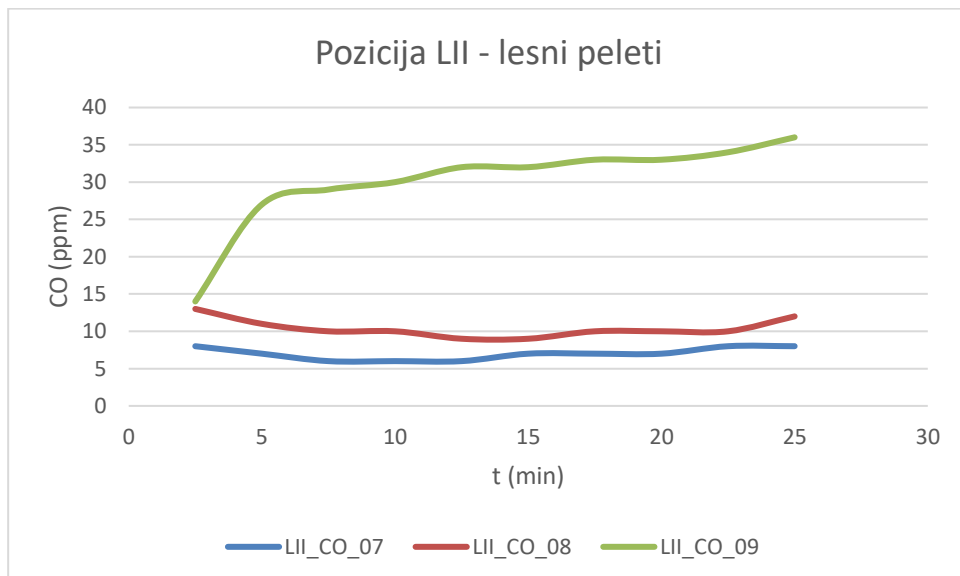
Slika 41: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih spodnje ravnine v primeru gorenja lesnih peletov (40 g) - zaprt dovod in izključen ventilator



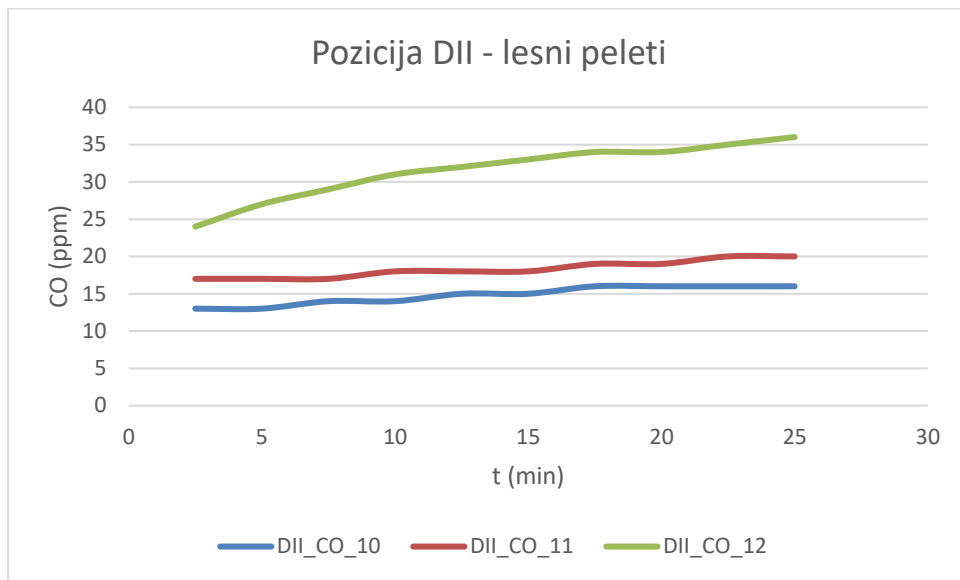
Slika 42: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LI v primeru gorenja lesnih peletov (40 g)- zaprt dovod in izključen ventilator



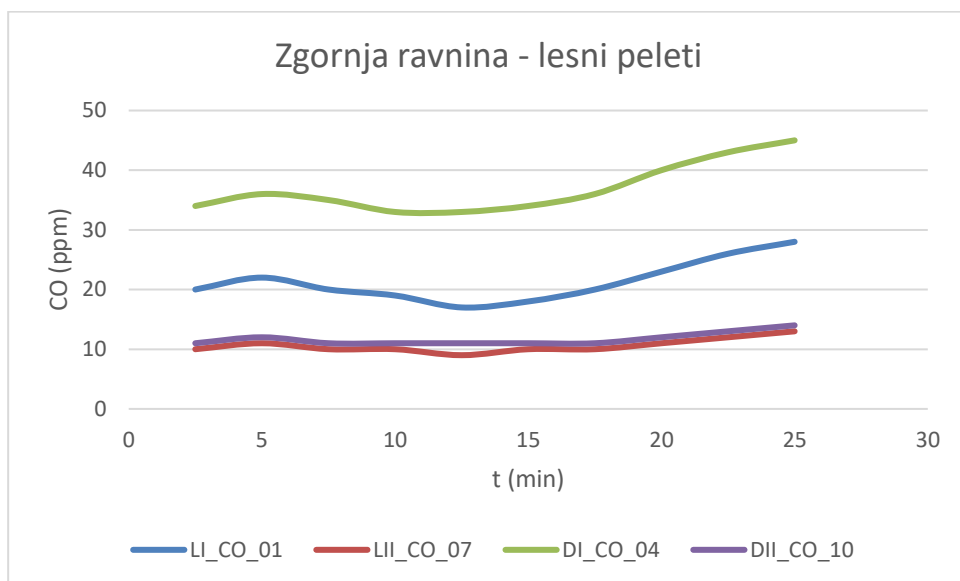
Slika 43: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DI v primeru gorenja lesnih peletov (40 g)- zaprt dovod in izključen ventilator



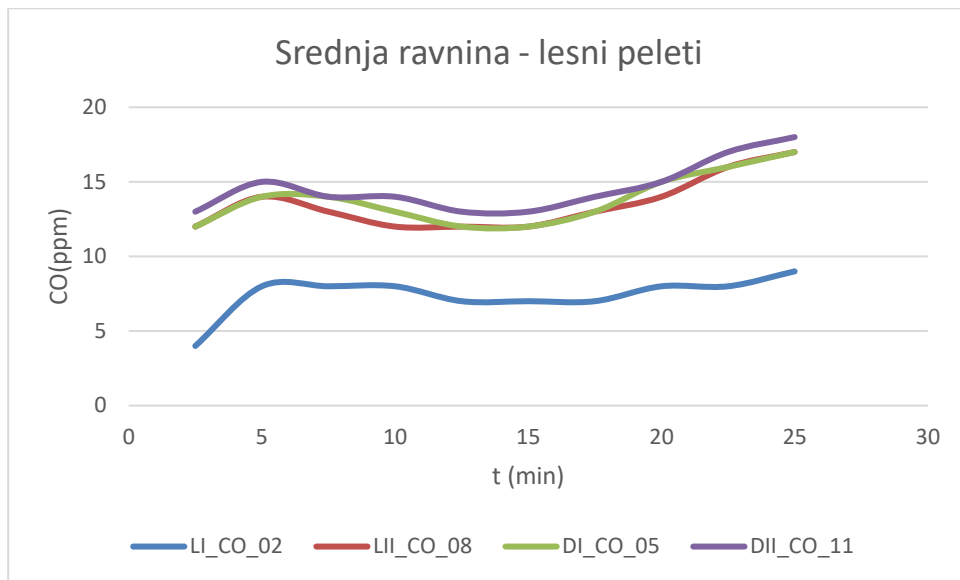
Slika 44: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LII v primeru gorenja lesnih peletov (40 g)- zaprt dovod in izključen ventilator



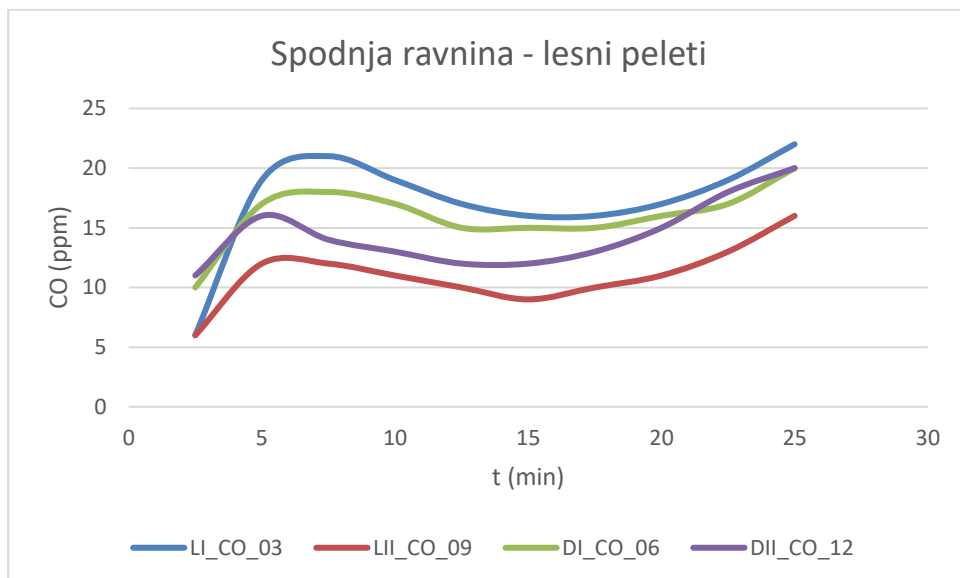
Slika 45: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DII v primeru gorenja lesnih peletov (40 g)- zaprt dovod in izključen



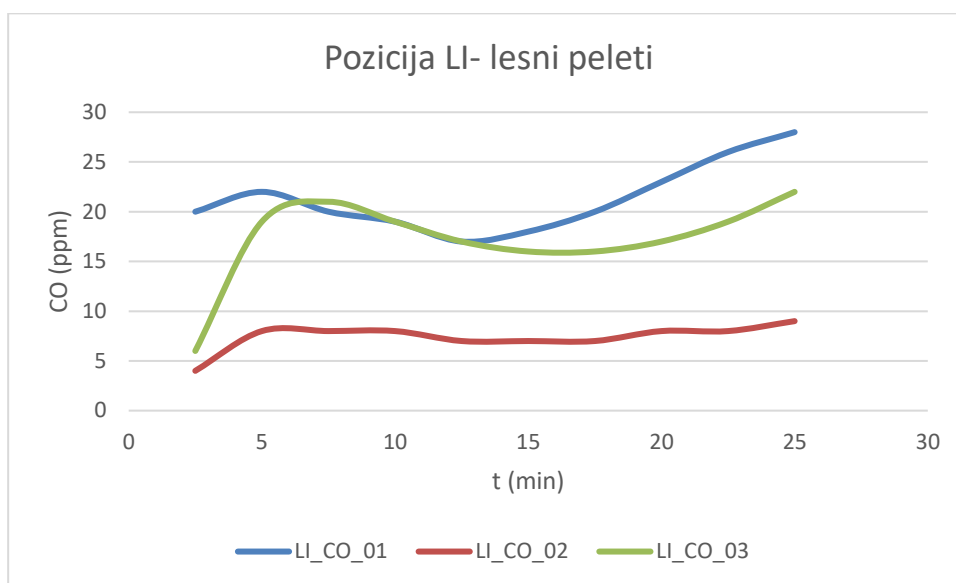
Slika 46: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih zgornje ravnine v primeru gorenja lesnih peletov (40 g) - odprt dovod in vključen ventilator



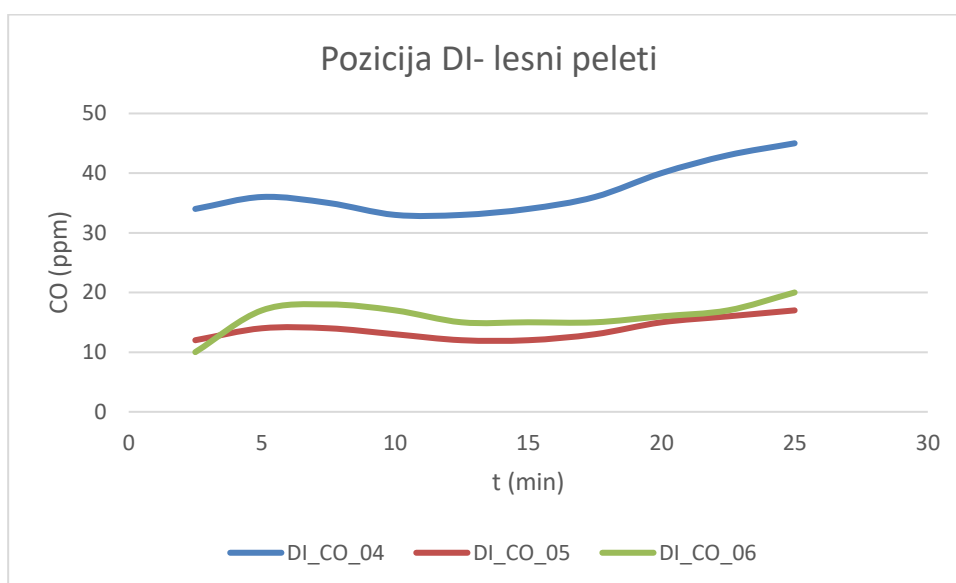
Slika 47: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih srednje ravnine v primeru gorenja lesnih peletov (40 g) - odprt dovod in vključen ventilator



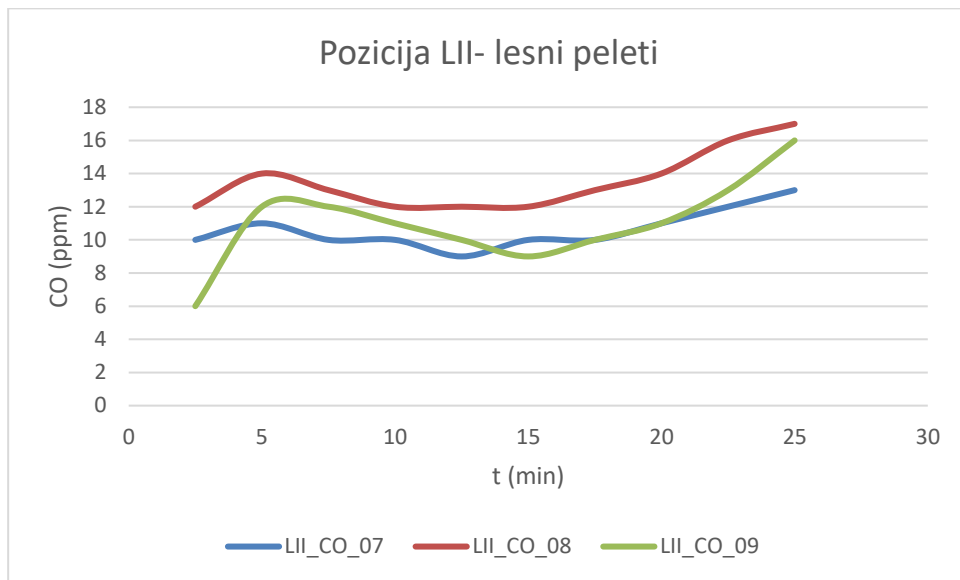
Slika 48: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih spodnje ravnine v primeru gorenja lesnih peletov (40 g) - odprt dovod in vključen ventilator



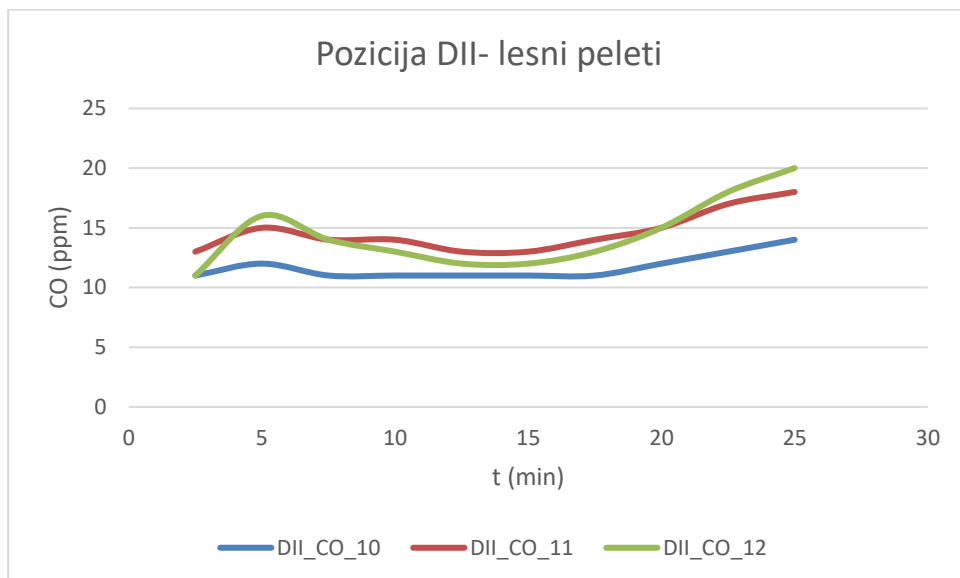
Slika 49: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LI v primeru gorenja lesnih peletov (40 g)- odprt dovod in vključen ventilator



Slika 50: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DI v primeru gorenja lesnih peletov (40 g)- odprt dovod in vključen ventilator



Slika 51: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LII v primeru gorenja lesnih peletov (40 g)-odprt dovod in vključen ventilator



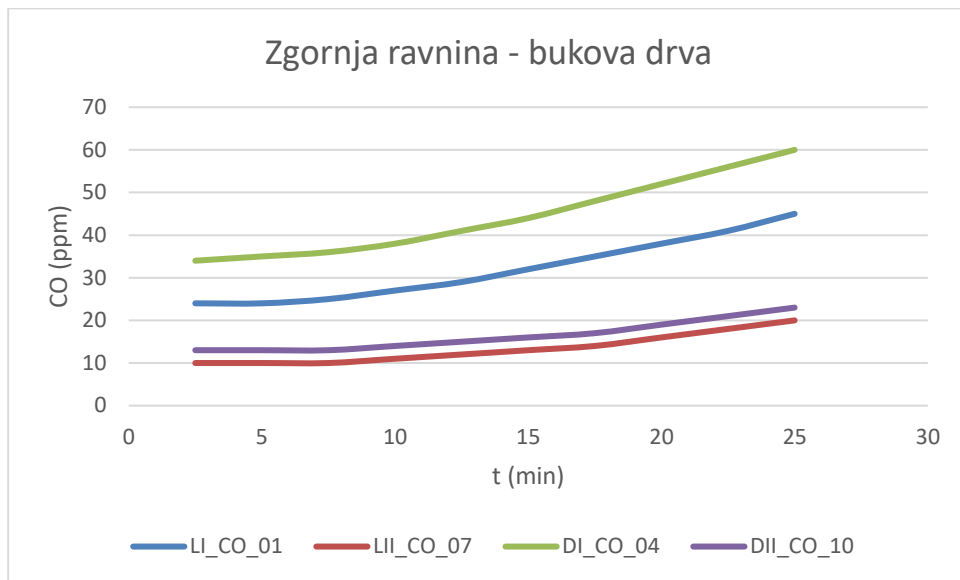
Slika 52: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DII v primeru gorenja lesnih peletov (40 g)-odprt dovod in vključen ventilator

Sušena bukova drva (40 g)

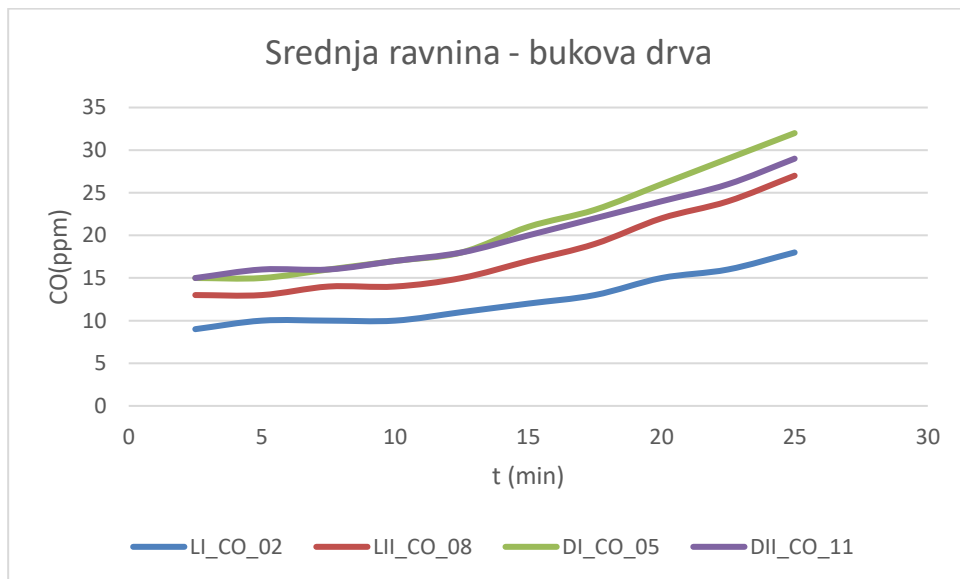
Opravljene meritve:

1. Meritev: 25 ciklov – Zaprta dovod, izključen ventilator in zaprta odprtina ventilatorja
2. Meritev: 25 ciklov – Odprt dovod, vključen ventilator

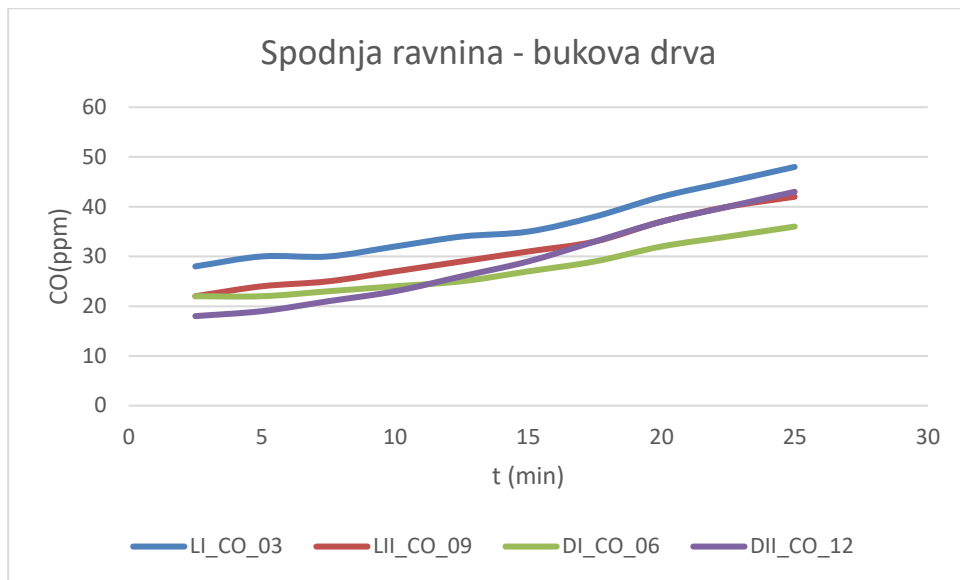
Rezultati meritev CO so prikazani na Slikah 53-66.



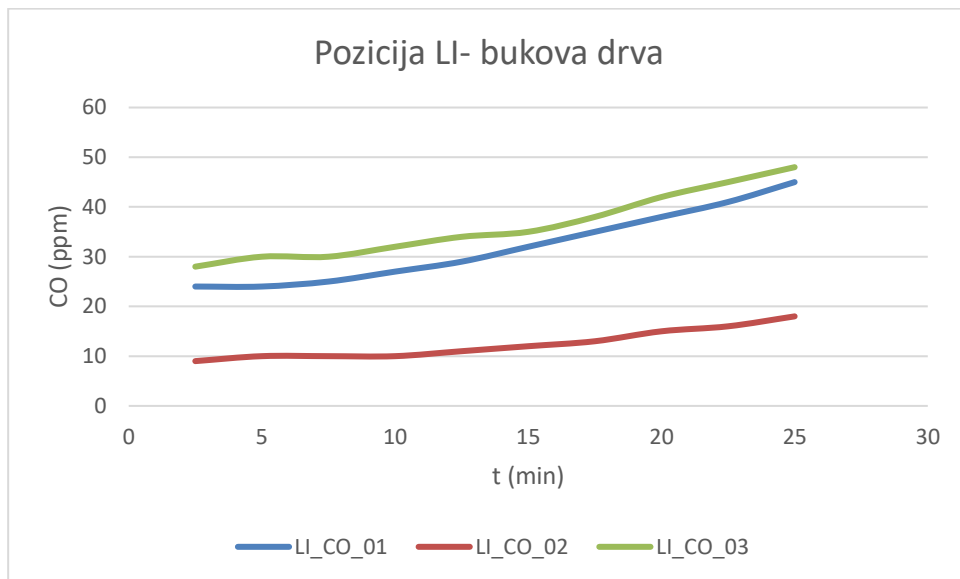
Slika 53: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih zgornje ravnine v primeru gorenja bukovih drv (40 g) - zaprt dovod in izključen ventilator



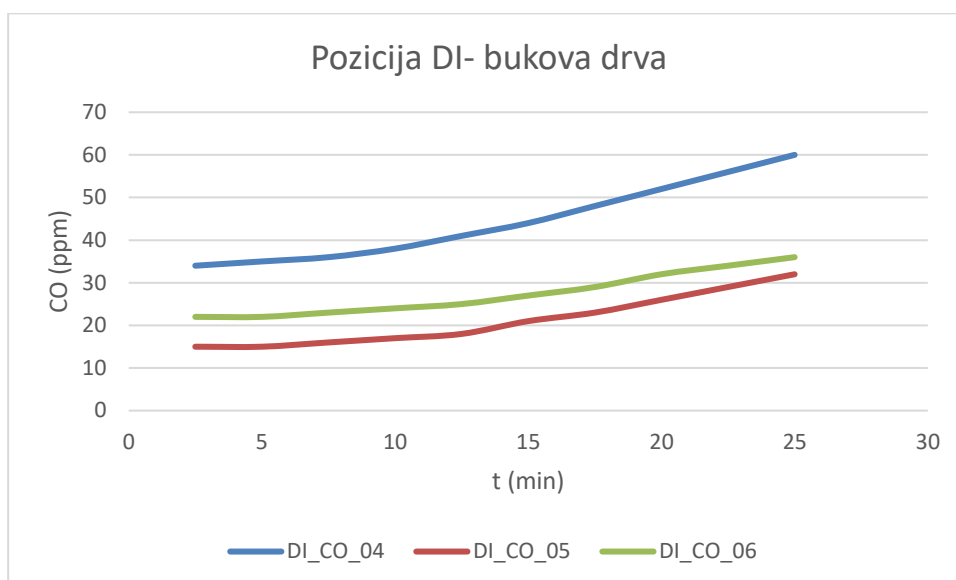
Slika 54: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih srednje ravnine v primeru gorenja bukovih drv (40 g) - zaprt dovod in izključen ventilator



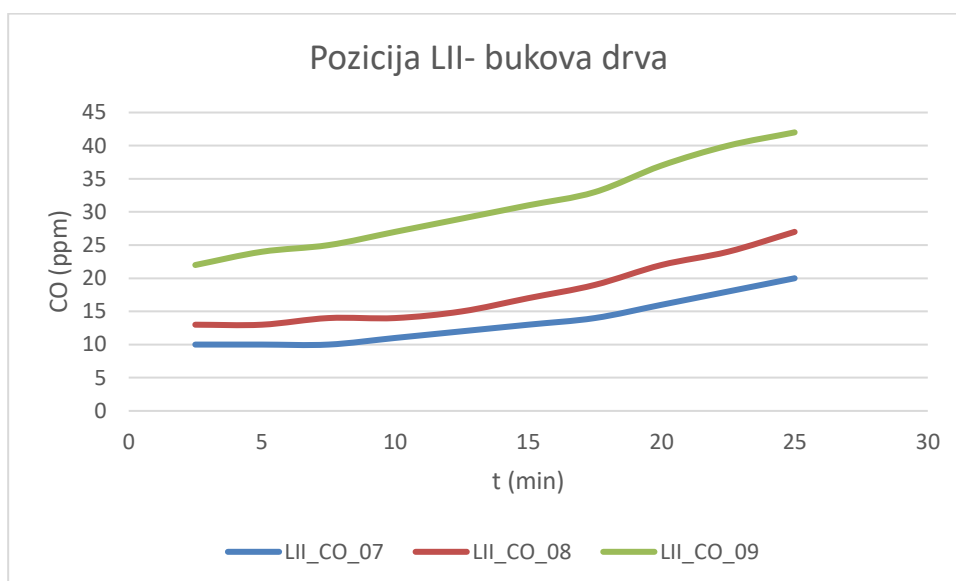
Slika 55: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih spodnje ravnine v primeru gorenja bukovih drv (40 g) - zaprt dovod in izključen ventilator



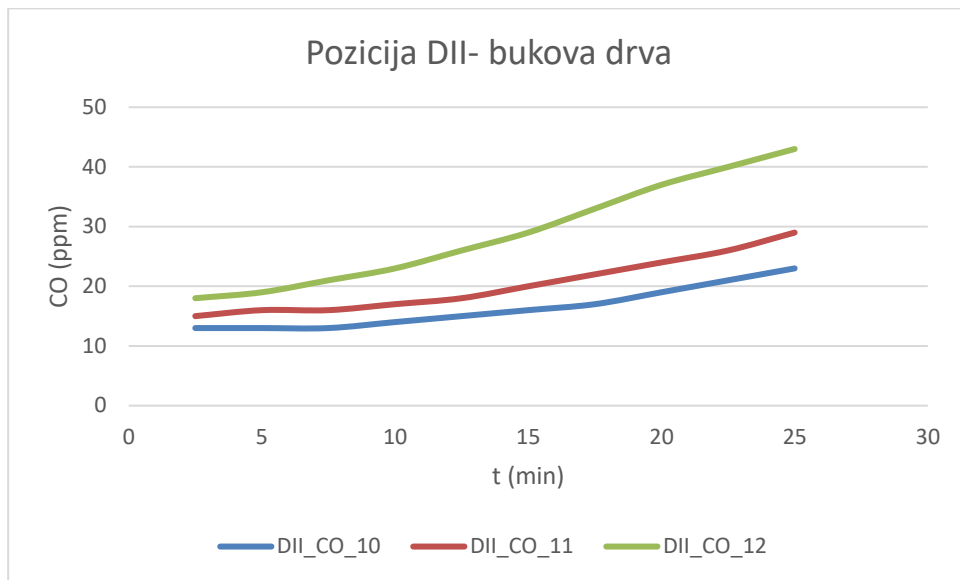
Slika 56: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LI v primeru gorenja bukovih drv (40 g)- zaprt dovod in izključen ventilator



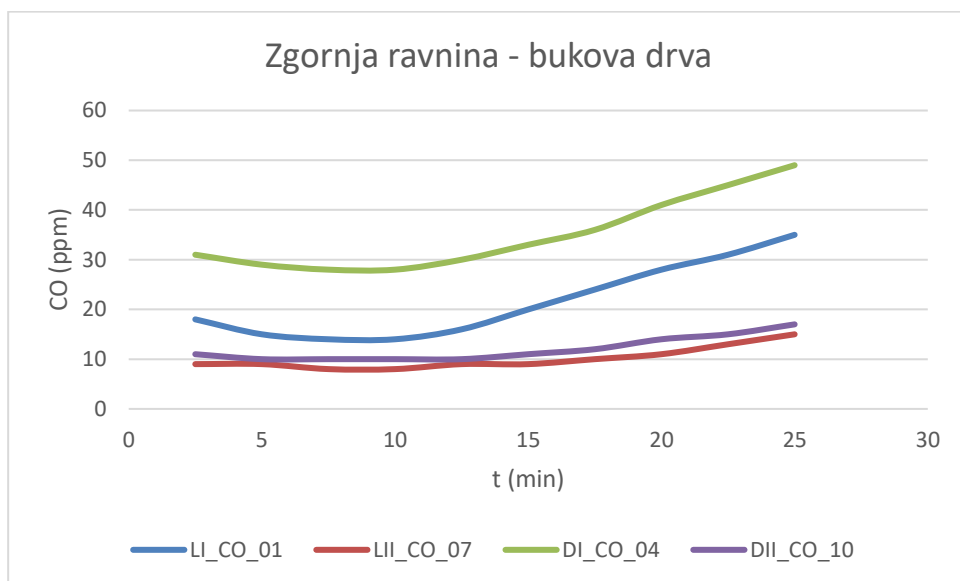
Slika 57: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DI v primeru gorenja bukovih drv (40 g)- zaprt dovod in izključen ventilator



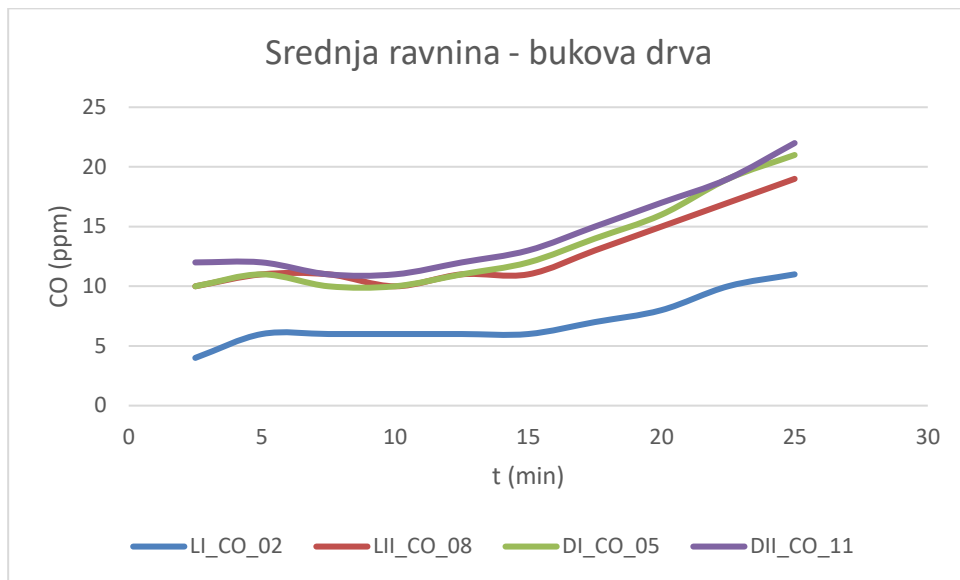
Slika 58: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LII v primeru gorenja bukovih drv (40 g)- zaprt dovod in izključen ventilator



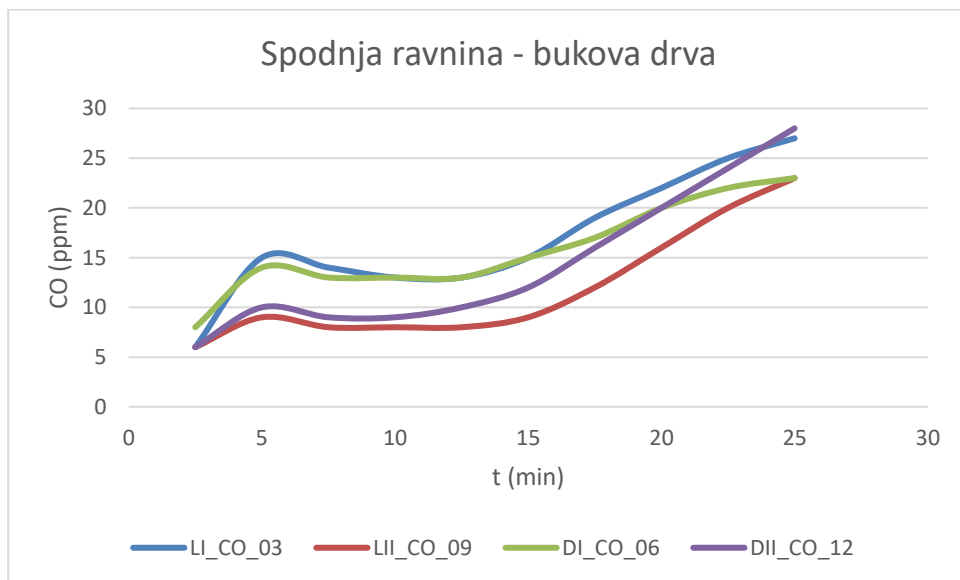
Slika 59: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DII v primeru gorenja bukovih drv (40 g)- zaprt dovod in izključen



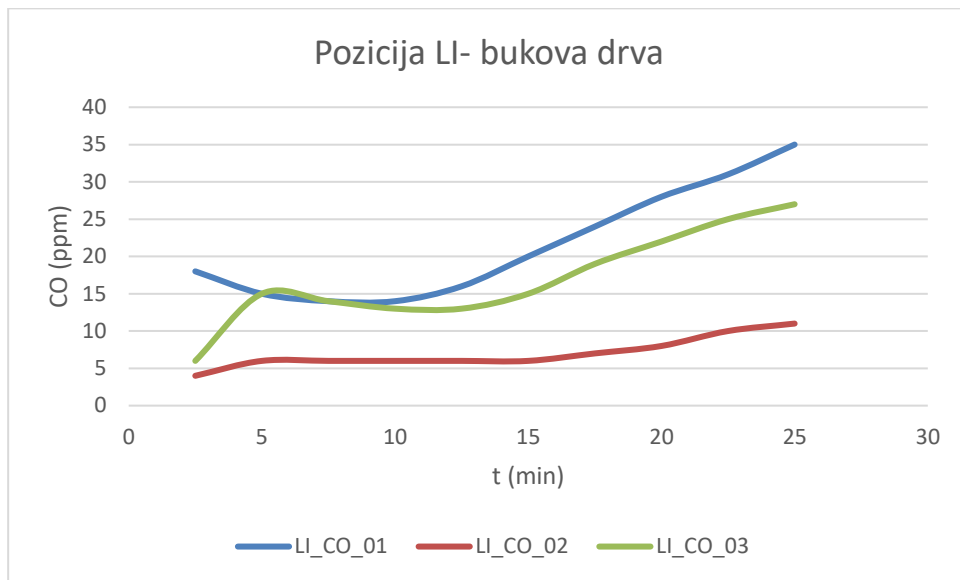
Slika 60: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih zgornje ravnine v primeru bukovih drv (40 g) - odprt dovod in vključen ventilator



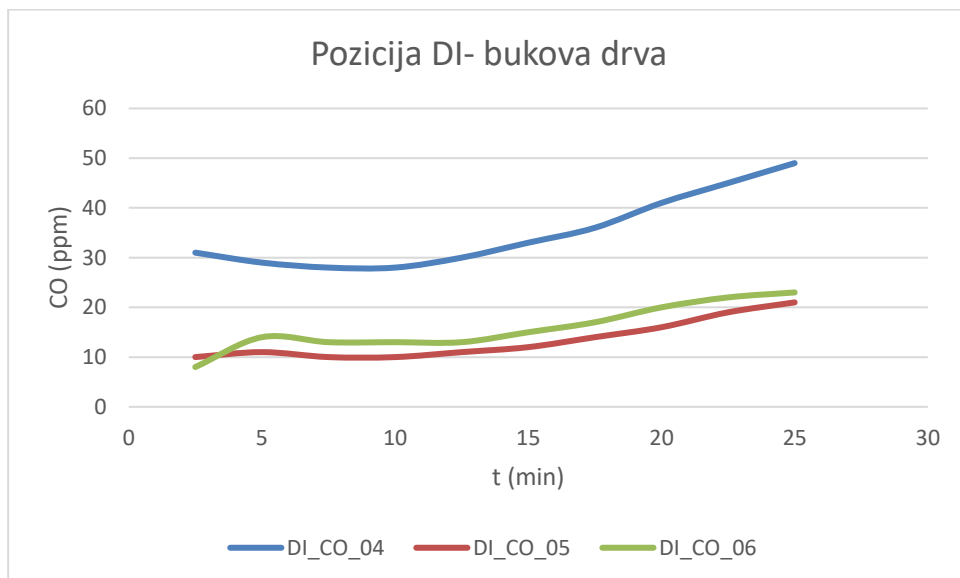
Slika 61: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih srednje ravnine v primeru gorenja bukovih drv (40 g) - odprt dovod in vključen ventilator



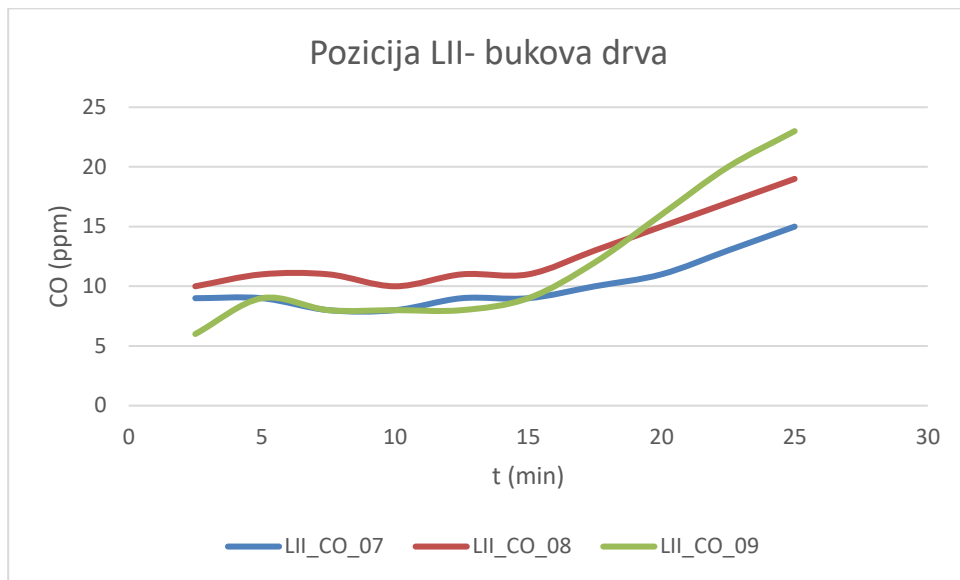
Slika 62: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih spodnje ravnine v primeru gorenja bukovih drv (40 g) - odprt dovod in vključen ventilator



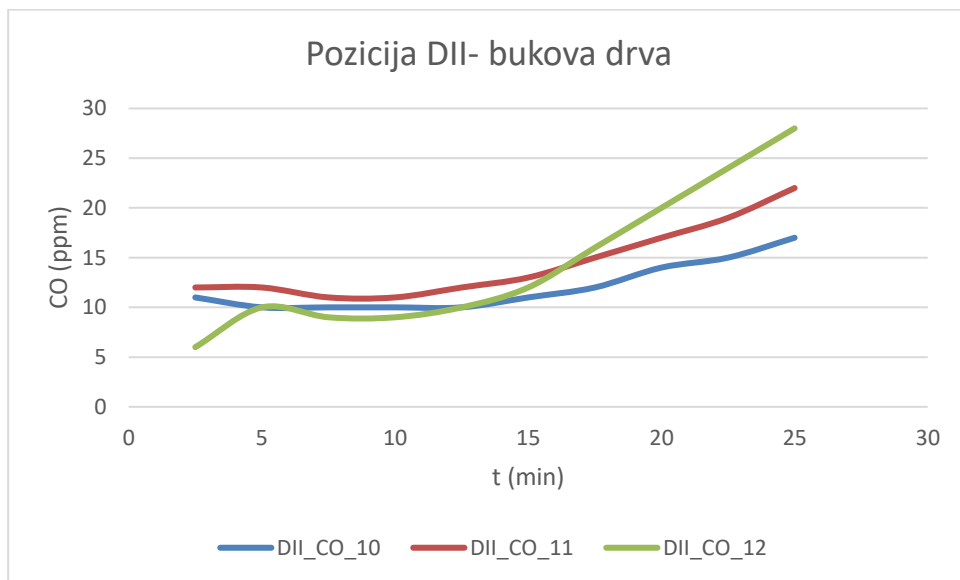
Slika 63: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LI v primeru gorenja bukovih drv (40 g)- odprt dovod in vključen ventilator



Slika 64: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DI v primeru gorenja bukovih drv (40 g)- odprt dovod in vključen ventilator



Slika 65: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LII v primeru gorenja bukovih drv (40 g)- odprt dovod in vključen ventilator



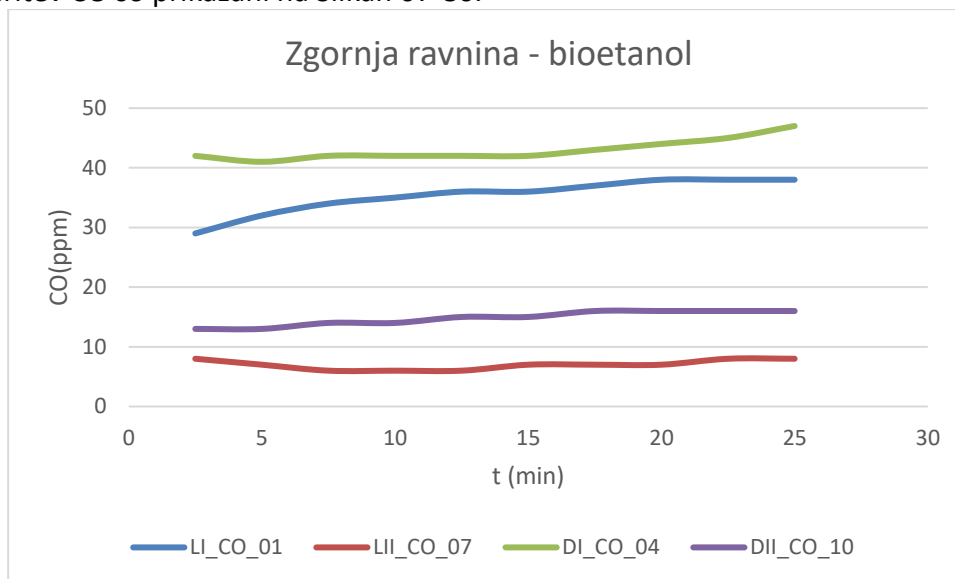
Slika 66: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DII v primeru gorenja bukovih drv (40 g)- odprt dovod in vključen ventilator

Bioetanol (40 g)

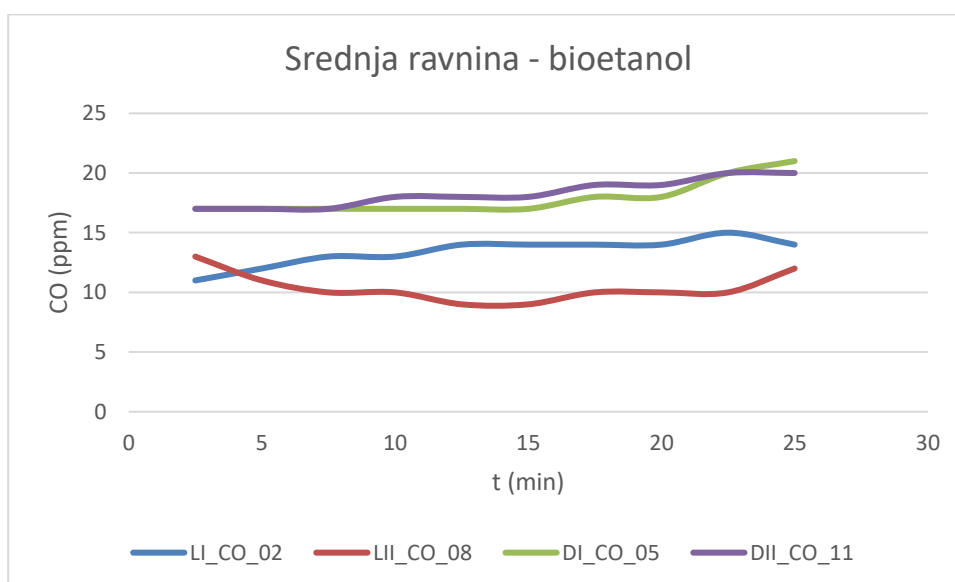
Opravljene meritve:

1. Meritev: 25 ciklov – Zaprta dovod, izključen ventilator in zaprta odprtina ventilatorja
2. Meritev: 25 ciklov – Odprt dovod, vključen ventilator

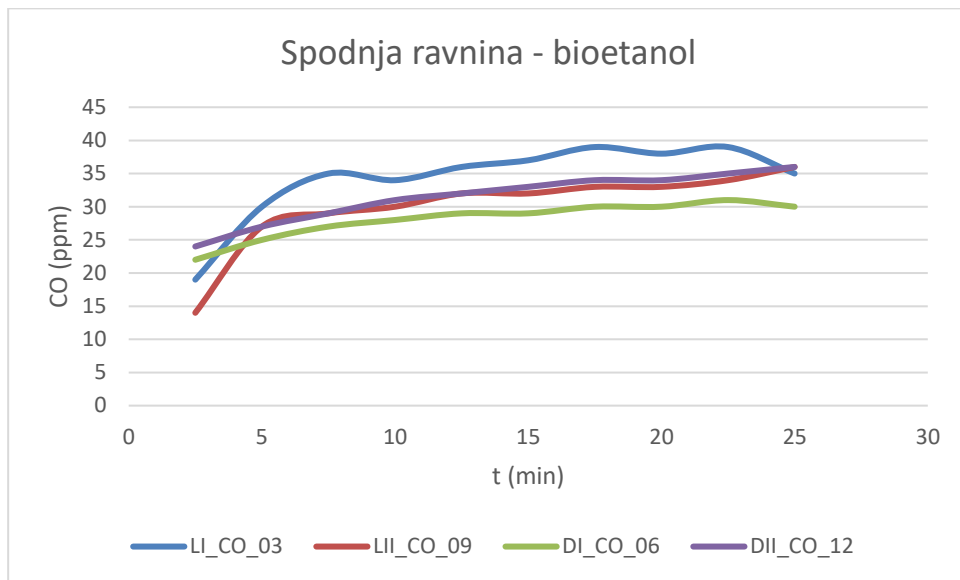
Rezultati meritev CO so prikazani na Slikah 67-80.



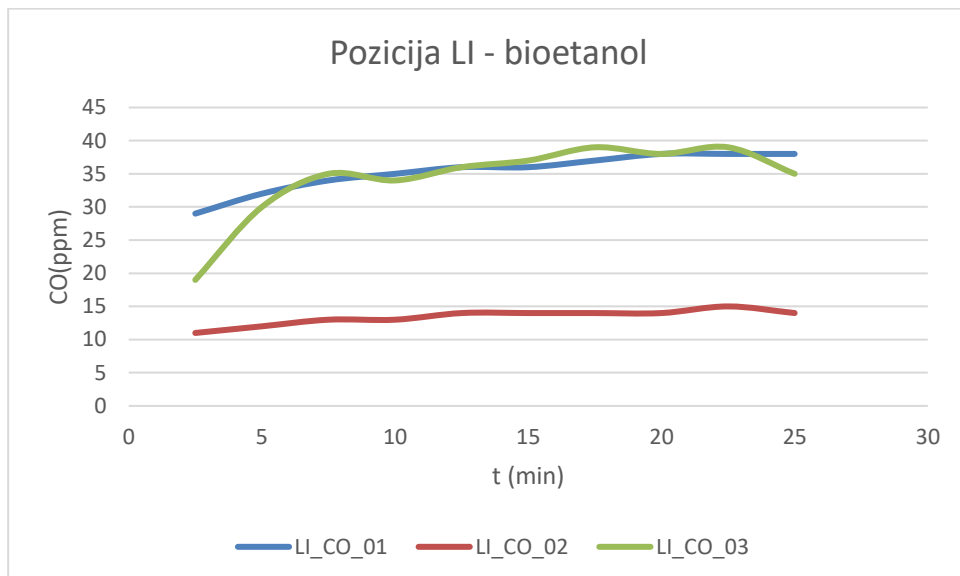
Slika 67: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih zgornje ravnine v primeru gorenja bioetanol (40 g) - zaprt dovod in izključen ventilator



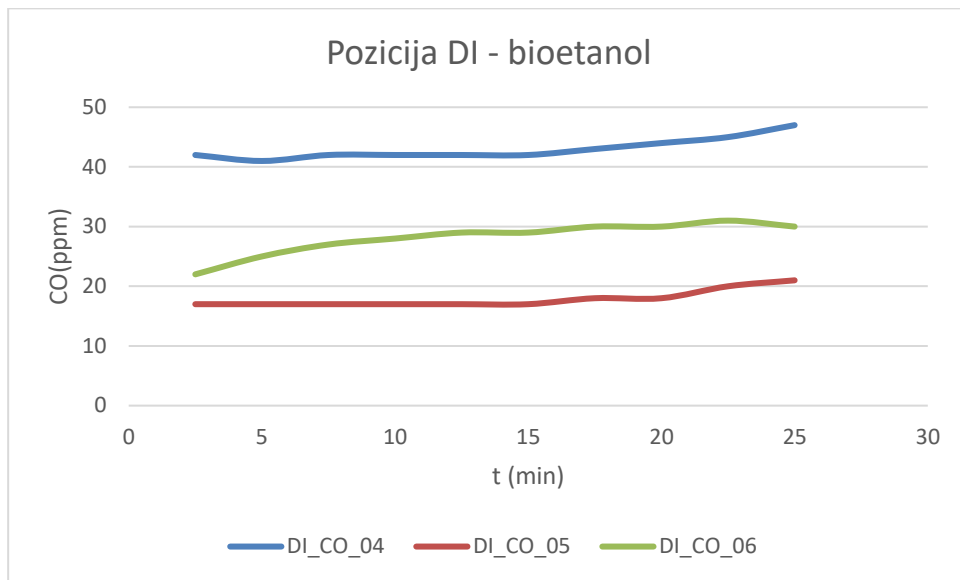
Slika 68: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih srednje ravnine v primeru gorenja bioetanol (40 g) - zaprt dovod in izključen ventilator



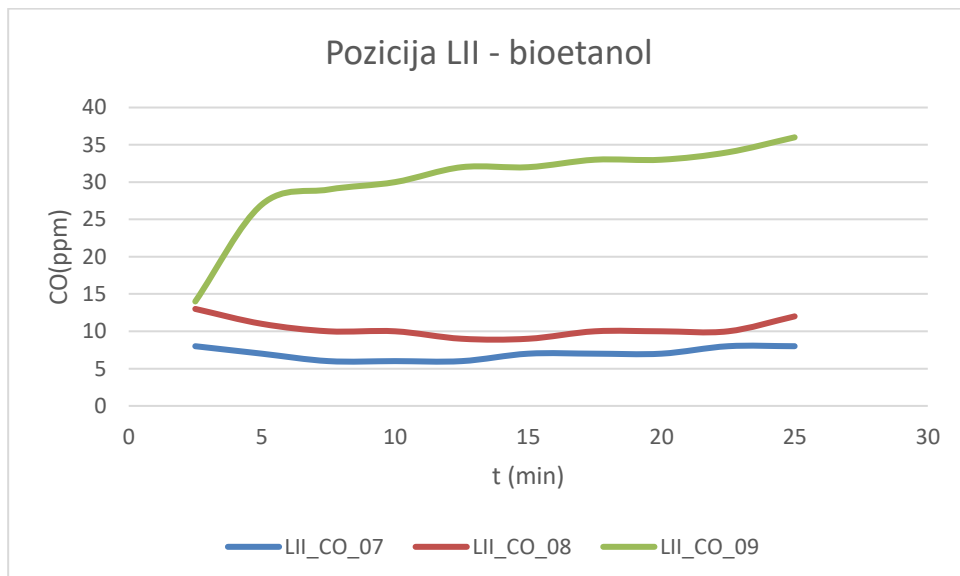
Slika 69: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih spodnje ravnine v primeru gorenja bioetanol (40 g) - zaprt dovod in izključen ventilator



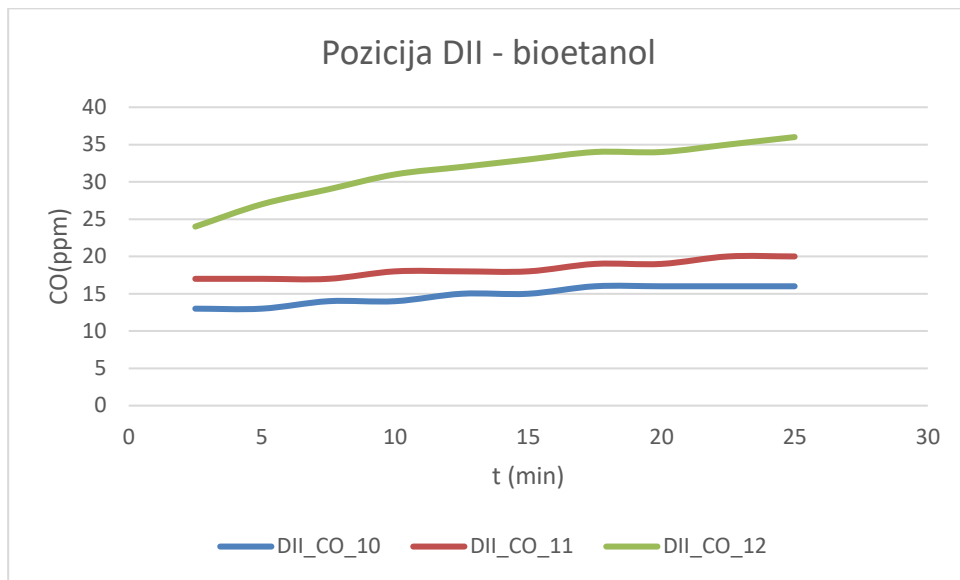
Slika 70: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LI v primeru gorenja bioetanol (40 g)- zaprt dovod in izključen ventilator



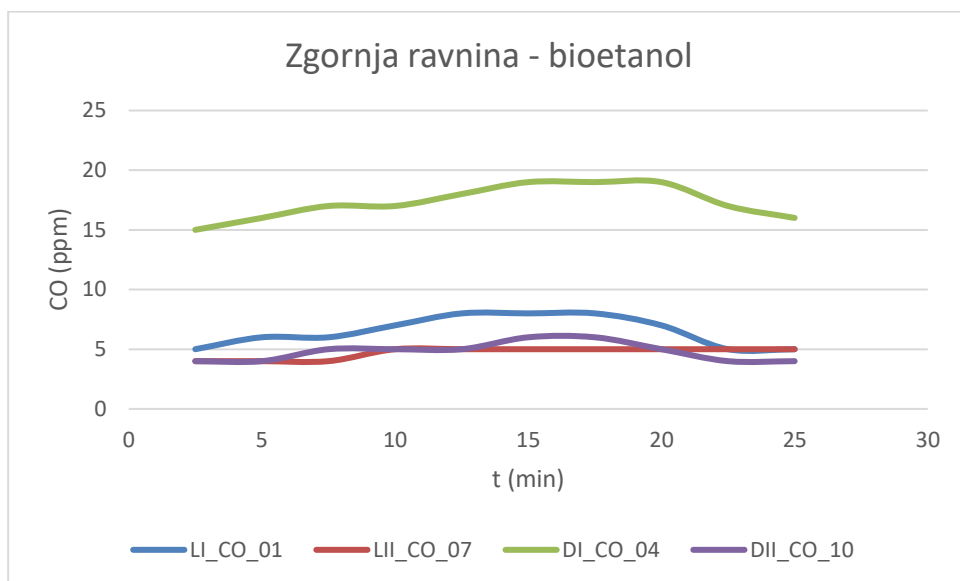
Slika 71: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DI v primeru gorenja bioetanol (40 g)- zaprt dovod in izključen ventilator



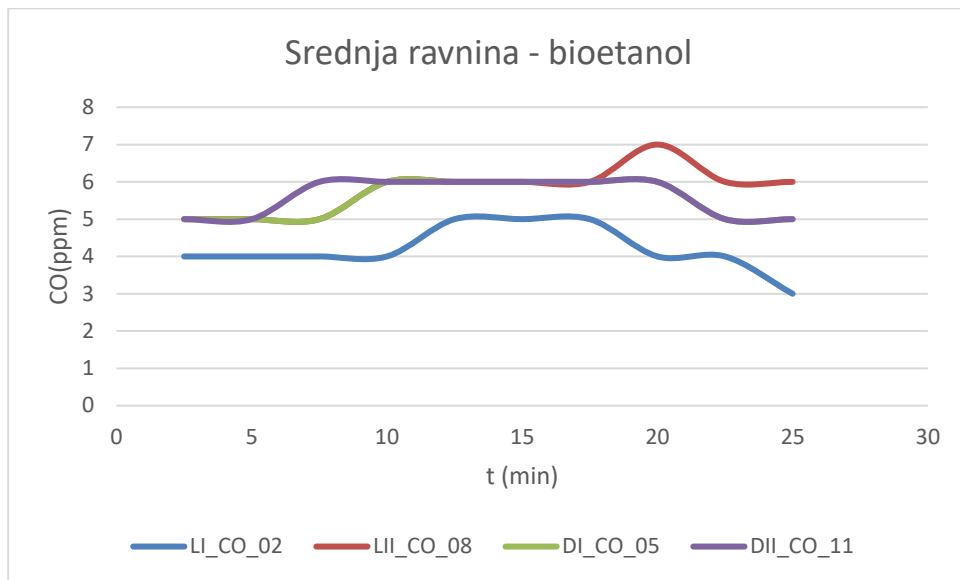
Slika 72: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LII v primeru gorenja bioetanol (40 g)- zaprt dovod in izključen ventilator



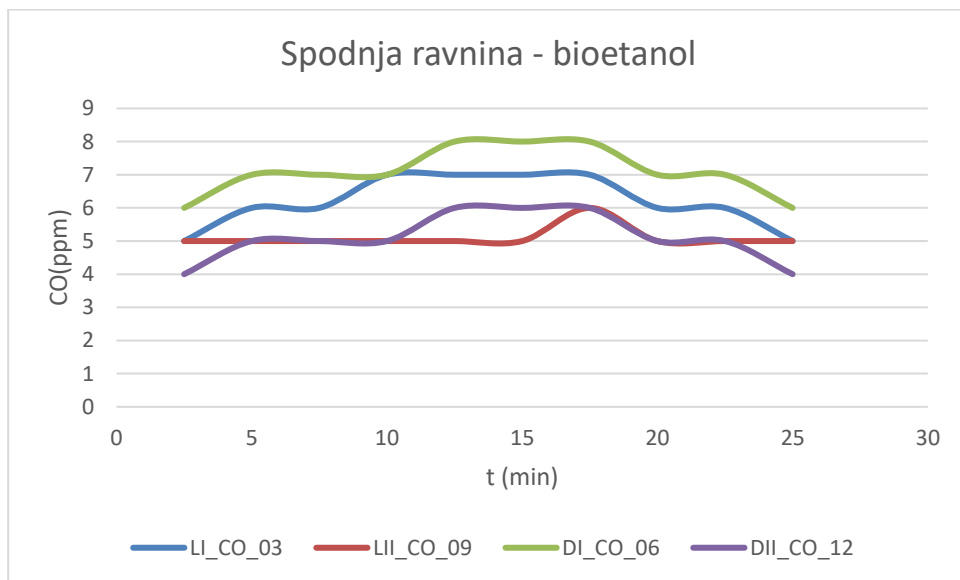
Slika 73: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DII v primeru gorenja bioetanol (40 g)- zaprt dovod in izključen



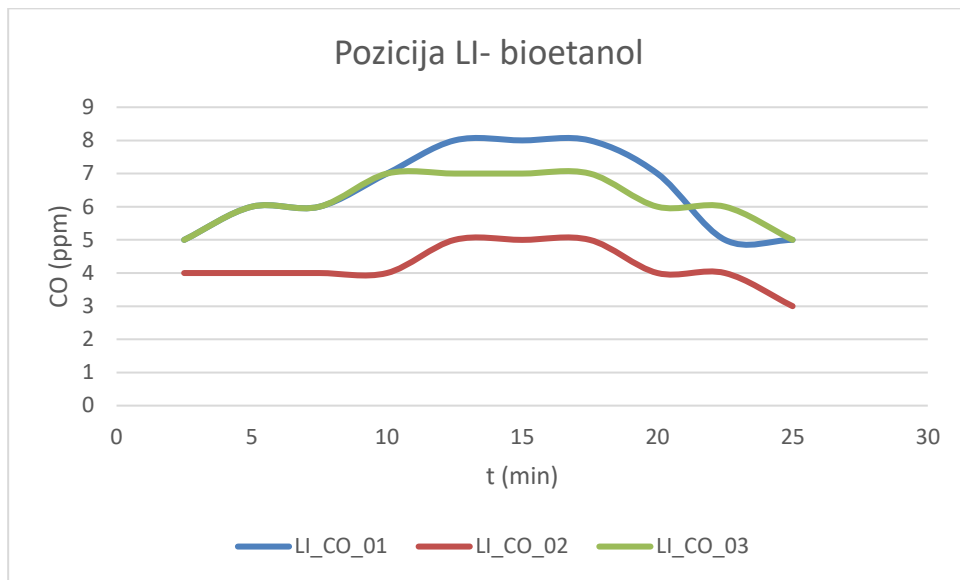
Slika 74: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih zgornje ravnine v primeru bioetanol (40 g) - odprt dovod in vključen ventilator



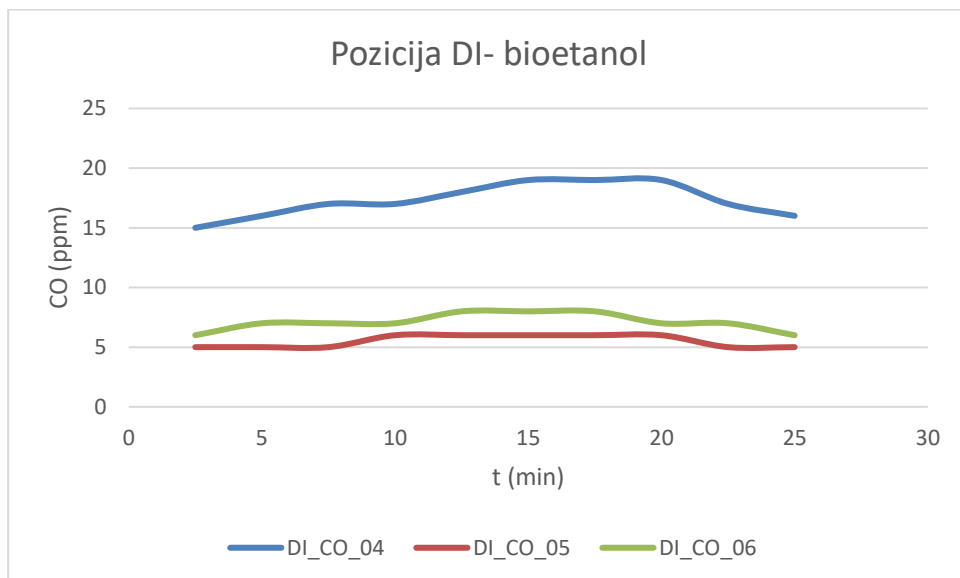
Slika 75: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih srednje ravnine v primeru gorenja bioetanol (40 g) - odprt dovod in vključen ventilator



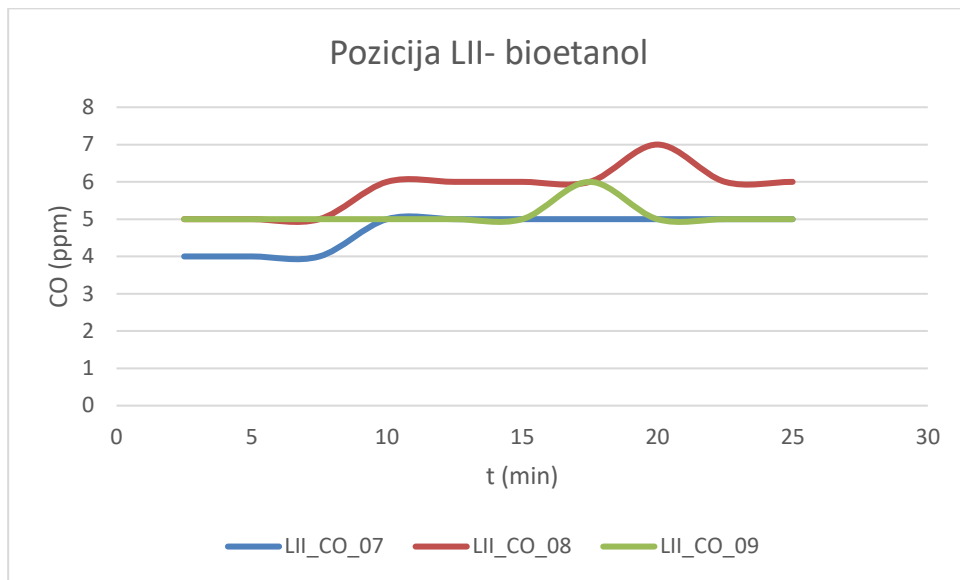
Slika 76: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih spodnje ravnine v primeru gorenja bioetanol (40 g) - odprt dovod in vključen ventilator



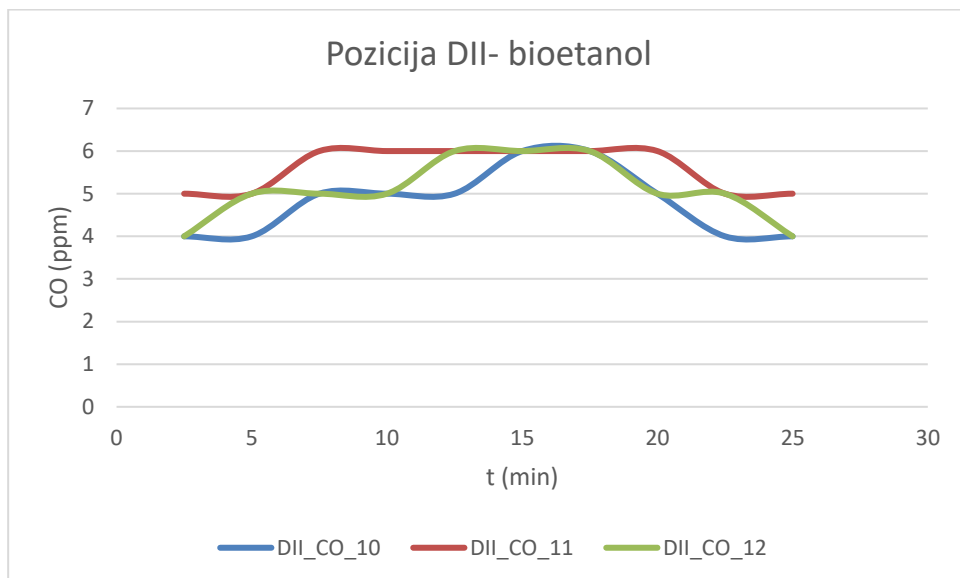
Slika 77: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LI v primeru gorenja bioetanola (40 g)- odprt dovod in vključen ventilator



Slika 78: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DI v primeru gorenja bioetanola (40 g)- odprt dovod in vključen ventilator



Slika 79: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LII v primeru gorenja bioetanol (40 g)- odprt dovod in vključen ventilator



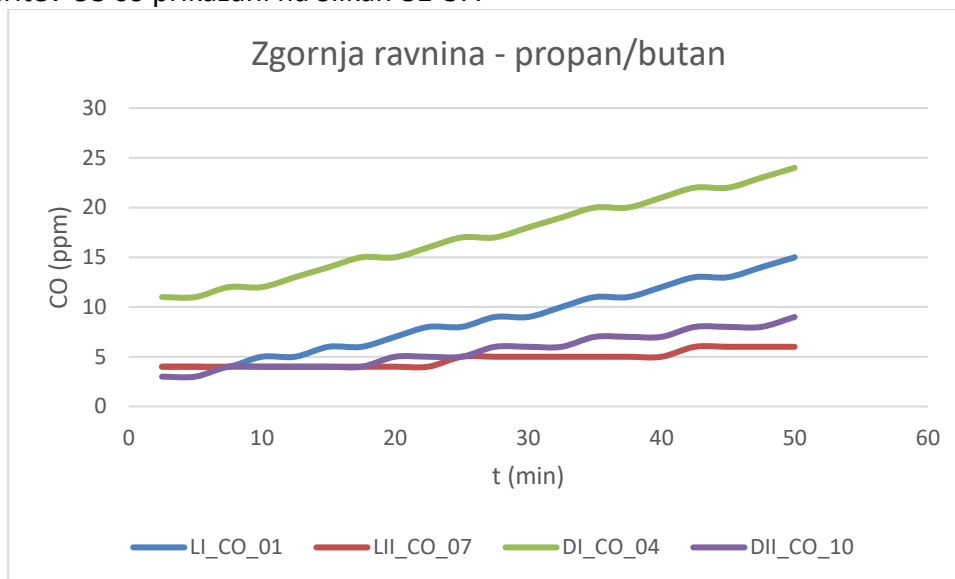
Slika 80: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DII v primeru gorenja bioetanol (40 g)- odprt dovod in vključen ventilator

Propan - butan

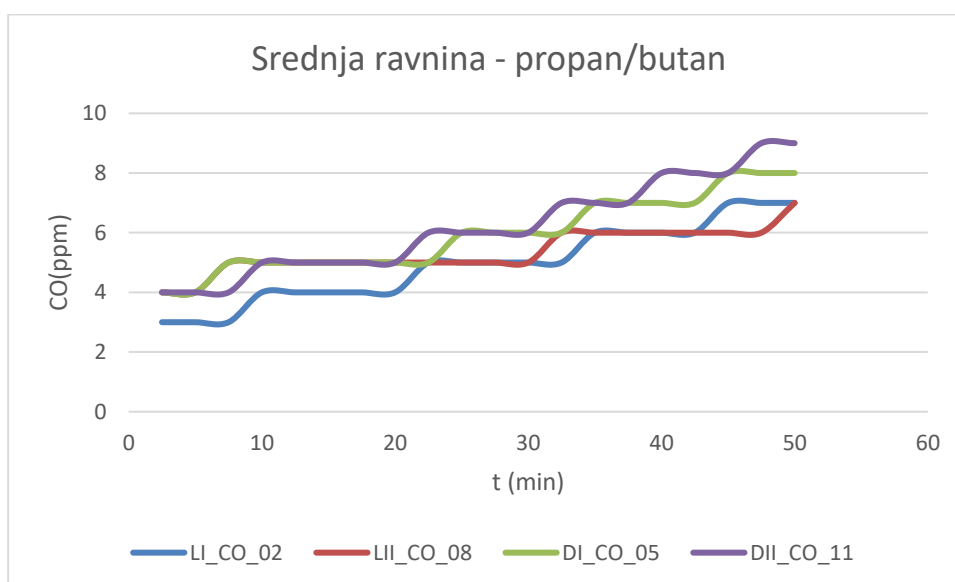
Opravljene meritve:

1. Meritev: 25 ciklov – Zaprta dovod, izključen ventilator in zaprta odprtina ventilatorja
2. Meritev: 25 ciklov – Odprt dovod, vključen ventilator

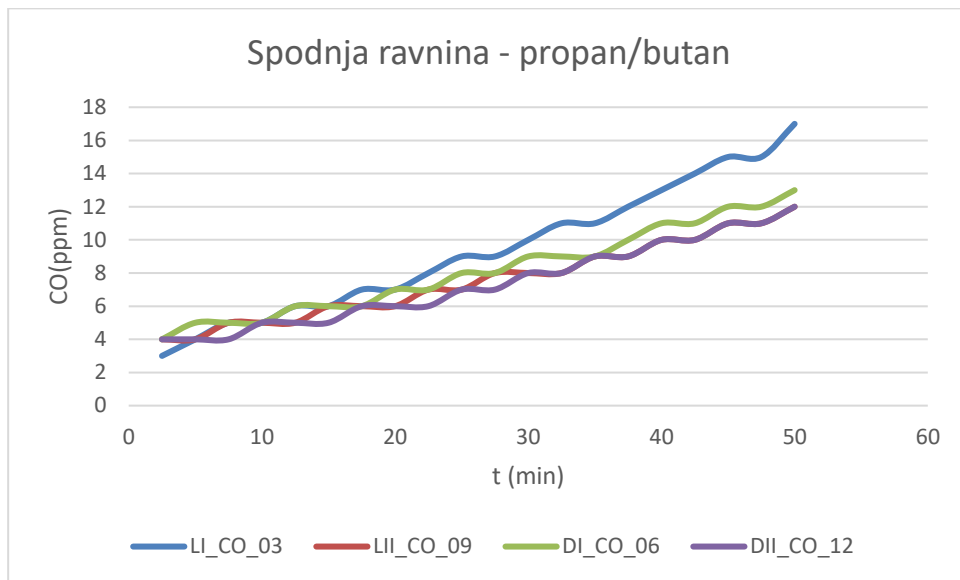
Rezultati meritev CO so prikazani na Slikah 81-87.



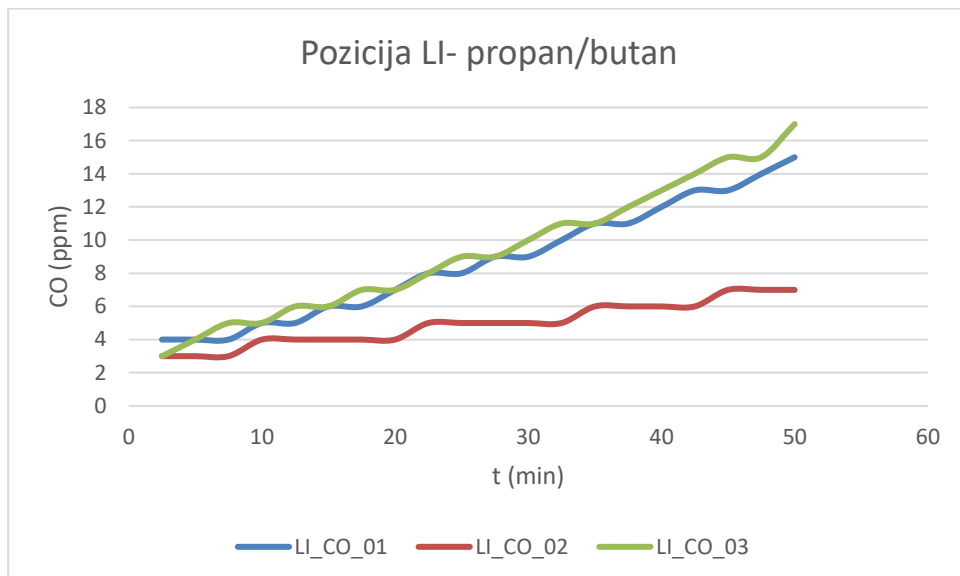
Slika 81: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih zgornje ravnine v primeru gorenja propan/butana - zaprt dovod in izključen ventilator



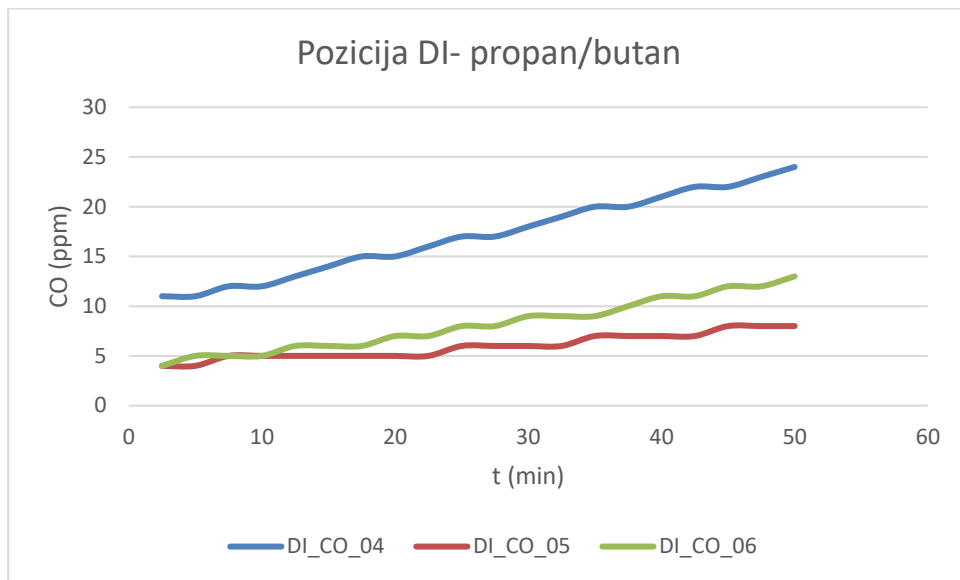
Slika 82: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih srednje ravnine v primeru gorenja propan/butana - zaprt dovod in izključen ventilator



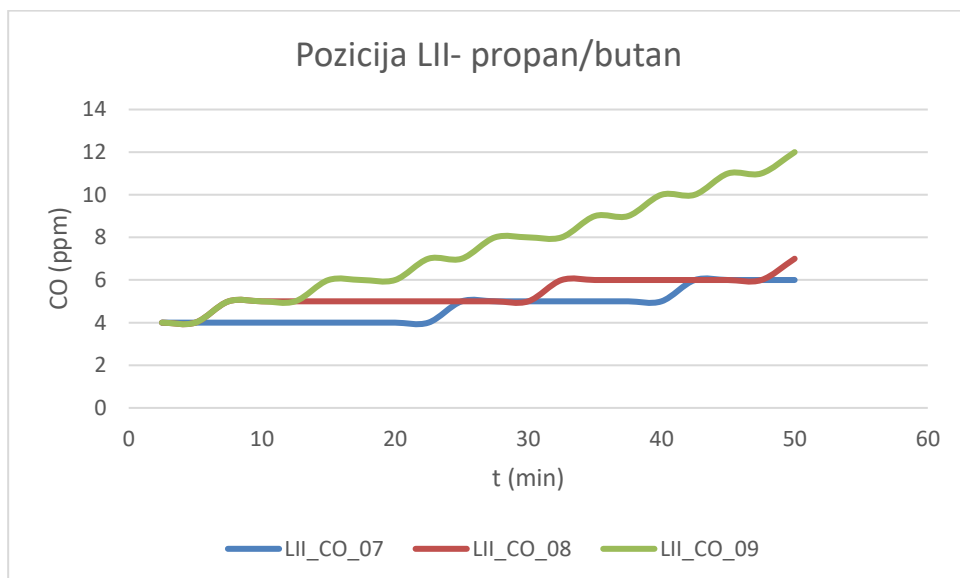
Slika 83: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih spodnje ravnine v primeru gorenja propan/butana - zaprt dovod in izključen ventilator



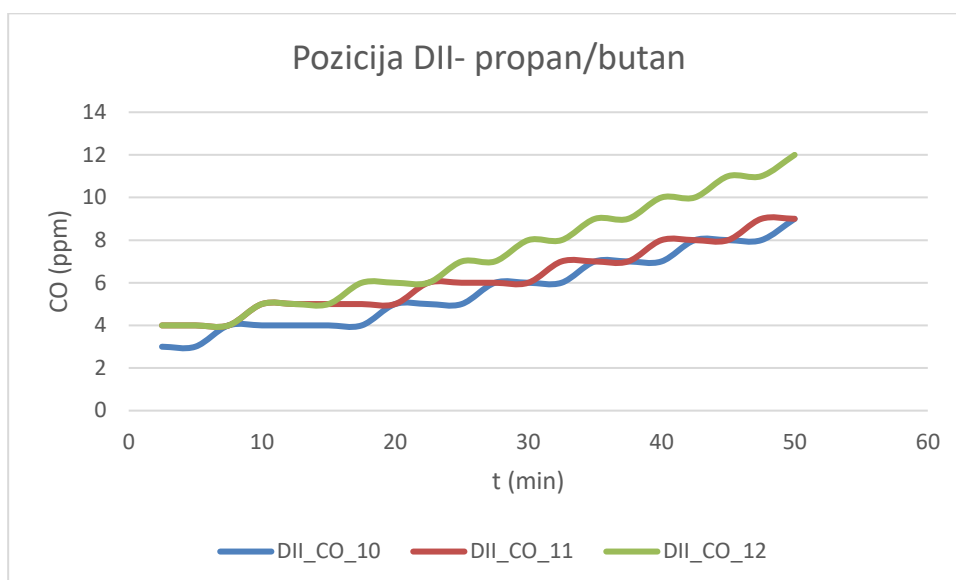
Slika 84: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LI v primeru gorenja propan/butana - zaprt dovod in izključen ventilator



Slika 85: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DI v primeru gorenja propan/butana - zaprt dovod in izključen ventilator



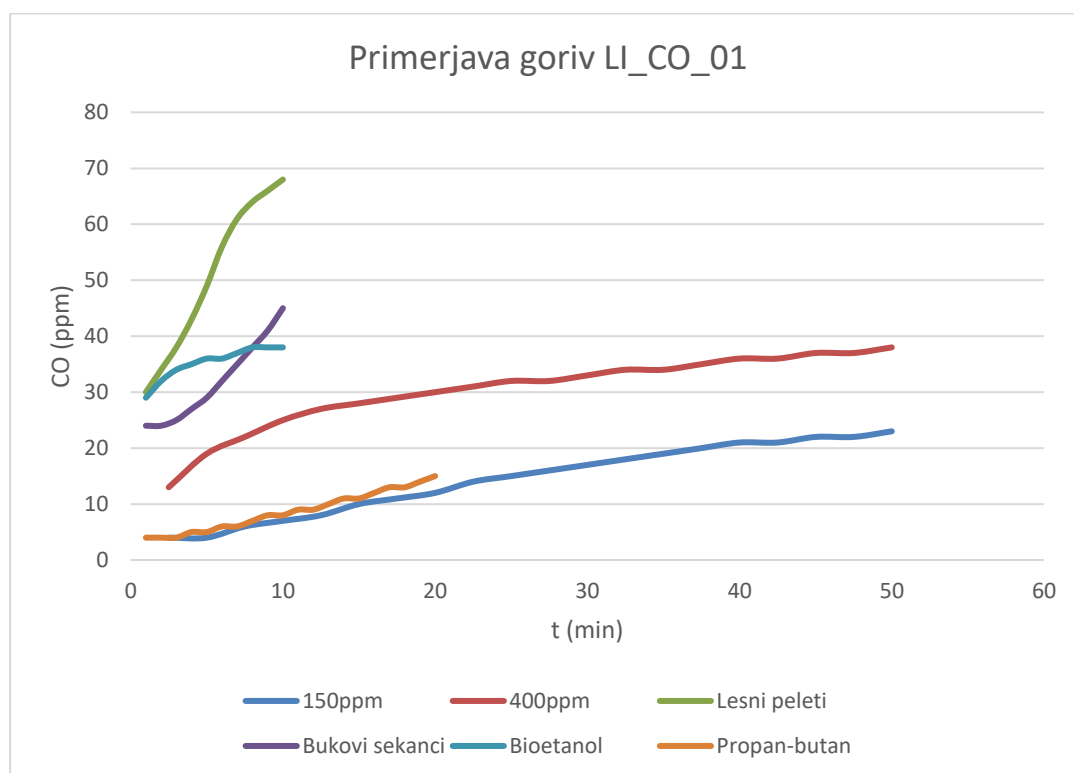
Slika 86: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LII v primeru gorenja propan/butana - zaprt dovod in izključen ventilator



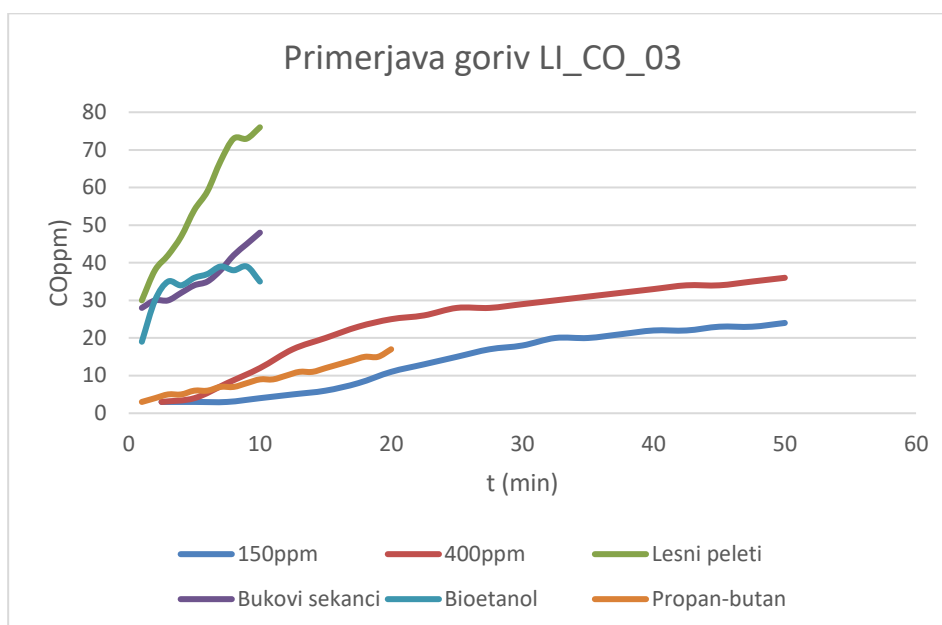
Slika 87: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DII v primeru gorenja propan/butana - zaprt dovod in izključen

Primerjava različnih tipov goriv

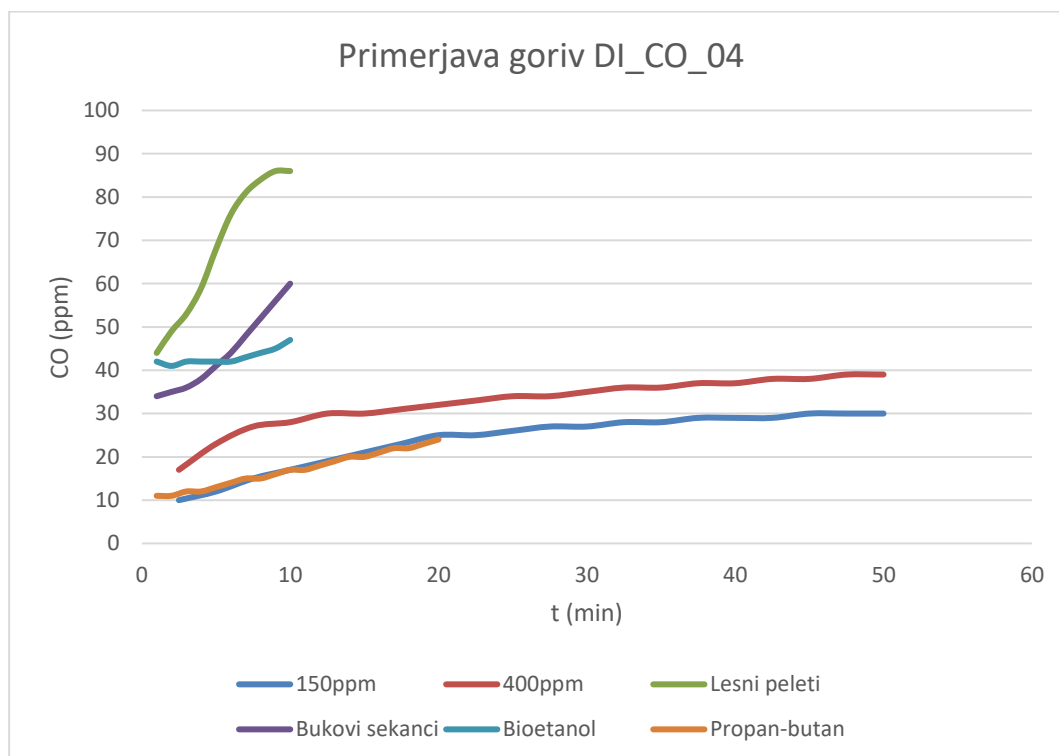
Slike 88-93 prikazujejo časovno spreminjanje CO v odvisnosti od tipa goriv in robnih pogojev komore.



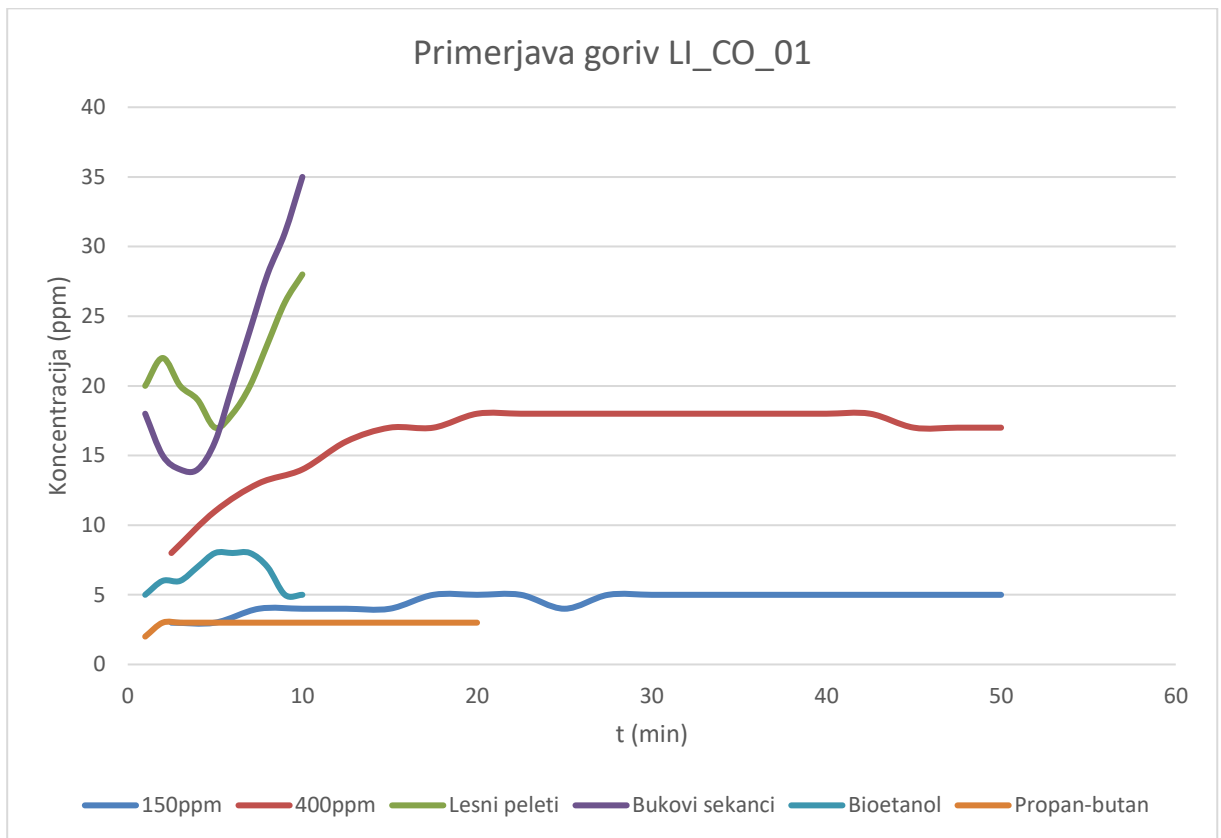
Slika 88: Časovna razporeditev CO v LI_CO_01 v primeru gorenja različnih tipov goriv. Zaprta odprtina in izključen ventilator.



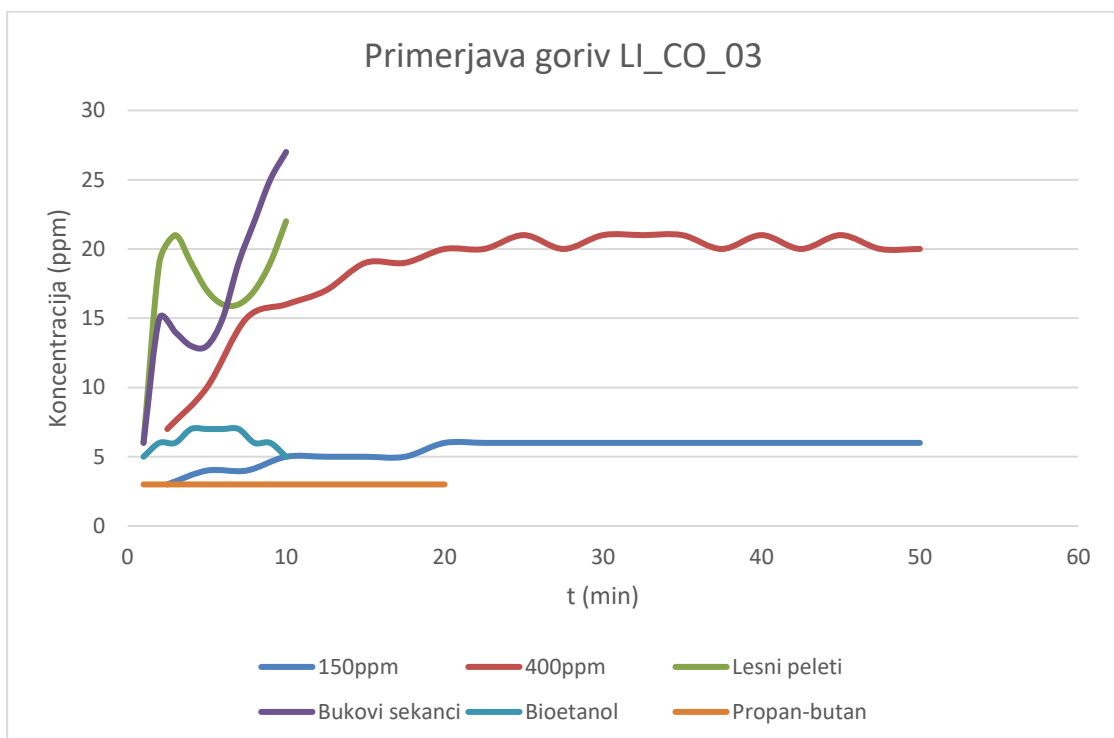
Slika 89: Časovna razporeditev CO v LI_CO_03 v primeru gorenja različnih tipov goriv. Zaprta odprtina in izključen ventilator.



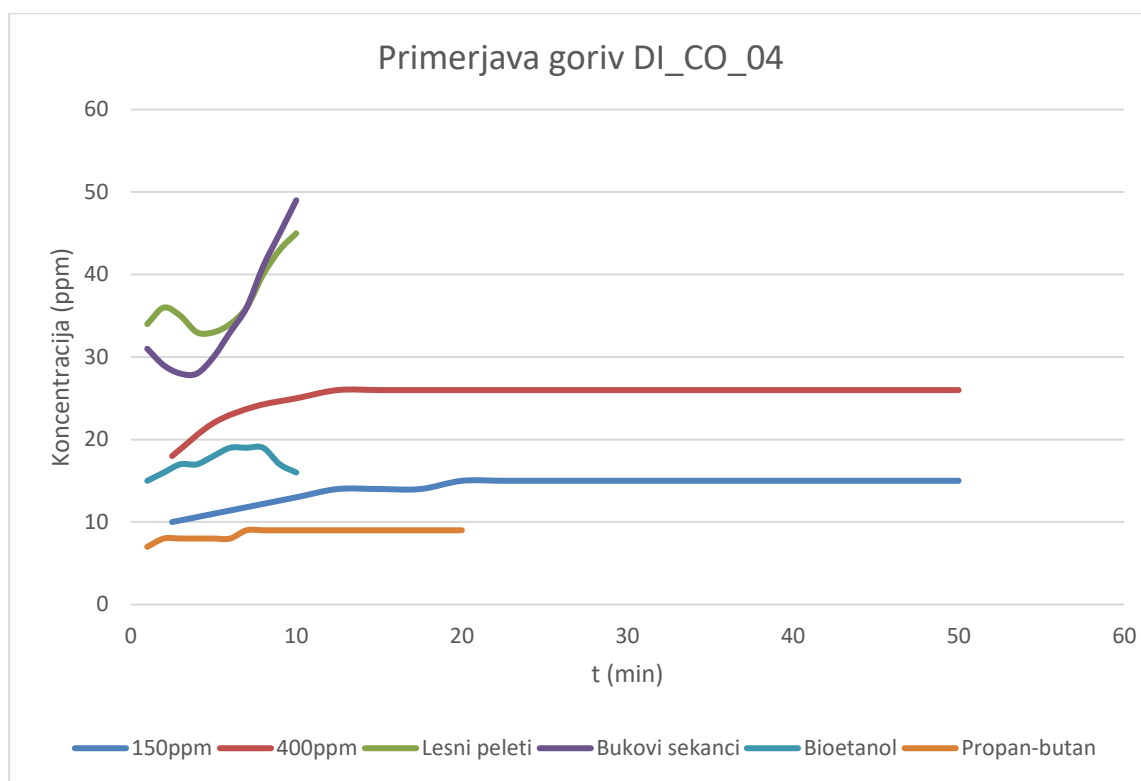
Slika 90: Časovna razporeditev CO v DI_CO_04 v primeru gorenja različnih tipov goriv. Zaprta odprtina in izključen ventilator.



Slika 91: Časovna razporeditev CO v LI_CO_01 v primeru gorenja različnih tipov goriv. Odprta odprtina in vključen ventilator.



Slika 92: Časovna razporeditev CO v LI_CO_03 v primeru gorenja različnih tipov goriv. Odprta odprtina in vključen ventilator.



Slika 93: Časovna razporeditev CO v DI_CO_04 v primeru gorenja različnih tipov goriv. Odprta odprtina in vključen ventilator.

Sklepne ugotovitve

Opravili smo meritve CO in temperature pri gorenju štirih goriv, to je propan/butana, bioetanola, lesnih peletov ter sušenih bukovih drv. Vpihovali smo tudi čisto CO in sicer dveh različnih koncentracij 150 ppm in 400 ppm. Meritve smo opravili pri različnih pogojih in sicer pri popolnoma zaprti komori in pa pri odprti odprtini in vključenem ventilatorju.

Rezultati meritev kažejo, da so meritve temperatur v skladu s pričakovanji. Torej so temperature najvišje pri vrhu komore in z oddaljenostjo od vira gorenja padajo.

Rezultati meritev CO so pokazali, da je koncentracija CO v komori najvišja v primeru trdih goriv, kot sta bukov les in lesni peleti. Zanimiv je rezultat, da je koncentracija CO v primeru gorenja bioetanola zelo podobna tisti pri gorenju bukovih sekancev. V primeru propan/butana pa so koncentracije dosti manjše.

Gibanje CO je ne glede na tip goriva enako. Koncentracije CO so najvišje v območju nad virom CO in na dnu nasprotno stranice.

Koncentracije CO so v primeru zaprte komore pričakovano višje kot v primeru komore z odprtimi odprtinami in vključenim ventilatorjem.

Faza 2.1: Pregled in priprava povzetka obstoječih predpisov v Sloveniji in tujini

V okviru faze 2.1 razvojnoraziskovalnega projekta Nastajanje CO med gorenjem je pripravljen pregled in povzetek obstoječih predpisov, smernic in sodobnih pristopov za preprečevanje zastrupitev s CO v bivalnih prostorih v Sloveniji in drugih evropskih državah, v ZDA in Kanadi.

Slovenska zakonodaja, smernice in primer slabe prakse

Avtor: Gašper Golob

V Sloveniji vgradnjo javljalnikov ogljikovega monoksida (v nadaljevanju javljalnik CO) v bivalnih prostorih določa Pravilnik o zahtevah za vgradnjo kurilnih naprav (v nadaljevanju pravilnik) z dne 6. 12. 2013 [1]. Pravilnik je namenjen zahtevam za vgradnjo kurilnih, dimovodnih in pripadajočih prezračevalnih naprav, ki so namenjene za ogrevanje ali pripravo tople sanitarne vode v bivalnih in nebivalnih prostorih. V nadaljevanju se bom osredotočil na pojasnitev pravilnika v tistih delih, ki je povezan z vgradnjo javljalnikov CO in ki služi boljšemu razumevanju določil pravilnika uporabnikom, ki iščejo informacije o ustreznosti namestitve javljalnikov CO.

Pravilnik določa, da se v primeru kurjenja s tekočim, plinastim ali trdnim gorivom vse **na novo vgrajene kurilne naprave** v bivalnih prostorih lahko vgradi le takšne, ki so neodvisne od zajema zraka iz prostora, v nebivalni prostor pa se lahko vgradi kurilna naprava odvisna od zraka v prostoru. Pravilnik vključuje tudi izjemo pri vgradnji kurilne naprave na trdo gorivo, ki je odvisna od zraka v bivalnem prostoru. Tako napravo lahko vgradimo v bivalni prostor, če je poleg izpolnjevanja zahtev neoporečne vgradnje kurilne naprave nameščen tudi javljalnik CO, ki izpolnjuje zahteve standarda **SIST EN 50291-1** *Električne naprave za odkrivanje ogljikovega monoksida v gospodinjstvih, 1. del: Preskusne metode in zahtevane lastnosti* oziroma mora dosegati enakovredno raven v tem standardu navedenih zahtev (v nadaljevanju SIST EN 50291-1).

Če se odločimo na primer **zamenjave obstoječe kurilne naprave** na tekoče ali plinasto gorivo, ki je odvisna od zraka v prostoru in je priključena na skupno dimniško tuljavo z dvema ali več priključki iz različnih delov stavbe oziroma različnih lastnikov te dimniške tuljave, lahko to storimo samo v primeru izpolnjevanja naslednjih pogojev:

- če gre za začasno in nujno rešitev ogrevanja ali priprave tople sanitarne vode,
- če so izpolnjene zahteve neoporečne vgradnje vseh kurilnih naprav, priključenih na isto dimniško tuljavo.

Ob tem je treba upoštevati tudi čas uporabe novo vgrajene kurilne naprave, ki ne sme biti daljši od rokov, ki jih glede zamenjave obstoječih kurilnih naprav določa predpis, ki ureja emisije in toplotne izgube z dimnimi plini (Uredba o emisiji snovi v zrak iz malih in srednjih kurilnih naprav [2]).

V bivalnih prostorih se ne sme vgraditi naprav za ogrevanje, ki niso priključene na dimovodne naprave za odvod dimnih plinov v okolico, kot so na primer prenosni grelniki na petrolej ali plin. Veliko pozornost moramo nameniti tudi vsem morebitnim spremembam dovoda zraka v prostore s kurilnimi napravami, ki bi lahko kakorkoli vplivale na varno delovanje kurilnih naprav. V pravilniku je v 8. členu

našteti nekaj primerov, ko lahko pride do tovrstnih sprememb. Tem primerom bi dodal tudi zamenjavo stavbnega pohištva (oken in vrat) z novimi energetske varčnejšimi, ki lahko bistveno spremenijo tlačne pogoje v prostoru in s tem varno delovanje kurilnih naprav. Nova okna ali vrata namreč bistveno bolj tesnijo kot stara.

Pri projektiranju, vgradnji ali spremembah na kurilnih, dimovodnih ali pripadajočih prezračevalnih napravah je treba izpolnjevati zahteve tehnične smernice Slovenskega združenja za požarno varstvo SZPV 407: Požarna varnost pri načrtovanju, vgradnji in rabi kurilnih in dimovodnih naprav [3].

V pravilniku je v 11. členu navedeno, da je treba v vseh primerih, ko imamo **v bivalnem prostoru nameščeno kurilno napravo**, odvisno od zraka v prostoru, namestiti javljalik CO najpozneje do 01. 01. 2017.

Če povzamemo določbe pravilnika, moramo javljalnice CO vgraditi v bivalni prostor v primeru obstoječe ali vgradnje nove kurilne naprave na katerokoli vrsto goriva, ki za svoje delovanje zajema zrak iz bivalnega prostora. Pravilnik torej jasno opredeljuje, v katerih primerih je treba namestiti javljalnice CO. Kljub temu imajo uporabniki kurilnih naprav še vedno težave pri odločanju o nakupu javljalnikov CO in predvsem o ustreznem mestu namestitve. Pravilnik namreč ne vključuje poglavja o napotkih za ustrezno namestitev javljalnikov CO. Primer slabe prakse na terenu prikazuje slika 1, kako uporabniki velikokrat nameščajo javljalnice CO na mesta, ki niso v skladu s standardom **SIST EN 50292:2014 Električni aparati za zaznavanje ogljikovega monoksida v stanovanjskih prostorih, bivalnih prikolicah in čolnih - Navodilo za izbiro, vgradnjo, uporabo in vzdrževanje**. Običajno uporabniki sledijo navodilu proizvajalca javljalnika CO, ki so lahko problematična, ker navajajo mesta namestitve, ki niso skladna s standardom SIST EN 50292:2014. Ker uporabniki sledijo takim navodilom proizvajalca, so javljalniki lahko nameščeni na mestih, ki pravočasno ne zaznajo nevarne koncentracije CO v bivalnem prostoru. V Sloveniji trenutno še nimamo vključenega standarda SIST EN 50292:2014 v zakonodajo.



Slika 94: Neustrezna namestitev javljalnika CO[4]



Slika 95: Tip javljalnika CO, ki je bil v sistemu RAPEX objavljen že 6x [5]

Prav tako v pravilniku [1] ni določil o pregledovanju skladnosti nameščenih javljalnikov CO s standardom SIST EN 50291-1, saj pregledovanje tehnične skladnosti z zahtevanimi standarda sodi v pristojnost Tržnega inšpektorata RS (v nadaljevanju tržni inšpektorat). Potrošniki lahko danes kupi javljalnik CO preko spleta s kjerkoli dela sveta. V teh primerih je potrošnik izpostavljen tveganju, da kupi javljalnik, ki ni skladen s standardom, ki ga določa pravilnik [1]. Tehnično neskladni javljalniki CO so se v preteklosti že pojavljali na slovenskem tržišču (glej [6] in [7]). V sistemu RAPEX je bilo od leta 2007 do marca 2017 objavljenih že več kot 50 umikov neustreznih javljalnikov CO iz trga posameznih držav članic EU! RAPEX je sistem hitre izmenjave informacij v EU o izvedenih oziroma nameravanih prisilnih ukrepih pristojnih organov ter o prostovoljnih dejanjih proizvajalcev in distributerjev, ki omejujejo trgovanje s proizvodi, za katere je bilo ugotovljeno, da bi pri uporabi v skladu s svojim namenom lahko predstavljali resno nevarnost za potrošnike v skladu s predpisi o splošni varnosti proizvodov. Za ustrežnejšo obveščeno potrošnikov bi bilo nujno tesnejše sodelovanje s tržnim inšpektoratom, ki je na svojih spletnih straneh [8] že objavil, kakšne so zahteve za javljalnike CO.

V nadaljevanju povzemamo bistvene zahteve tržnega inšpektorata glede označevanja in dokumentacije za javljalnike CO, s pomočjo katerih lahko potrošnik sam preveri, ali je proizvajalec spoštoval zahteve, ki veljajo zanj.

Na javljalnikih CO je treba preveriti, ali imajo naslednje označevanje:

- CE oznaka predpisane oblike;
- ime proizvajalca ali dobavitelja ali blagovna znamka;
- naziv, model proizvoda, tip plina, ki ga zazna;
- tip (A ali B), serija, serijska številka ali drugi podatki za identifikacijo javljalnika CO;
- standard, če se sklicuje nanj (tržni inšpektorat priporoča javljalnik CO, ki ima oznako standarda EN 50291-1);
- javljalnik CO na električno napajanje: napetost, frekvenca, nazivna velikost varovalke in način priključitve na omrežje;
- javljalnik CO na baterijsko napajanje: tip in velikost zamenljivih baterij;
- navedba življenjske dobe javljalnika CO;
- opozorila na javljalniku CO oz. embalaži: "Pred uporabo skrbno preberite navodila! Proizvod naj vgradi pristojna oseba! Informacije o skladiščenju in transportu. Naprava je namenjena za zaščito posameznikov pred akutnimi učinki izpostavljenosti ogljikovega monoksida. Naprava ne ščiti posameznikov s posebnimi zdravstvenimi težavami v celoti. V primeru dvoma se posvetujte z zdravnikom."

Poleg označevanja je potrebno preveriti tudi, ali imajo javljalniki CO priložena navodila za montažo, vzdrževanje in uporabo in ali so navodila v celoti v slovenskem jeziku. Navodila morajo vsebovati vsaj:

- pri javljalnikih CO na baterijsko napajanje: tip in velikost zamenljivih baterij in napotek za zamenjavo baterije,
- pri javljalnikih CO na električno napajanje: napetost, frekvenca, nazivna velikost varovalke in način priključitve na omrežje.

Pri navedbah tržnega inšpektorata bi izpostavil, da slednji **priporoča** javljalnik CO, ki ima oznako standarda EN 50291-1, medtem ko pravilnik [1] v 3. odstavku 4. člena določa, da »CO senzor **mora** izpolnjevati zahteve standarda SIST EN 50291-1«. Zaradi tega se lahko zgodi, da imamo na trgu v

Sloveniji prisotne javljalnike CO, ki niso v skladu s standardom SIST EN 50291-1! Smiselno je, da se v čim krajšem možnem času vzpostavi sistem nadzora nad že vgrajenimi javljalniki CO. Predloge smo pri SZPV 21. 12. 2016 poslali na Ministrstvo za okolje in prostor (Pripombe in predlogi na osnutek *Pravilnika o dopolnilnem usposabljanju in dimnikarski izkaznici* (št. zadeve 007-388/2016)), kjer smo predlagali dopolnitev nalog izvajalcev dimnikarskih storitev pri izvajanju pregledov kurilnih, dimovodnih in pripadajočih prezračevalnih naprav. Med ostalimi predlogi smo navedli tudi:

Kontrola namestitve javljalnikov CO, kjer so kurilne naprave v bivalnih prostorih odvisne od zraka v prostoru.

Opomba: Dimnikarji bi morali opravljati nadzor vsaj v štirih točkah:

1. Ali je nameščen javljalnik, ki ima predpisano oznako standarda SIST EN 50291-1?
Op.: Oznaka mora biti vidna na javljalniku.
2. Ali senzor še deluje?
Op.: Na etiketi mora biti na vidnem mestu označen datum proizvodnje in datum zamenjave/odstranitve.
3. Ali javljalnik oddaja zvočni signal (s pritiskom na preskusno tipko)? Op: Baterije so lahko izpraznjene.
4. Ali je nameščen na ustrezno mesto, skladno z navodili standarda SIST EN 50292:2014?

Težave pri nameščanju javljalnikov CO v skladu s pravilnikom [1] se kažejo tudi v primerih oddajanja stanovanj. V pravilniku [1] ni jasno določeno, ali mora za vgradnjo javljalnika CO poskrbeti **lastnik ali uporabnik kurilne naprave**. To vprašanje je bilo izpostavljeno s strani predstavnikov upravnikov nepremičnin na strokovnem posvetu Varna uporaba kurilnih, dimovodnih in prezračevalnih naprav, ki sta ga 27. 10. 2016 organizirala Slovensko združenje za požarno varstvo in Zbornica za poslovanje z nepremičninami pri Gospodarski zbornici Slovenije.

Za zaključek bi izpostavil tudi kurilne naprave, ki primarno niso namenjene ogrevanju in pripravi tople sanitarne vode, temveč so namenjene dekoraciji bivalnega prostora, kot jih deklarirajo proizvajalci. Te v pravilniku niso upoštevane. Uredba o emisiji snovi v zrak iz malih in srednjih kurilnih naprav [2] v 3. členu določa, da je kurilna naprava generator toplote, v katerem se toplota pridobiva z zgorevanjem goriva (npr. kondenzacijski, nizkotemperaturni, toplovodni, vročevodni in parni kotli) ter generatorji toplega ali vročega zraka, vključno s pomožnimi napravami, zlasti za pripravo, razprševanje oziroma mešanje goriva z zgorevalnim zrakom. Kurilna naprava je lahko mala, srednja ali velika.

Pri kaminih na bioetanol gre za vrsto kurilnih naprav, ki so poleg dekoracije v bivalnem prostoru lahko namenjeni tudi ogrevanju. Kamini na bioetanol lahko proizvajajo 4 kW in več moči [9]. Kamini na bioetanol za svoje delovanje uporabljajo tekoče gorivo in so odvisni od zraka v prostoru. Tovrstne kurilne naprave niso priključene na dimovodne naprave za odvod dimnih plinov v okolico! Uporaba javljalnikov CO v primeru uporabe dekorativnih kaminov je tako smiselna in bi jih bilo potrebno vključiti v pravilnik.

Literatura:

- [1] Pravilnik o zahtevah za vgradnjo kurilnih naprav (Uradni list RS, št. [100/13](#))
- [2] Uredba o emisiji snovi v zrak iz malih in srednjih kurilnih naprav (Uradni list RS, št. [24/13](#), [2/15](#) in [50/16](#))
- [3] Smernica SZPV 407: Požarna varnost pri načrtovanju, vgradnji in rabi kurilnih in dimovodnih naprav, izdaja 01/2012: www.szpv.si
- [4] Osebni arhiv Gašper Golob, Detektor sistemi d.o.o.
- [5] Installing a carbon monoxide alarm could save your life. Carbonmonoxide.ie.
http://www.carbonmonoxide.ie/htm/co_alarms.htm (pridobljeno 10.4.2017)
- [6] Odpoklic - CO detektor, ZPS.
<https://www.zps.si/index.php/varnost-sitemap-188/odpoklici-2015/7572-odpoklic-co-detektor>
(pridobljeno 10.4.2017)
- [7] Odpoklic - detektor ogljikovega monoksida COmmel, ZPS.
<https://www.zps.si/index.php/varnost-sitemap-188/odpoklici-2015/7271-odpoklic-detektor-ogljikovega-monoksida-commel> (pridobljeno 10.4.2017)
- [8] Zagotovimo si ustrezen alarm pred dimom in CO, TIRS.
<http://www.ti.gov.si/si/splosno/cns/novica/archive/2015/12/article/12112/5709/> (pridobljeno 10.4.2017)
- [9] Kamin na bioetanol PrimeBox, DecoKamini - kamini na bioetanol.
<https://kamini-bioetanol.si/kolekcija/kamin-bioetanol-primebox/> (pridobljeno 13.4.2017)

Zakonodaja, smernice in primeri dobre prakse v evropskih državah

Avtorica: Mateja Gris

Metoda zbiranja podatkov: vprašalnik

Pregled zakonodaje, smernic in dobre prakse za preprečevanje zastrupitev s CO v bivalnih prostorih smo pripravili na osnovi odgovorov na vprašalnik, ki smo ga poslali kolegom iz naslednjih držav:

1. Belgija: Jeanine Driessens, ANPI,
2. Češka: Kamila Kempna, GIT in František Kregl, PKPO,
3. Danska: Ib Bertelsen, DBI,
4. Francija: Géraldine Guichard, CNPP,
5. Finska: Ilpo Leino, SPEK,
6. Hrvaška: Branka Hrvojčec, HUZOP,
7. Irska: John Casey, Ei Electronics,
8. Madžarska: Mónika Szabó, János Zellei in György Heizler, TSZVSZ,
9. Nemčija: dr. Mingyi Wang, GDV in Ingeborg Schlosser, VdS,
10. Poljska: Jolanta Sek in Piotr Grabowski, OSPZPiSR,
11. Portugalska: Ana Ferreira, APSEI,
12. Romunija: Horia Mihai Nicolescu, SIGURA,
13. Slovaška: Miroslav Smolka, APPO SR,
14. Srbija: Barbara Vidaković, DITUR,
15. Španija: Miguel Vidueira, CEPREVEN,
16. Švedska: Lars Brodin, SVBF,
17. Švica: Florian Zimmermann, SWISSI,
18. Ukrajina: Inna Čikalo in Boris Platkevich, UFTSU,
19. Velika Britanija: Caroline Windle, FPA in Martyn Walley, AICO.

Večina zgoraj navedenih organizacij so nacionalna požarna združenja ali neprofitna podjetja s področja požarne oziroma civilne zaščite ter združenja zavarovalnic. Kjer združenj ni, smo vprašali podjetja, ki se ukvarjajo z izdelavo ali prodajo javljalnikov CO.

Vprašanje je bilo:

»Spoštovani,

Slovensko društvo za požarno varstvo sodeluje pri raziskovalnem projektu Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Ljubljani o preprečevanju zastrupitev z ogljikovim monoksidom v bivalnem okolju. Končni cilj projekta je pripraviti nacionalni program z ukrepi za preprečevanje zastrupitev s CO v bivalnem okolju.

Del projekta je tudi raziskava o ureditvi tega področja v drugih državah v Evropi in po svetu. V projektu želimo predstaviti dobro prakso s tega področja v EU in drugih državah.

Prosimo, da nas obvestite o varnostnih ukrepih / urediti v vaši državi, predvsem pa o:

1. Zahteve:

(1) Predpisi:

a. Ali obstaja predpis o nameščanju javljalnikov CO v bivalnem okolju?

I. Če je odgovor pritrdilen: ali obstajajo kakršne koli tehnične zahteve za javljalnike, kot je npr. EN 50291-1: Električne naprave za odkrivanje ogljikovega monoksida v gospodinjstvih - 1. del: Preskusne metode in zahtevane lastnosti, ali

II. zahteve o namestitvi in vzdrževanju javljalnikov, kot je npr. EN 50292:

Električni aparati za zaznavanje ogljikovega monoksida v stanovanjskih prostorih, bivalnih prikolicah in čolnih - Navodilo za izbiro, vgradnjo, uporabo in vzdrževanje.

(2) Smernice zavarovalnic ali strokovnih združenj. Prosimo, pojasnite v stavku ali dveh.

2. Vključevanje vaše organizacije v akcijah za preprečevanje zastrupitve z ogljikovim monoksidom. Prosim, pojasnite v stavku ali dveh.

Prosimo, delite z nami vaše izkušnje. Zbirali bomo vse vaše odgovore in narediti predstavitev na enem od naših srečanj. Prosimo vas, da nam pošljete svoj odgovor do 10. aprila 2017. «

Vsebina pisma v angleščini:

»Dear colleagues/friends,

Slovenian Fire Protection Association is working on a research project about Carbon Monoxide alarms with Faculty of Chemistry and Chemical Technology at University of Ljubljana. The final goal of the project is to prepare a national programme with measures to prevent CO poisoning in domestic premises.

Part of the research project is also a research on regulation in different countries in Europe and elsewhere. We would like to find the good practices dealing with this problem in EU and worldwide. Please, let us know about the precautions/regulation in your country, especially about:

1. Requirements:

(1) regulation

a. is there any regulation about the instalation of CO detectors in private homes

I. if yes, are there any technical requirements for detectors, such as EN 50291-1: Electrical apparatus for the detection of carbon monoxide in domestic premises. Test methods and performance requirements, or

II. installation and maintenance standard, such as EN 50292: Electrical apparatus for the detection of carbon monoxide in domestic premises, caravans and boats - Guide on the selection, installation, use and maintenance.

(2) guidelines by insurance companies or associations. Please, explain in a sentence or two.

2. Involvement of your organization in campaigns on prevention of Carbon Monoxide poisoning. Please, explain in a sentence or two.

Please, share with us your experience. We will collect all your answers and do a presentation at one of our meetings. Please, send us your answer until 10th of April 2017.«

Zbrani podatki

Do 13. 4. 2017, torej do priprave poročila, smo prejeli 11 odgovorov iz naslednjih držav: Belgije, Danske, Finske, Irske, Madžarske, Nemčije, Poljske, Portugalske, Slovaške, Švedske in Velike Britanije. Vsaka od držav ima specifičen sistem. S prevajanjem odgovorov se lahko vnesejo vsebinske napake, zato odgovore najprej navajamo v angleščini; kot smo jih prejeli, v nadaljevanju pa vsebinski povzetek v slovenščini:

- I. **Belgija** (odgovor je poslala Jeanine Driessens, ANPI. ANPI je član CFPA-E):
At present there is no legal obligation to equip houses with CO detectors.
The current philosophy of lawmakers is to ensure proper ventilation of combustion appliances.
The discussion, however, is open but one of the points concerns the control in the dwellings and the reaction of the occupants in case of alarm.
ANPI laboratories' will very soon open tests on CO detector under the BOSEC certification.
- II. **Danska** (odgovor je poslal Ib Bertelsen, Master of Fire Safety, The Danish Institute of Fire and Security Technology (DBI). DBI je član evropskega združenja nacionalnih požarnih združenj CFPA-E):
"CO detectors are normally not applicable in private homes. However they are more and more used as voluntary detectors in caravans together with other types of detectors.
DBI is not involved in any campaigns about CO detectors. DBI participates only part-time in campaigns for installation of normally smoke detectors in private residences."
- III. **Finska** (odgovor je poslal Ilpo Leino, head of security, The Finnish National Rescue Association (SPEK). SPEK je član CFPA-E):
"The use of CO detectors is totally voluntary.
There are no obligatory technical requirements but usually CO detectors fulfill SFS-EN 50291-1. No guidelines by insurance companies.
The Finnish Safety and Chemicals Agency (Tukes) is a licensing and supervisory authority, which promotes the safety and reliability of products, services and industrial activities in Finland. Tukes tested 6 CO detectors according to EN 50291 two years ago. 5 detectors failed the tests!
Importers were ordered to draw back those detectors from the consumer markets. Detectors that failed the tests were: Alarm VST-C588H, Fireman SFT-101, Fireman SFT-111-LCD, Palomies JB-CO4 / SY-CO4 and FireAngel CO-9D. The only one that worked was: T-Mode, model LM-201A.
We are nowadays very sceptic about CO detectors and advice people to learn how to use their fireplaces correctly instead of buying CO detectors."
- IV. **Irska** (odgovor je poslal John Casey, Ei Electronics, proizvajalec javljalnikov CO):
»There is a Building Regulations 2014, Technical Guidance Document J
(<http://www.housing.gov.ie/sites/default/files/migrated-files/en/Publications/DevelopmentandHousing/BuildingStandards/FileDownload%2C37240%2Cen.pdf>) regarding CO warning:
1.5 Warning of the release of carbon monoxide in dwellings

1.5.1 Carbon monoxide: *To ensure proper combustion and removal of the products of combustion a heat producing appliance should be correctly installed and regularly serviced. The provision of an alarm in accordance with the guidance below should not be regarded as a substitute for this.*

1.5.2 Carbon monoxide alarms: *Where a new or replacement open-flued or flueless combustion appliance, not designed solely for cooking purposes, is installed in a dwelling, a carbon monoxide (CO) alarm should be provided:*

(a) in the room where the appliance is located, and

(b) either inside each bedroom or, within 5 m (16 ft.) of the bedroom door, measured along the path of the corridor.

1.5.2.1 *Where a system chimney is being used, with any heat producing appliance and the flue passes within or over a habitable room, (whether encased or not), then a CO alarm should be fitted in the room.*

1.5.2.2 Alarm type: *A carbon monoxide alarm depends on a sensing element the output of which changes in the presence of carbon monoxide. It has a limited life span and may become obsolete even though the electric circuitry remains functioning which is why an end of life alarm is required.*

Carbon monoxide alarms should:

(a) comply with I.S. EN 50291-1:2010/A1:2012; and

(b) incorporate a visual and audible indicator to alert users when the working life of the alarm is due to pass; and

(c) the manufacturer should have third party certification confirming compliance with the standard.

The carbon monoxide alarm may give an end-of-life indication in accordance with the following criteria:

- 1. powered by a non-replaceable (sealed) battery unit where the battery life does not exceed the life of the sensor;*
- 2. powered by mains electricity (not plug in type) where a timer is included to indicate the end-of-life of the unit;*
- 3. powered by a replaceable battery where a timer is included to indicate the end-of-life of the unit.*

1.5.3 Location:

1.5.3.1 *The carbon monoxide alarm in a room containing an open-flued or flueless combustion appliance should be located –*

(a) either on the ceiling at least 300 mm from any wall or, if it is located on a wall, as high up as possible (above any doors and windows) but not within 150 mm of the ceiling; and

(b) between 1000 mm and 3000 mm horizontally from the appliance; or

(c) in accordance with the manufacturer's instruction.

1.5.3.2 *Alarms located in bedrooms should be located relatively close to the breathing zone of the occupants.*

1.5.3.3 *Where a single room serves as living accommodation then the alarm should be positioned as far from the cooking appliances as possible but near to where the person sleeps.*

1.5.3.4 Further guidance on the installation of carbon monoxide alarms is available in I.S. EN 50292:2002 and from manufacturers' instructions."

V. **Madžarska** (odgovor je poslal György Heizler, predsednik TSZVSZ. TSZVSZ je član vzodnoevropskega združenja nacionalnih požarnih združenj ECEUFIRE):

"The situation of CO detection in Hungary in homes and public spaces:

CO levels: In homes there is no legally required CO level value. According to recommendations, the 24h mean concentration of carbon monoxide is 10 mg/m³, a maximum short one-hour limit is 20 mg/m³.

Application:

1. Recommended

- in homes
- in community spaces

2. Required

The Act (XC of 2012) makes the use of CO detectors obligatory if one operates a heating unit which is not independent from the room airspace and has an open combustion chamber:

- in nursery, kindergarten, school,
- in rooms used for guest nights,
- in in-patients institutes,
- in inpatient hospital care,
- in places where music and dance events are organized.

The user of these institutes is obliged to install CO detectors and to operate them, if the heating unit is in public spaces or in areas which are airspace-connected with it.

Requirements for the CO detector: /12/2014. (II. 21.) Inner Ministry Decree

1. The devices have to be safe and effective for detecting dangerous levels of CO for humans.
2. In case of detecting dangerous CO levels for humans the device must provide continuous alarm as long as the dangerous level persists and the leaving of the affected room needs.
3. The alarm signal must be suitable to be immediately and clearly sensed by everyone staying in the room where the device is installed.
4. The most important characteristics, information and usage guidance should be given in Hungarian-language in the instruction manual.
5. Distinctive signals must show if the device is turned on, or if is not functioning properly, or the end of its lifetime, - if it is fitted with this function.

Technical requirements: according to EN 50291- 1: 2014 or other equivalent solutions.

Placement: according to EN 50292- 1: 2013.

Checking: The task of chimney sweepers (63/2012 (XII 11) Inner Ministry Decree).

Testing: Those in the market are checked occasionally.

Prevention, awareness-raising:

- National Fire Prevention Committee's priority area – population is addressed.
- A few thousand devices were distributed for a good cause.
- Association TSZVSZ was also involved (eg. the Construma fair last year.)
- Association TSZVSZ is a member of National Fire Prevention Committee.
- Training of professionals.
- Insulated windows with fitted air holes.

- For new buildings or replacement of the old heating unit only the application of closed chamber gas furnace is permitted.”

- VI. **Nemčija** (odgovor je poslal Dr.-Ing. Mingyi Wang iz nemškega združenja zavarovalnic German Insurance Association. Dr. Wang vodi komisijo za smernice o naravnih nesrečah pri CFPA-E):
“Germany has only the following regulation about CO-detection in garages, connected with requirements on automatic ventilation systems, in the garages regulation of the federal states: *Closed large garages (> 1000 m²) with not only small inflow and outgoing traffic must have CO systems for measurement and warning (CO warning systems). The CO warning systems must be designed in such a way that the users of the garages are asked to leave the garage quickly or switch off the motors when the CO content of the air exceeds 250 ppm by means of loudspeakers and flashing signals. During this period, the garage exits must be kept open all the time. The CO warning systems must be connected to an equivalent power source. Automatic ventilation systems and CO warning systems must be maintained in such a way that they are always ready for operation. CO warning systems must be connected on at all times.* There isn’t any guidance of insurance industry on CO-detection, because the health protection is the defined regulation area of authorities.”
- VII. **Poljska** (odgovor je poslal Damian Bąk, CENTRUM NAUKOWO-BADAWCZE OCHRONY PRZECIWOŻAROWEJ (CNBOP Fire Institute). Njegov odgovor so posredovali kolegi iz poljske članice ECEUFIRE):
“Poland does not have any rules concerning use of CO detectors in private houses. Polish government has implemented on 1 January 2017 *Regulation of the Minister of Infrastructure and Construction dated November 17, 2016 on ways of declaring performance of construction products and marking them with the construction mark (J. of L.2016 item 1966)* in which there are listed construction products for which producer need to issue national declaration of constancy of performance. Among those construction products there were also mentioned (according to the attachment no. 1) CO detectors. In accordance with the above, in order for CO detectors to be introduced on Polish market it is needed to perform national assessment and verification of constancy of performance of construction product (resulting in obtaining a national certificate of constancy of performance). Based on obtained national certificate Producer need to issue (solely on their own responsibility) national declaration of constancy of performance and mark their product with construction mark “B”. Please note that according to §14 of above mentioned regulation CO detectors will need to be marked with construction mark “B” from 1 of July 2018. From 1 of January up to 30 of June 2018 Producer can (but do not need to) mark CO detectors with construction mark “B”. Various types of social initiatives are being implemented to reduce the number of victims of fires and CO poisoning. One of those initiatives is prepared by Chief Commandant of the State Fire Service in form of program “Zgaś ryzyko” (“Risk off”) for which <http://zgasryzyko.pl> website was created. This website contains information about fire causes, fire threats and acting instruction in case of CO poisoning and CO detection methods. Very important part of the website is the ability to download educational materials for kids in the form of coloring books and games that teach safe

behaviors in case of various threats. There are also plenty of recommendations for teachers organizing didactic classes for children and youth.

Another initiative was launched on 25 October 2016 by the Minister of Internal Affairs and Administration in the form of social campaign "Czad i ogień. Obudź czujność" ("Carbon monoxide and fire. Wake up vigilance") regarding fire safety and risks connected to carbon monoxide. The purpose of the campaign is to raise consciousness about carbon monoxide and fire threats. More details regarding mentioned campaign can be found on <http://www.mswia.gov.pl/pl/aktualnosci/15277,Co-czwarty-Polak-blednie-mysli-ze-czad-mozna-rozpoznać-po-zapachu-lub-dymie-Rusz.html>."

VIII. **Portugalska** (odgovor je poslal Bruno Pinto, APSEI. APSEI je član CFPA-E):

"There are no legal instruments on this matter in Portugal.

However, although national legislation does not address the instalation of CO detectors in domestic premises, there are the following technical requirements to be considered:

- EN 50291-1:2010 Electrical apparatus for the detection of carbon monoxide in domestic premises. Part 1: Test methods and performance requirements,
- EN 50291-2:2010 Electrical apparatus for the detection of carbon monoxide in domestic premises. Part 2: Electrical apparatus for continuous operation in a fixed installation in recreational vehicles and similar premises including recreation craft - Additional test methods and performance requirements and
- EN 50292:2013 Electrical apparatus for the detection of carbon monoxide in domestic premises, caravans and boats - Guide on the selection, installation, use and maintenance.

In terms of prevention, APSEI tries to raise the awareness of the market through news, articles and other content in our communication platforms (website, facebook, events).

For instance, in our website we have available the Guidelines produced by CFPA. Among the guides, we highlight the guide CFPA E Guideline No 10 2008 F – "Smoke alarms in the home", that we recently translated to Portuguese.«

IX. **Slovaška** (odgovor je poslal Miroslav Smolka, podpredsednik slovaškega združenja Slovak Association for Passive Fire Protection (APPO SR)):

»There is no regulation about the instalation of CO detectors in private homes. There is a requirement for instalation of CO detectors in gas boiler rooms of industrial facilities and district heating.

There are no guidelines by insurance companies or associations on this matter.

Slovak Association for Passive Fire Protection is preparing a voluntary technical standard for gas detectors, as this has long been neglected area in Slovakia."

X. **Švedska** (odgovor je poslal Lars Brodin, Brandskyddsföreningen, član CFPA-E):

"There are some standards dealing with CO-detectors (for example ISO 7240-6 Carbon monoxide fire detectors using electro-chemical cells and EN 54- Part 26: Carbon monoxide detectors – Point detectors).

In our view only carbon monoxide detection is not sufficient to detect a fire but in combination with other detection methods it can be useful, and of course to prevent carbon monoxid

poisoning from other accidents than fire. Carbon monoxid poisoning is not common in Sweden even if it occurs now and then.”

XI. **Velika Britanija** (odgovor je poslala Caroline Windle, Head of Publishing Services and RISC Authority, Fire Protection Association (FPA). FPA je članica CFPA-E):

“There is legislation for landlords which applies in England -

<http://www.legislation.gov.uk/uksi/2015/1693/contents/made>.

Government has provided an explanatory document for this -

<https://www.gov.uk/government/publications/smoke-and-carbon-monoxide-alarms-explanatory-booklet-for-landlords/the-smoke-and-carbon-monoxide-alarm-england-regulations-2015-ga-booklet-for-the-private-rented-sector-landlords-and-tenants>.”

Povzetek s pomočjo vprašalnika zbranih informacij

Izkušnje kolegov iz drugih držav, ki dobro poznajo lastno zakonodajo, smernice in primere dobre prakse lahko pomagajo pri oblikovanju slovenskega nacionalnega programa. Namen raziskave ni bil podrobno preučevanje posameznih nacionalnih sistemov ampak povzeti izkušnje oziroma usmeritve posameznih držav na področju preprečevanja zastrupitev s CO v bivalnih prostorih.

Po analizi odgovorov ugotavljamo:

1. V večini držav vgradnja javljalnikov CO v bivalnih prostorih ni predpisana, razen v prostorih, kjer ni urejenega ustreznega prezračevanja; predvsem v bivalnih enotah, namenjeni oddaji (stanovanja, turistične kapacitete). Vgradnja javljalnikov CO je ponekod predpisana v plinskih kotlovnica, večjih garažnih hišah in stavbah, kot so hoteli, vzgojno-varstvene ustanove, ipd.
2. V večini držav posvečajo pozornost pravilni namestitvi kurilnih in dimovodnih naprav (in drugih virov CO v bivalnih prostorih), v primeru potrebe po javljalnikih pa tehnični ustreznosti in pravilni namestitvi javljalnikov CO. Osnova za ugotavljanje skladnosti in navodila za namestitev so evropski standardi (EN).
3. V večini držav občasno ali stalno ozaveščajo prebivalstvo na nevarnost zastrupitve s CO na različne načine: z organizacijo tematskih dogodkov in drugih priložnostih, s pomočjo spletnih strani, preko drugih medijev.
4. izpostavljeni problemi:
 - odzivnost stanovalcev na alarm,
 - neustreznost javljalnikov CO na trgu,
 - zanemarjanje problema zastrupitev s CO na nacionalnem nivoju.

Zakonodaja, smernice in primeri dobre prakse v ZDA in Kanadi

Avtor: dr. Aleš Jug

Metoda zbiranja podatkov:

ZDA:

- <http://www.ncsl.org/research/environment-and-natural-resources/carbon-monoxide-detectors-state-statutes.aspx>

Kanada:

- https://www.mcscs.jus.gov.on.ca/english/FireMarshal/CarbonMonoxideAlarms/QuestionsandAnswers/OFM_COAlarms_QandA.html
- <http://www.parachutecanada.org/downloads/policy/CO%20Detector%20Legislation%20Chart-2014.pdf>

Združene države Amerike

so zvezna republika v severni Ameriki, sestavljena iz 50 geografsko povezanih zveznih držav in dveh ločenih. Po podatkih iz leta 2017 imajo ZDA 318,9 milijona prebivalcev.

Letno se v domačem okolju v ZDA zaradi prístnosti CO zastrupi preko 10.000 ljudi, smrtnih žrtev zaradi CO je preko 500. Podatki so predstavljeni v tabeli v nadaljevanju.

Tabela 7: Smrtne žrtve zaradi CO

Število prebivalcev	Število zastrupitev na leto	Število smrtnih žrtev na leto	Število zastrupitev na leto/milijon prebivalcev	Število smrtnih žrtev na leto/milijon prebivalcev
318.9 mio	10.000	500	31,3	1,56

Po podatkih zbranih v začetku leta 2017 ima 32 zveznih držav opredeljene zahteve za vgradnjo javljalnikov CO, 11 držav pa ima opredeljene dodatne zahteve. Na podlagi zahtev vodje gasilske inšpekcije morajo biti javljalniki CO vgrajeni v vseh obstoječih in novih stanovanjskih enotah na Aljaski. V zveznih državah Connecticut, New Hampshire, Oregon, Pensilvanija, Rhode Island, Utah, Vermont, Washington in Zahodna Virginia je vgradnja javljalnikov CO zahtevana v novozgrajenih stanovanjskih objektih. Na Floridi morajo biti javljalniki CO nameščeni v novogradnjah in v kurilnicah.

Javljalniki CO v stanovanjskih objektih

V 27 zveznih državah kamor spadajo Aljaska, Kalifornija, Kolorado, Connecticut, District of Columbia, Florida, Georgia, Illinois, Iowa, Maine, Maryland, Massachusetts, Michigan, Minnesota, Nebraska, New Hampshire, New Jersey, New York, Severna Carolina, Oregon, Pensilvanija, Rhode Island, Tennessee, Utah, Vermont, Washington, West Virginia in Wisconsin so javljalniki CO zahtevani v stanovanjskih objektih. Nekatere države vežejo zahteve za vgradnjo javljalnikov CO na vgrajene peči na fosilna goriva (ob vgrajeni peči na fosilna goriva je javljalnik zahtevan, sicer ne), medtem ko nekatere države pogojuje vgradnjo javljalnikov CO s prodajo oz. menjavo lastnika objekta.

Javljalniki CO v šolah

V zveznih državah Kalifornija, Connecticut, Illinois in Maryland predpisi zahtevajo vgradnjo javljajalnikov CO v šolske objekte.

Javljalniki CO v hotelih in motelih

Predpisi v 13 zveznih državah podajajo zahteve za vgradnjo javljajalnikov CO v hotelih in motelih.

Kanada

je najsevernejša obmorska država v Severni Ameriki in meji na ZDA tako na severozahodu (na ameriško zvezno državo Aljaska) kot tudi na jugu (kar je največja nebranjena meja na svetu). Po podatkih iz leta 2017 ima Kanada 35,16 milijona prebivalcev.

Letno se v domačem okolju v Kanadi zaradi prístnosti CO zastropi preko 10.000 ljudi, smrtnih žrtve zaradi CO je preko 40. Podatki so predstavljeni v tabeli v nadaljevanju:

Tabela 8: Smrtne žrtve zaradi CO

Število prebivalcev	Število zastropitev na leto	Število smrtnih žrtve na leto	Število zastropitev na leto/milijon prebivalcev	Število smrtnih žrtve na leto/milijon prebivalcev
35,16 mio	ni podatka	42	ni podatka	1,2

V 5 provincah Alberta, Ontario, Manitoba, Quebec in Yukon so javljajalniki CO zahtevani v stanovanjskih objektih. Lokalni predpisi priporočajo vgradnjo javljajalnikov CO tudi drugod v Kanadi.

Predpisi za vgradnjo javljajalnikov CO veljajo od leta 2001. Javljalniki CO so zahtevani v vseh novih stanovanjskih objektih, kjer je ogrevanje s fosilnimi ali trdnimi gorivi in v avtomobilskih garažah stanovanjskih objektov.

Faza 2.2a: Poročilo o blagih in kroničnih zastrupitvah s CO v Sloveniji

Avtorja: Miran Brvar, Mojca Dobaja

Blage in kronične zastrupitve s CO

Blage in kronične zastrupitve s CO pogosto spregledamo, saj imajo zastrupljeni lahko številne in neznačilne težave, kot so glavobol, slabost, omotica, oslabelost in zmedenost [1-5]. Na zastrupitev s CO največkrat pomislimo šele takrat, ko nekdo izgubi zavest, saj se simptomi zastrupitve najprej pokažejo zaradi prizadetosti možganov in šele nato srca, ki sta zaradi velike presnovne aktivnosti tudi najbolj občutljiva organa na zastrupitev s CO [6]. Blage zastrupitve lahko zato potekajo tudi daljši čas in se kažejo s poslabšanjem učnega uspeha otrok in težavami v službi pri odraslih, lahko pa tudi z različnimi duševnimi težavami.

Klinična slika in teža zastrupitve s CO je odvisna od koncentracije CO in trajanja zastrupitve [6, 7], zato lahko tudi dolgotrajna izpostava nizki koncentraciji CO povzroči kronično zastrupitev s hudimi nevropsihološkimi posledicami. Kasne nevropsihološke posledice se najbolj pogosto kažejo s ponavljajočimi se glavoboli, motnjami spomina in osredotočanja misli, kognitivnim upadom in osebnostnimi spremembami [8]. Pojav naštetih posledic je pogostejši pri tistih, ki so bili izpostavljeni CO daljši čas. Posledice zastrupitve s CO se lahko tekom naslednjih mesecev in let sicer postopno izboljšajo ali izginejo, vendar pri četrtini bolnikov ostanejo trajne [8]. V tabeli 9 so prikazane možne kasne nevropsihološke posledice zastrupitve s CO.

Tabela 9: Kasne nevropsihološke posledice zastrupitve z ogljikovim monoksidom [8]

Nevrološke posledice	Kognitivne in psihološke posledice
glavobol	motnje osredotočanja misli
epilepsija	težave s spominom
parkinsonizem	nihanje razpoloženja
dispraksija	nespečnost
disfazija	depresija
ataksija	anksioznost
vertigo	psihoza
periferna nevropatija	
inkontinenca za vodo in/ali blato	

Pogostnost blagih in kroničnih nenamernih zastrupitev s CO

Število vseh zastrupitev s CO, ki ne povzročijo smrti, ni znano ne v Sloveniji in tudi v tujini ne. V desetletju med letoma 2007 in 2016 smo v UKC Ljubljana zdravili približno 3,5 zastrupljenec s CO na 100.000 prebivalcev iz Ljubljane in okolice. Vzrok nekajkrat manjšega števila ugotovljenih in zdravljenih nenamernih zastrupitev s CO v Sloveniji glede na tujino je predvsem neprepoznavanje blažjih zastrupitev [9, 10]. Pri nas diagnosticiramo pretežno težje oblike zastrupitve s CO, saj je bilo

med letoma 1990 in 1999 kar 50 % naših bolnikov nezavestnih, med letoma 2007 in 2016 pa je bilo med nenamerno zastrupljenimi bolniki takšnih še vedno 30 % zastrupljenecv s CO, medtem ko je v tujini nezavestnih le okoli 10 % zastrupljenecv s CO [2]. Bolnike, ki imajo samo blažje težave, npr. glavobol, slabost, omotico, in so oslabei ter zmedeni, pri nas prepoznamo manj pogosto kot v tujini.

Ugotavljanje blagih in kroničnih zastrupitev

Zastrupitev s CO ugotovimo s pomočjo podatka o nedavni izpostavi CO in prisotnosti ustreznih simptomov in znakov ter izmerjenega povišanega nivoja karboksihemoglobina.

Merjenje nivoja karboksihemoglobina je do pred kratkim temeljilo le na določevanju nivoja karboksihemoglobina v vzorcu krvi s plinskim analizatorjem s karboksioksimetrom. Dejstvo pa je, da bolnišnični laboratoriji pri nas in tudi v tujini pogosto nimajo karboksioksimetra [11], kar je pomemben dodaten razlog spregledanja blagih in kroničnih zastrupitev s CO.

Zadnja leta lahko nivo karboksihemoglobina določimo tudi s pulznim karboksioksimetrom, ki omogoča hitro in neinvazivno diagnosticiranje zastrupitev s CO brez odvzema vzorca krvi (Slika 96) [12].



Slika 96: Pulzni karboksioksimeter

S pulznim karboksioksimetrom lahko hitro in neinvazivno merimo nivoje karboksihemoglobina, zato je primeren za ugotavljanje zastrupitev s CO v urgentnih ambulantah in na mestih zastrupitev, kjer do sedaj nismo imeli možnosti hitre določitve nivoja karboksihemoglobina [3]. Ob ugotovitvi povišanega nivoja karboksihemoglobina s pulznim karboksioksimetrom je sicer smiselno zastrupitev s CO potrditi še z meritvijo karboksihemoglobina z določitvijo nivoja karboksihemoglobina v vzorcu krvi s plinskim analizatorjem s karboksioksimetrom [3].

Reševalci in urgentni zdravniki lahko zastrupitev s CO ugotovijo tudi z merjenjem CO v zraku v prostoru, kjer se nahaja zastrupljenec, npr. ob obisku na domu. V Avstriji so pokazali, da so reševalci, opremljeni z alarmnimi napravami oziroma javljalniki CO v zraku, ugotovili veliko zastrupitev med

bolniki, ki niso klicali na pomoč zaradi zastrupitve s CO, in tudi med reševalci, ki so reševali bolnike v prostorih, kjer je bil v zraku povišan nivo CO [13].

Zaključek in predlog za nadaljnje ukrepanje

V Sloveniji zastrupljence s CO, ki imajo samo blažje težave npr. glavobol, slabost, omotico in so oslabeli ter zmedeni, prepoznamo redkeje kot v tujini. V prihodnosti bomo morali biti tako bolj pozorni na lažje zastrupitve s CO, ki prav tako potrebujejo zdravljenje s kisikom, predvsem pa moramo vedno ugotoviti vir CO in preprečiti nadaljnjo izpostavljenost.

Na blage zastrupitve s CO bi morali tako pomisliti pri vseh bolnikih z znaki viroze, na primer gripe, saj so znaki pogosto zelo podobni. Zastrupitev s CO lahko pri teh bolnikih ugotovimo, če se njihove zdravstvene težave izboljšajo izven stanovanja in povrnejo ob vrnitvi v stanovanje, pri virozi pa se težave ne spreminjajo. Prav tako moramo na kronično zastrupitev s CO pomisliti pri vseh bolnikih z glavobolom in migreno, posebno če se le-ta pojavlja tekom kurilne sezone. Na CO pomislimo tudi ob sočasnem pojavu zdravstvenih težav pri več ljudeh, ki se zadržujejo v istem prostoru, predvsem med kurilno sezono.

V prihodnje bi morali vse urgentne centre opremiti s pulznimi karboksioksimetri, ki omogočajo hitro in neinvazivno diagnosticiranje zastrupitev s CO brez odvzema vzorca krvi, s čimer bi lahko hitro ugotovili blage in kronične zastrupitve s CO ter jih ločili od drugih bolezni, npr. viroz in migren. V zimskih mesecih bi bilo tako potrebno vsem bolnikov v urgentnih ambulantah, poleg običajne pulzne oksimetrije, narediti še pulzno karboksioksimetrijo, kar že omogočajo sodobni aparati (Slika 3).

Reševalce, ki obiskuje bolnike na domovih, pa bi morali opremiti z merilniki CO v zraku, s čimer bi lahko ugotovili povišan nivo CO v zraku in s tem tudi blage in kronične zastrupitve s CO.

Literatura

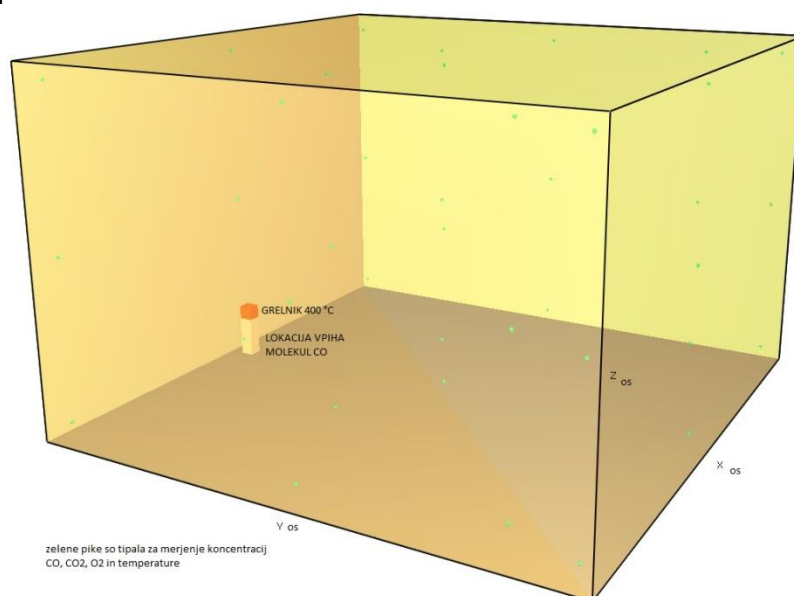
1. Brvar M, Šarc L, Jamšek M, Grenc D, Finderle Ž. Smernice zdravljenja zastrupitev z ogljikovim monoksidom. *Zdrav Vestn* 2014; 83: 7–17.
2. Brvar M, Jamšek M, Možina M, Horvat M, Gorjup V. Epidemiološki pregled zastrupitev z ogljikovim monoksidom v Ljubljani od 1990 do 1999. *Zdrav Vestn* 2002; 71: 87-90.
3. Roth D, Herkner H, Schreiber W, Hubmann N, Gamper G, Laggner AN, et al. Accuracy of noninvasive multiwave pulse oximetry compared with carboxyhemoglobin from blood gas analysis in unselected emergency department patients. *Ann Emerg Med* 2011; 58: 74-9.
4. Wright J. Chronic and occult carbon monoxide poisoning: we don't know what we're missing. *Emerg Med J* 2002; 19: 386-90.
5. Kanburoglu MK, Cizmeci MN, Akelma AZ. A Rare Cause of Chronic Headache that May Be Misdiagnosed as Migraine: Chronic Carbon Monoxide Poisoning. *Turk J Emerg Med* 2016; 14: 132-4.
6. Bauer I, Pannen BH. Bench-to-bedside review: Carbon monoxide—from mitochondrial poisoning to therapeutic use. *Crit Care* 2009; 13: 220.
7. Yazar C, Yakut A, Akin A, Yildiz B, Dinleyici EC. Analysis of the features of acute carbon monoxide poisoning and hyperbaric oxygen therapy in children. *Turk J Pediatr* 2008; 50: 235-41.
8. Pepe G, Castelli M, Nazerian P, Vanni S, Del Panta M, Gambassi F, et al. Delayed neuropsychological sequelae after carbon monoxide poisoning: predictive risk factors in the Emergency Department. A retrospective study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2011; 19: 16.
9. Lavigne E, Weichenthal S, Wong J, Smith-Doiron M, Dugandzic R, Kosatsky T. Mortality and hospital admission rates for unintentional nonfire-related carbon monoxide poisoning across Canada: a trend analysis. *CMAJ Open* 2015; 3: E223-30.
10. Iqbal S, Law HZ, Clower JH, Yip FY, Elixhauser A. Hospital burden of unintentional carbon monoxide poisoning in the United States, 2007. *Am J Emerg Med* 2012; 30: 657-64.
11. Hampson NB, Scott KL, Zmaeff JL. Carboxyhemoglobin measurement by hospitals: implications for the diagnosis of carbon monoxide poisoning. *J Emerg Med* 2006; 31: 13-6.
12. Brvar M, Bunc M, Ambrožič J, Možina M. Novo neinvazivno diagnosticiranje zastrupitev z ogljikovim monoksidom s pulznim CO-oksometrom. In: Gričar M, Vajd R, ed. *Urgentna medicina: izbrana poglavja. 13 mednarodni simpozij o urgentsni medicini; 2006 jun 14.-17.; Portorož, Slovenija. Ljubljana: Slovensko združenje za urgentno medicino; 2006: 224-6.*
13. Roth D, Bayer A, Schratzenbacher G, Malzer R, Herkner H, Schreiber W, et al. Exposure to Carbon Monoxide for Patients and Providers in an Urban Emergency Medical Service. *Prehosp Emerg Care* 2013; 17: 354-60.

Faza 2.2b: Analiza gibanja CO po prostoru in priprava scenarijev

Avtorja: izr.prof. dr. Simon Schnabl, mag. Marjan Lukežič

Matematični model in numerično modeliranje nastajanja in gibanja CO

Matematični model za analizo nastajanja in gibanja CO po prostoru ima geometrijske in materialne lastnosti podobne kot jih ima komora, ki je bila uporabljena pri eksperimentalnem delu analize nastajanja in gibanja CO. Prostor je tako dimenzij 162×162×104 cm (Slika 97). Zanimarili smo vse kovinske dele konstrukcije. Pokrov, kot tudi dve stranski plošči so iz polimetilmetakrilata (PMMA), dno komore in dve od štirih stranic pa iz negorljivega materiala. Na stranski PMMA plošči, ki je paralelna negorljivi plošči ob kateri je vir vpiha molekul CO, so tri dovodne odprtine za zrak (označene od vrha navzdol z 1, 2, 3) (Slika 98). Na pokrovu komore je nameščen ventilator, ki omogoča naravni in mehanski odvod zraka (Sliki 97 in 99). V simulaciji so spoji med ploščami modelirani kor popolnoma tesni. Lokacija vira CO (gorenje različnih tipov goriv ter vpihovanje čistega CO) in grelnik sta nameščena na spodnji plošči ob sredinskem delu stranske paralelne negorljive plošče glede na PMMA ploščo z odprtinami za dovod zraka.



Slika 97: Geometrija matematičnega modela ter merilna mesta in izvor CO in toplote pri numeričnem modeliranju s programskim orodjem FDS in Pyrosim

Tri stranice komore CO so definirane kot negorljive. Uporabljena je bila negorljiva požarna plošča PROMATECT(R)-H. Ostale stranice so iz pleksi stekla. Debelina požarne plošče PROMATECT(R)-H je 10 mm. Debelina pleksi stekla je 10 mm. Materialne lastnosti pleksi stekla uporabljene v numerični simulaciji so naslednje:

- Gostota 1200,0 kg/m³,
- Specifična toplotna kapaciteta 1,17 kJ/(kg·K),
- Toplotna prevodnost 0,21 W/(m·K),
- Emisivnost 0,9.

Materialne lastnosti požarne plošče PROMATECT(R)-H pa:

- Gostota 870 kg/m^3 ,
- Specifična toplotna kapaciteta $0,8 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ (opomba vrednost izbrana iz baze za materiale v Pyrosimu),
- Toplotna prevodnost $0,175 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

Teoretično ozadje matematičnega modela in opis uporabljene programske opreme

Za simulacijo oziroma modeliranje smo uporabili programska paketa Fire Dynamic Simulator (FDS) [1] in Pyrosim [2]. Program Pyrosim je pravzaprav nadgradnja orodja FDS in omogoča končnemu uporabniku hitrejše in predvsem enostavnejše modeliranje geometrije v prostoru, postavitve začetnih in robnih pogojev v simulaciji. FDS je simulacijsko orodje za modeliranje dinamike tekočin, ki ga je razvil NIST (National Institute of Standards and Technology) [3] in temelji na CFD (Computational Fluid Dynamics) modelih dinamike (turbulentnih) tekočin. FDS programski paket je zelo kompleksno matematično orodje, ki je namenjeno reševanju različnih problemov na področju požarnega inženirstva.

Matematični model temelji na zakonitostih fizikalnih pojavov dinamike tekočin, kot tudi na eksperimentalnih korelacijah med določenimi količinami (izbira različnih turbulentnih modelov). Zaradi tega razloga matematični model v FDS-u omogoča zelo raznoliko paleto možnosti uporabe in reševanja številnih požarnih scenarijev. Poleg tega FDS omogoča simulacije razvoja požara in širjenje le tega ter predvideva, kako se bodo gibali dim in vroči plini glede na začetne in robne pogoje, ki jih postavimo v simulaciji. FDS do uporabnika ni prijazen, ker predhodno zahteva dobro poznavanje termodinamike ter inženirskega pristopa na področju požarnega inženirstva.

Osnovne enačbe

V splošnem je gibanje kapljev in mogoče opisati z enačbami prenosa mase, gibalne količine in energije [4]. V FDS-u je dodana enačba, ki opisuje ohranitev masnega deleža dodatnih komponent v toku obravnavane kapljevine. Običajno so dodane komponente zgorevalnih produktov v zmesi dima, za katere nas zanima difuzija v prostoru. Osnovne enačbe, ki jih obravnava FDS so:

Enačba o ohranitvi mase:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0 \quad (1)$$

Kontinuitetna enačba:

$$\frac{\partial (\rho Y_\alpha)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho Y_\alpha \mathbf{u}) = -\nabla \cdot J_\alpha + w_\alpha \quad (2)$$

Enačba o ohranitvi energije:

$$\frac{\partial (\rho u)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u} \mathbf{u}) = -\nabla p^* + \rho g \quad (3)$$

Enačba ohranitve masnega deleža komponent:

$$\frac{\partial (\rho h)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho h \mathbf{u}) = Dp_0/Dt + Q - \nabla \cdot \mathbf{q} \quad (4)$$

ter enačba stanja:

$$p_0 = \rho RT \quad (5)$$

kjer je: ρ – gostota kapljevine (ne spreminja se s temperaturo, ampak le po času), v enačbah (1), (2), (3), (4), ∇ - nabra operator, ki predstavlja gradient vektorskega polja, p^* - spremembo tlaka zaradi gibanja kapljevine, p_0 – tlak okolice, R – splošno plinsko konstanto, T – temperaturo okolice, g – gravitacijski pospešek, Q – hitrost sproščene toplote, ki jo ustvarja izvor (W), w_α – prostorski izvor α -te komponente v zmesi, in $Dp_0/Dt, \frac{\partial}{\partial t} + u \cdot \nabla$ je materialni odvod. Masni tok zaradi difuzije kapljevine je definiran kot $J_\alpha = \rho D_\alpha \nabla Y_\alpha$ z masno difuzivnostjo D . Toplotni tok je definiran kot $q = -k \cdot \nabla T - \sum_\alpha h_\alpha J_\alpha + q_r$, k je toplotna prevodnost in q_r je površinska gostota sevalnega toplotnega toka. V energijski ohranitveni enačbi je zapisana entalpija sistema $h = \sum_\alpha h_\alpha Y_\alpha$, kjer je $h_\alpha = \int c_{p\alpha} dt$. Zgornje enačbe (1),(2),(3),(4) so zapisane v obliki, ki velja za nevaskozno tekočino. Posebnost FDS-a je v tem, da je osnovnim enačbam dodan model turbulenčnega opisa, na nivoju pod mrežo, s pomočjo konstant ali dinamičnih koeficientov modela Smagorinskega. Privzet turbulenčni model uporablja metodo velikih vrtincev LES (Large Eddy Simulation). V simulaciji smo uporabili turbulentni model Smagorinskega, ki je privzet model za generiranje turbulenc v FDS-u [1-4]. Pri zahtevnih simulacijah se je potrebno zavedati, da je število reaktantov in produktov ter s tem enačb ohranitve masnega deleža snovi je lahko poljubno. Če želimo simulirati kompleksne kemijske reakcije, ki potekajo v več stopnjah, potem imamo v sistemu več reaktantov in produktov, kar poveča kompleksnost obravnavanega sistema.

Ta predpostavka neposredno vpliva na računski čas. Število dodatnih enačb ohranitve masnega deleža komponent ne pogojuje zaprtosti sistema enačb, saj je sistem zaključen že s kontinuitetno, gibalno in energijsko enačbo. V področju, kjer zmes reaktantov izgori, prihaja do sproščanja toplote ter sočasnega ponora reaktantov in izvora produktov [1-4].

Težava s katero se običajno srečamo pri numeričnih simulacijah je izbira primerne gostote numerične mreže. V FDS-u je obravnavan volumen analiziran po metodi končnih volumnov. Splošno gledano, vodi redka mreža do napačnih rezultatov, med tem, ko ima zelo gosta mreža za posledico numerično zelo zahteven problem, ki je pogosto omejen z zmogljivostjo računalnika. Pričakovati je, da z zgoščevanjem mreže rezultati konvergirajo k pravi rešitvi [1-4].

Enačba stanja (5) je zapisana v splošni obliki za zmesi, kjer je ρ - skupna gostota zmesi in R plinska konstanta zmesi (5). Pri tem je pomembno omeniti, kako obravnavamo tlak [1-4]. Skupni tlak je razdeljen na tri komponente:

- okoliški tlak (P_0),
- hidrostatični tlak in
- tlačne spremembe, ki nastanejo zaradi gibanja kapljevine (p^*).

Pomembno je opozoriti, da morajo biti začetni in robni pogoji v FDS-u izbrani tako, da ne prihaja do t.i. tlačnih oscilacij, ki vodijo v numerično nestabilnost simulacije kot celote.

FDS je v osnovi deluje v treh ključnih korakih:

- predprocesiranje,
- izvajanje numeričnega reševanja problema in
- poprocesiranje.

Pri predprocesiranju (1.) gre za proces ustvarjanja vhodne datoteke, ki ima značilno sintakso za FDS. Pri poprocesiranju (3.) s pomočjo programskega orodja SmokeView vizualiziramo rezultate, ki smo jih izračunali v koraku (2.).

Pri numeričnem modeliranju smo uporabili FDS verzijo 6.5.3. Za vizualizacijo rezultatov smo uporabili verzijo SMV 6.4.4. Uporabili smo tudi orodje Pyrosim verzije 2017.1.0209.

V poglavju 11 uporabniškega priročnika FDS verzija 6.5.3 [1-5] je opisano nekaj primerov uporabe, gibanja delcev v prostoru, ki ne upoštevajo gostote zamreženja opazovanega volumna. Tem delcem rečemo Lagrange-vi delci. Največkrat se uporabljajo pri simulacijah obnašanja razpršenih vodnih delcev v zraku. Značilen primer je gašenje z vodno meglo. Seveda je možno upodobiti tovrsten pristop tudi v primeru inertizacije plamena v prostoru. Ni nujno, da imamo v prostoru odprt plamen, dovolj je opazovanje gibanja delcev posameznih plinov (ogljikov monoksid in dioksid, kisik) [5-7].

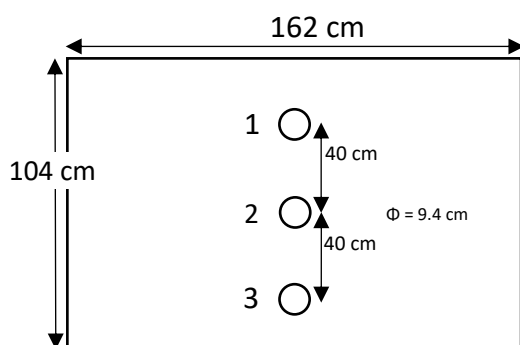
V simulacijah pogosto uporabljamo delce za sledenje tokov v opazovanem volumnu. Opazovani delci imajo lahko maso ali pa so brez masni delci. Življenjska doba delcev je enako dolga, kot življenjska doba numeričnega modeliranja [5-7]. Osnovna značilnost vseh delcev je, da gostota mreže ne vpliva na njihovo gibanje v opazovanem prostoru. Hkrati lahko spremljamo tudi več različnih delcev. Pomembno je, da posamezne skupine delcev obarvamo s svojo barvo, ki jo izberemo iz barve palete. Na primer delci, ki izhajajo iz vroče površine imajo rdečo barvo, met tem ko imajo delci, ki jih vpihuje prezračevalni sistem modro barvo.

V obravnavanem primeru smo za delce ogljikov monoksid uporabili modro ali rdečo barvo. Oznaka SPEC oz. VZOREC je okrajšava za definiranje delcev [5-7].

Postopek definiranja gibanja delcev v opazovanem volumnu [5-7].:

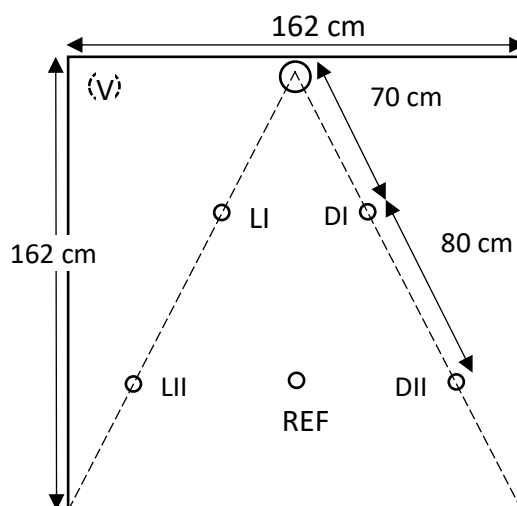
- definirali smo posamezni plin (z imenom, ker so že pred definirani v bazi podatkov kot na primer, ogljikov monoksid, ogljikov dioksid, argon, helij in drugi),
- v primeru, da plin ni definiran, ga definiramo sami s parametri: molska masa, σ in ϵ/k . Če je delež molekul vode v opazovanem volumnu velik ga moramo preko ukaza humidity posebej definirati,
- definiramo lokacijo in velikost površine, preko katere bo plin vstopal v opazovan volumen, pri tem definiramo masni ali volumski pretok plina,
- definiramo funkcijo, ki opisuje kako se masni ali volumski delež spreminja s časom (kako narašča plin, kako poteka vpihovanje plina v prostor).

Iz predhodnega poročila (tudi v numerični simulaciji imamo tri odprtine):

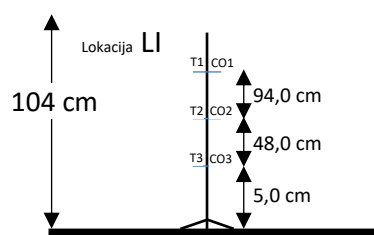


Slika 98: Skica stranskega pogleda na ploščo komore s tremi odprtinami dovoda zraka ($\varphi=9.4$ cm)

Merilna mesta so označena enako kot pri eksperimentalnem delu, to je z LI, DI, LII, DII in REF (Slika 99). Način označevanja merilnih mest po višini poteka od vrha navzdol in je za primer lokacije LI po višinskih nivojih od vrha navzdol sledeč: T1/CO1, T2/CO2, T3/CO3



Slika 99: Skica postavitve trinožnih stojal v komori



Slika 100: Skica postavitve senzorjev po višini v simulaciji (primer za lokacijo LI)

Začetni in robni pogoji numeričnega modeliranja

Začetni pogoji so naslednji:

- temperatura okolice je 20 °C,
- relativna vlažnost je 30 % in
- normalni zračni tlak 1 bar oz. 1E5 Pa.

V opazovan volumen komore vpihujemo oziroma simuliramo nastajanje CO na različne načine:

- z vpihovanjem hladnega CO
- z vpihovanjem hladnega CO in segrevanjem le tega preko električnega grelnika, ki ima temperaturo površine 400 °C
- z gorenjem propana
- z gorenjem bioetanola (40 g)
- z gorenjem suhih bukovih sekancev (40 g) in lesnih peletov (40 g)

V simulaciji uporabljamo za vpihavanje CO naslednje kombinacije volumskih in masnih pretokov:

- 6 l/h in 150 ppm
- 6 l/h in 400 ppm
- 2000 l/h in 150 ppm
- 2000 l/h in 400 ppm

Podajanje lastnosti različnih goriv v programu FDS je bilo izvedeno na naslednji način:

V vhodni datoteki je možno definirati reakcijo gorenja s pomočjo ukazne vrstice »REAC če reakcija ni definirana znotraj vhodne datoteke simulacije FDS privzame pred določeno reakcijo gorenja za

propan. če je znotraj vhodne datoteke že definiran parameter »HRRPUA« (Heat Release Rate Per Unit Area) v večini primerov ni potrebno dodatno določevati parametrov izgorevanja s pomočjo ukaza »REAC«. Kljub vsemu pa je v določenih primerih zaželeno ali potrebno definirati parametre reakcije predominantnega goriva (plina) v simulaciji. V takšnem primeru je potrebno v ukazni vrstici »REAC« podati vsaj osnovno stehiometrijo goriva.

Trdna goriva: Trdni objekti v simulacijskem prostoru programa FDS so definirana s SURF (ukazno vrstico ter so lahko sestavljeni iz več plasti različnih materialov katerih lastnosti se določijo v MATL ukazni vrstici. Vsak material pa lahko med samo simulacijo preide skozi več različnih reakcij, ki potekajo pri definiranih temperaturah. Vsaka od reakcij ima lahko kot posledico nastanek ostanka RESIDUE, vodne pare in/ali uplinjenega goriva.

Za vsak material definiran z ukazno vrstico MATL je potrebno določiti ali med simulaciji poteče reakcija; če se časa simulacije material ne spreminja svojih lastnosti sprememb [izgorevanje, uplinjanje) je število reakcij enako 0, material se v tem primeru le segreva. V nasprotnem primeru, ko material spreminja stanje zaradi zunanjih vplivov (npr.: temperatura) je potrebno definirati število reakcij, ki potečejo med simulacijo. Število reakcij za nek specifičen material se definira s pomočjo podukaza N_ REACTIONS. Število možnih reakcij za posamezen material je omejeno na maksimalno 10 reakcij za vsak posamičen material. Naslednji korak pri definiranju trdnih goriv je določitev produkta po preteku specifične reakcije. Posledica reakcij je lahko nastanek ostanka, vode in/ali goriva. Definiranje produktov poteka z podukazom NU_RESIDUE(j) (količina ostanka), NU_WATER(j) (količina vode oziroma vodne pare) ter NU_FUEL(j) (količina nastalega goriva). Pri naštetih podukazih je definiran indeks, ki je označen s črko j in pove na katero reakcijo se nanašajo definirane posledice (npr.: j=1 če se posledice nanašajo na prvo reakcijo).

```
&REAC ID='WOOD',  
  FYI='SFPE Handbook, 3rd Ed',  
  FUEL='REAC_FUEL',  
  C=1.0,  
  H=1.7,  
  O=0.72,  
  N=0.001,  
  CO_YIELD=0.004,  
  SOOT_YIELD=0.015/
```

```
&SURF ID='Surface_burner',  
  COLOR='RED',  
  MLRPUA=0.021,  
  RAMP_Q='Surface_burner_RAMP_Q'/  
&RAMP ID='Surface_burner_RAMP_Q', T=0.0, F=0.0/  
&RAMP ID='Surface_burner_RAMP_Q', T=1.0, F=0.25/  
&RAMP ID='Surface_burner_RAMP_Q', T=2.0, F=0.5/  
&RAMP ID='Surface_burner_RAMP_Q', T=3.0, F=0.75/  
&RAMP ID='Surface_burner_RAMP_Q', T=4.0, F=1.0/  
&RAMP ID='Surface_burner_RAMP_Q', T=326.0, F=1.0/  
&RAMP ID='Surface_burner_RAMP_Q', T=327.0, F=0.75/  
&RAMP ID='Surface_burner_RAMP_Q', T=328.0, F=0.5/  
&RAMP ID='Surface_burner_RAMP_Q', T=329.0, F=0.25/  
&RAMP ID='Surface_burner_RAMP_Q', T=330.0, F=0.0/
```

Za zadovoljivo definiranje trdnega goriva je potrebno definirati vsaj še toploto gorenja HEAT_OF_COMBUSTION , ki predstavlja sproščeno energijo na enoto mase goriva, ki ob mešanju z zrakom izgoreva. Nadalje je potrebno določiti tudi toploto reakcije HEAT_OF_REACTION(j) , ki pove koliko energije se porabi na enoto mase reaktanta za spremembo v neko drugo snov. Kot zadnji nujen podatek je potrebno določiti tudi referenčno temperaturo (REFERENCE_TEMPERATURE(j)), ki ne predstavlja temperaturo vžiga ampak temperaturo pri kateri se masni delež goriva zmanjša z stopnjo 0,1 s - 1 s.

Tekoča goriva: Definiranje tekočih goriv je skoraj identično načinu definiranja trdnih goriv z nekaj izjemami, ki so specifične tekočim gorivom. Način definiranja tekočega goriva si oglejmo na primeru jeklene posode napolnjene z tekočim etanolom:

```
&REAC ID='Reaction1',  
  FYI='ETHANOL CH3-CH2-OH',  
  FUEL='ETHANOL',  
  CO_YIELD=0.1,  
  SOOT_YIELD=0.037/
```

```
&MATL ID='ETHANOL LIQUID',  
  SPECIFIC_HEAT=2.44,  
  CONDUCTIVITY=0.17,  
  DENSITY=789.0,  
  ABSORPTION_COEFFICIENT=187.5,  
  EMISSIVITY=1.0,  
  HEAT_OF_REACTION=317.0,  
  SPEC_ID(1,1)='ETHANOL',  
  NU_SPEC(1,1)=1.0,  
  BOILING_TEMPERATURE=78.5/
```

```
&SURF ID='ETHANOL POOL',  
  COLOR='YELLOW',  
  MATL_ID(1,1)='ETHANOL LIQUID',  
  MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,  
  THICKNESS(1)=0.02/
```

Definiranje podukaza BOILING_TEMPERATURE (temperatura vrelišča) v ukazni vrstici MATL pove programu, da gre za tekoče gorivo s tem pa uporabi primeren model izgorevanja. Definiranje temperature vrelišča pogojuje tudi število reakcij, ki je v primeru tekočega goriva prednastavljeno na 1 , zato tudi ni potreben podukaz N_REACTION=1. Toplota reakcije (HEAT_OF_REACTION) v primeru tekočega goriva predstavlja latentno toploto izparevanja. Podukaz ABSORPTION_COEFFICIENT uporabljen v ukazni vrstici MATL tekočega goriva definira absorpcijo toplotnega sevanja, ki se pri tekočinah ne izvrši le na površini ampak tudi v tankem pasu pod površino tekočine. Vpliv absorpcije toplotnega sevanja v tekočinah na izgorevanje je dokaj velik.

V nadaljevanju bodo prikazani rezultati simulacije za sledeče začetne pogoje. Za vpihovanje CO smo izbrali pretok volumski pretok 100 ml/min., kar je ekvivalentno $1,67E-6 \text{ m}^3/\text{s}$. Ugotovili smo, da so predpostavljeni masni pretoki na viru vpiha relativno nizki, zato smo v simulaciji za masni pretok izbrali 1500 pm, kar je ekvivalentno 0.0015 g/g ogljikovega monoksida.

Za zrak smo predpostavili, da ga definirajo le molekule dušika (N₂). Po formuli:

$$n_{CO} = (p \cdot V) / (R \cdot T)$$
$$P = 1E5 \text{ N/m}^2$$
$$V = 8E-6 \text{ m}^3$$
$$R = 8,314 \text{ Nm/(mol.K)}$$
$$T = 293 \text{ K}$$

Izračunali smo razmerje m_{CO} / m_{N_2} . Torej masni delež molekul CO proti masnemu deležu molekul dušika v opazovanem volumnu.

Robni pogoji v simulaciji so podani s snovnimi in geometrijskimi lastnostmi komore. Snovne lastnosti se nanašajo na materiale iz katerih so sestavljene stene komore. Metalne profile iz katerih je sestavljena fizična CO komora v simulaciji zanemarimo.

V komori imamo eksperimentalna merilna mesta:

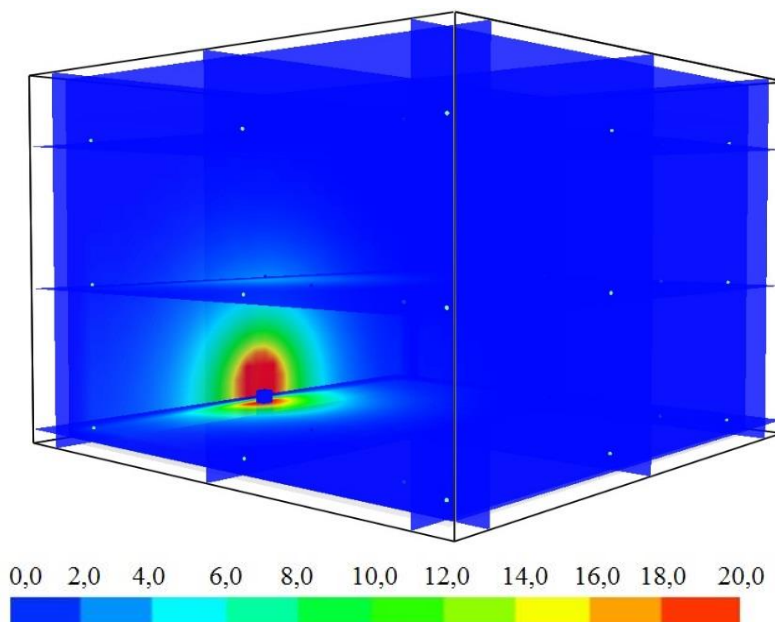
- LI in LII (dve merilni lokaciji levo od vira izvora CO) in
- DI in DII (dve merilni lokaciji desno od izvora CO)
- Na vseh teh merilnih mestih so postavljena po tri tipala za merjenje koncentracij CO (CO1, CO2 in CO3)

V simulaciji smo opazovani volumen, ki je dimenzij 1,62 m x 1,62 m x 1,04 m, zamrežili tako, da je korak po opazovanem volumnu v vseh treh koordinatnih smereh enak ($\Delta X = \Delta Y = \Delta Z$) in znaša 4 cm. Število vseh celic v opazovanem volumnu komore za CO je 41600. Omejitev po metodi končnih volumnov je bila potrebna, zaradi strojnih omejitev računalniške opreme na kateri smo izvajali numerične simulacije. Računski čas simulacije je različen, odvisen od računskega časa in znaša 1800, 3000 in 3600 s.

Rezultati matematičnega modeliranja gibanja CO po prostoru

Točkovni vpih CO brez izvora toplote – hladen CO 6l/h 150 ppm

Na sliki 101 je prikazano sferično širjenje molekul CO po prostoru. V tem primeru na izvoru ni grelca s temperaturo 400 °C. Slika 101 prikazuje koncentracijo molekul CO v prostoru pri času 3600 s. Vpihovana plinska zmes je vsebovala 150 ppm CO v inertnem plinu v celotnem času simulacije. Prav tako je bila konstanten volumski pretok, ki je znašal 6 l/h.



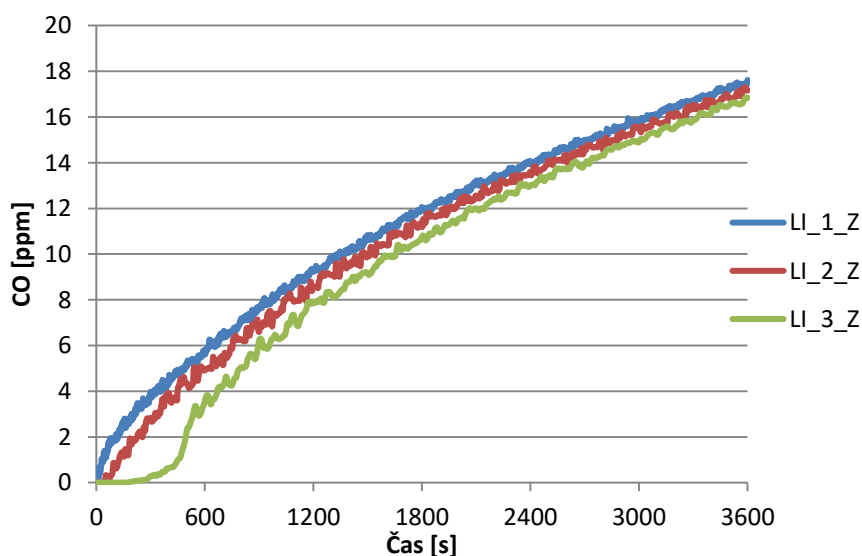
Slika 101: Porazdelitev CO pri točkovnem vpihu CO brez izvora toplote (6 l/h 150 ppm) pri času 3600 s

Iz slike 101 se vidi, da je gibanje CO zelo počasno. Razlog gibanja CO v tem primeru je le njegova molska masa, ki je malo manjša od zraka in se zato zelo počasi dviga po prostoru. Če je koncentracija vpihanega CO majhna in je hkrati majhen tudi pretok potem se CO sferično širi v prostor iz vira.

Točkovni vpih toplega CO 6l/h 150 ppm – vpliv sredinske odprtine št. 2

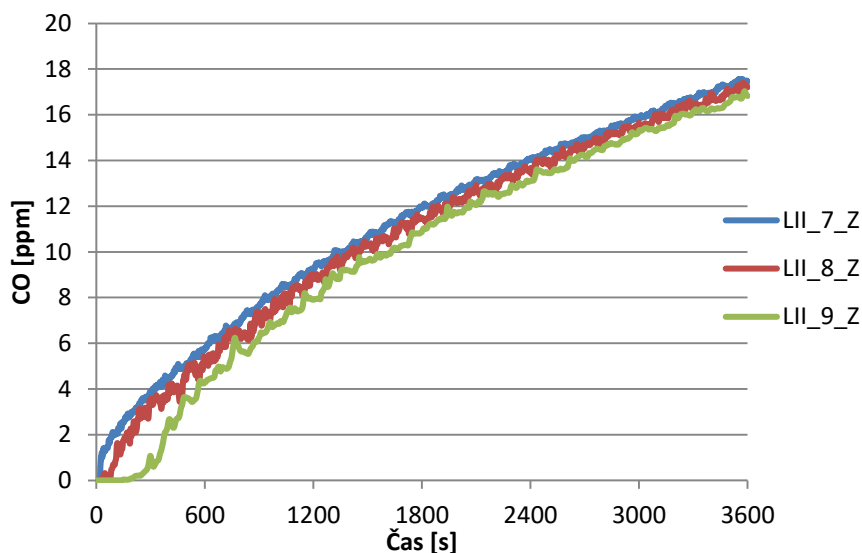
V tem primeru smo v prostor vpihovali CO z volumskim pretokom 6 l/h. Opazovani čas gibanja CO je bil 3600 s. Vpliv odprtine smo analizirali tako, da smo obravnavali dva primera. Prvič, da je prostor popolnoma zaprt, in drugič, da je odprtina 2 (sredinska odprtina) odprta. Rezultati so prikazani v nadaljevanju.

Slika 102 prikazuje časovno spreminjanje CO glede na mesto merjenja LI, in sicer po višini. Vidimo, da koncentracija CO z višino narašča. Opazen je tudi časovni zamik naraščanja CO, kar pomeni, da koncentracija CO začne kasneje naraščati v bolj oddaljenih merilnih mestih. Rezultat je pričakovan.



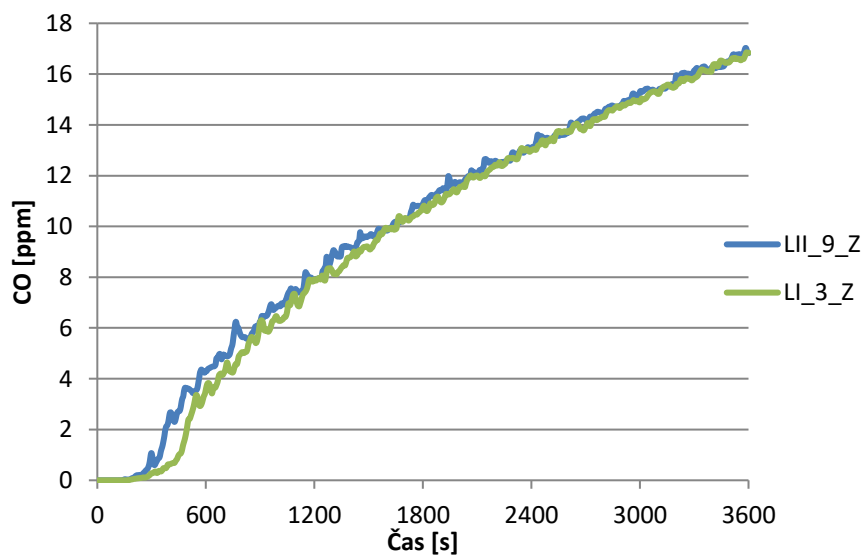
Slika 102: Časovno spreminjanje koncentracije CO za merilna mesta na mestu LI v primeru absolutno zaprtega prostora (Z)

Iz slike 102 vidimo, da koncentracija CO v izbranih točkah ves čas narašča in znaša po 3600 s približno 17 ppm. Podobno s sliko 103 prikažemo spreminjanje CO za merilna mesta LII, ki so bolj oddaljena od izvora CO. Vidimo, da so rezultati podobni kot pri merilnem mestu LI.

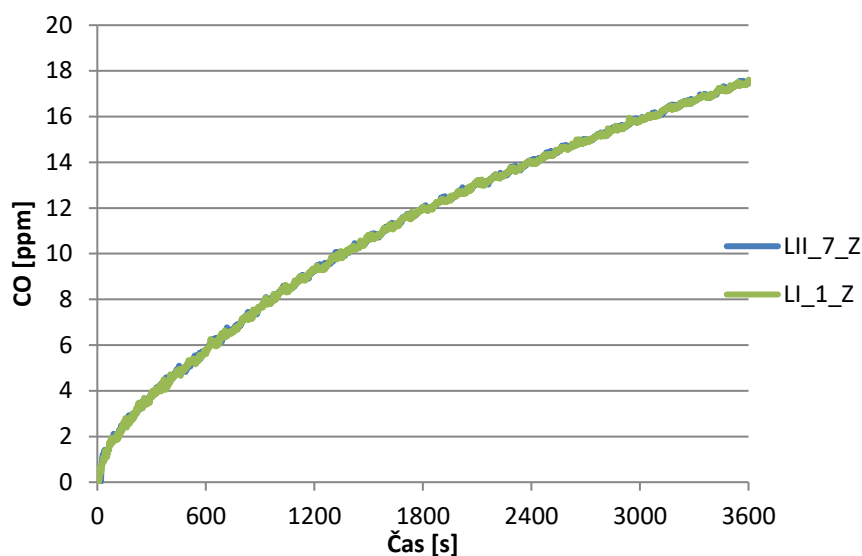


Slika 103: Časovno spreminjanje koncentracije CO za merilna mesta na mestu LII v primeru absolutno zaprtega prostora (Z) in vpihu segretega CO 6 l/h 150 ppm

Sliki 103 in 104 prikazujeta časovno spreminjanje CO za različna merilna mesta. Vidimo, da je časovna zakasnitev naraščanja CO bolj izrazita za spodnja merilna mesta. To pomeni, da koncentracija CO hitreje in enakomerno narašča v zgornjih plasteh prostora.

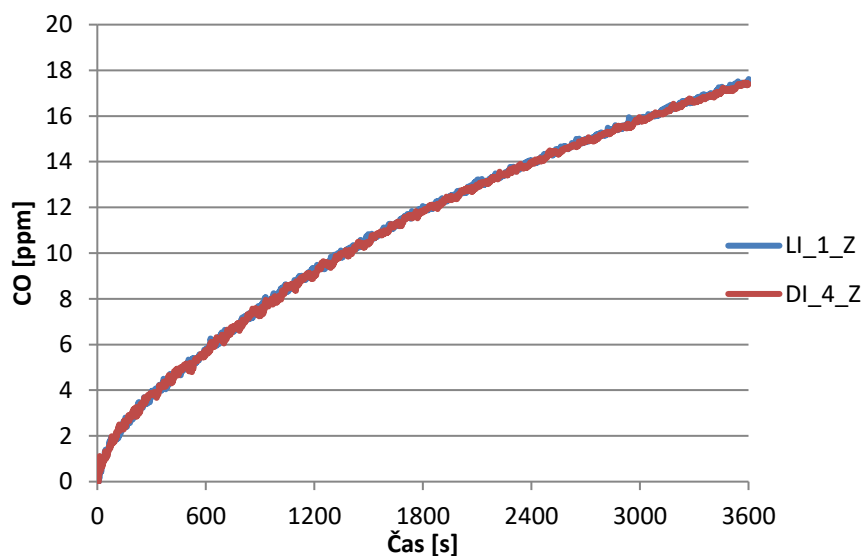


Slika 104: Časovno spreminjanje koncentracije CO za merilni mesti LI_3 in LII_9 v primeru absolutno zaprtega prostora (Z) in vpihu segretega CO 6 l/h 150 ppm



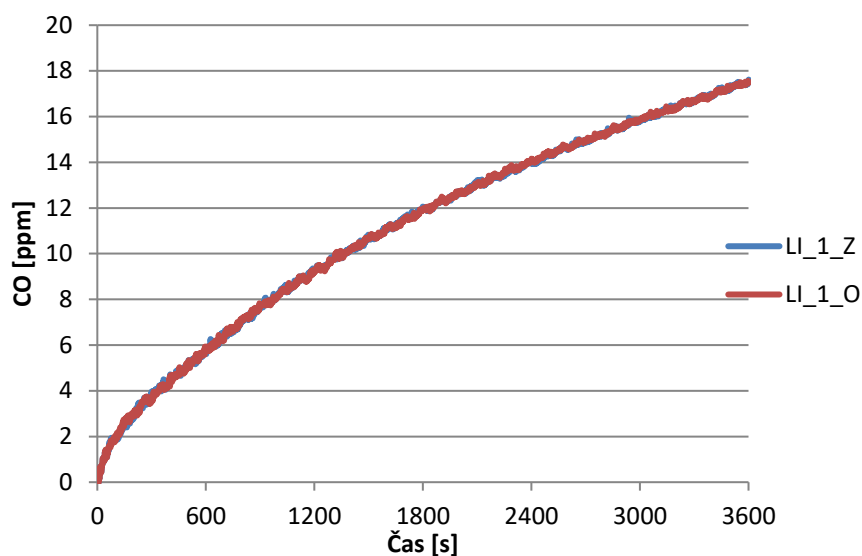
Slika 105: Časovno spreminjanje koncentracije CO za merilni mesti LI_1 in LII_7 v primeru absolutno zaprtega prostora (Z) in vpihu segretega CO 6 l/h 150 ppm

Slika 106 prikazuje časovno spreminjanje CO za dve merilni mesti, ki sta simetrično razporejeni glede na izvor CO. Pričakovano so rezultati enaki, kar je posledica simetrije prostora in robnih pogojev.

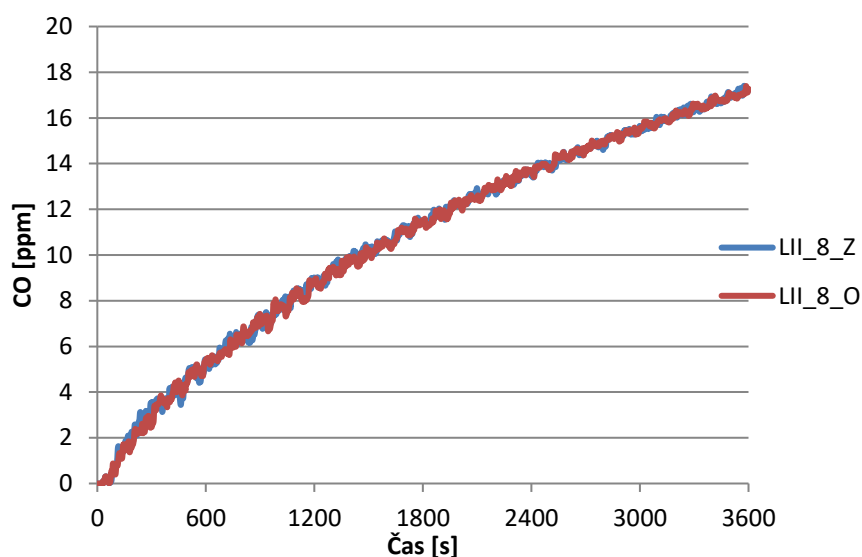


Slika 106: Časovno spreminjanje koncentracije CO za merilni mesti LI_1 in DI_4 v primeru absolutno zaprtega prostora (Z) in vpihu segretega CO 6 l/h 150 ppm

Slika 107 prikazuje primerjavo časovnega spreminjanja CO v primeru popolnoma zaprtega prostora in prostora, ki ima odprto odprtino 2. Vidimo, da je v izbranem primeru vpliv odprtine 2 na časovno spreminjanje CO v točki LI_1 zanemarljiv. Podobno je tudi z ostalimi merilnimi mesti. Slika 108 prikazuje primerjavo za merilno mesto LII_8, to je po višini na sredini prostora.



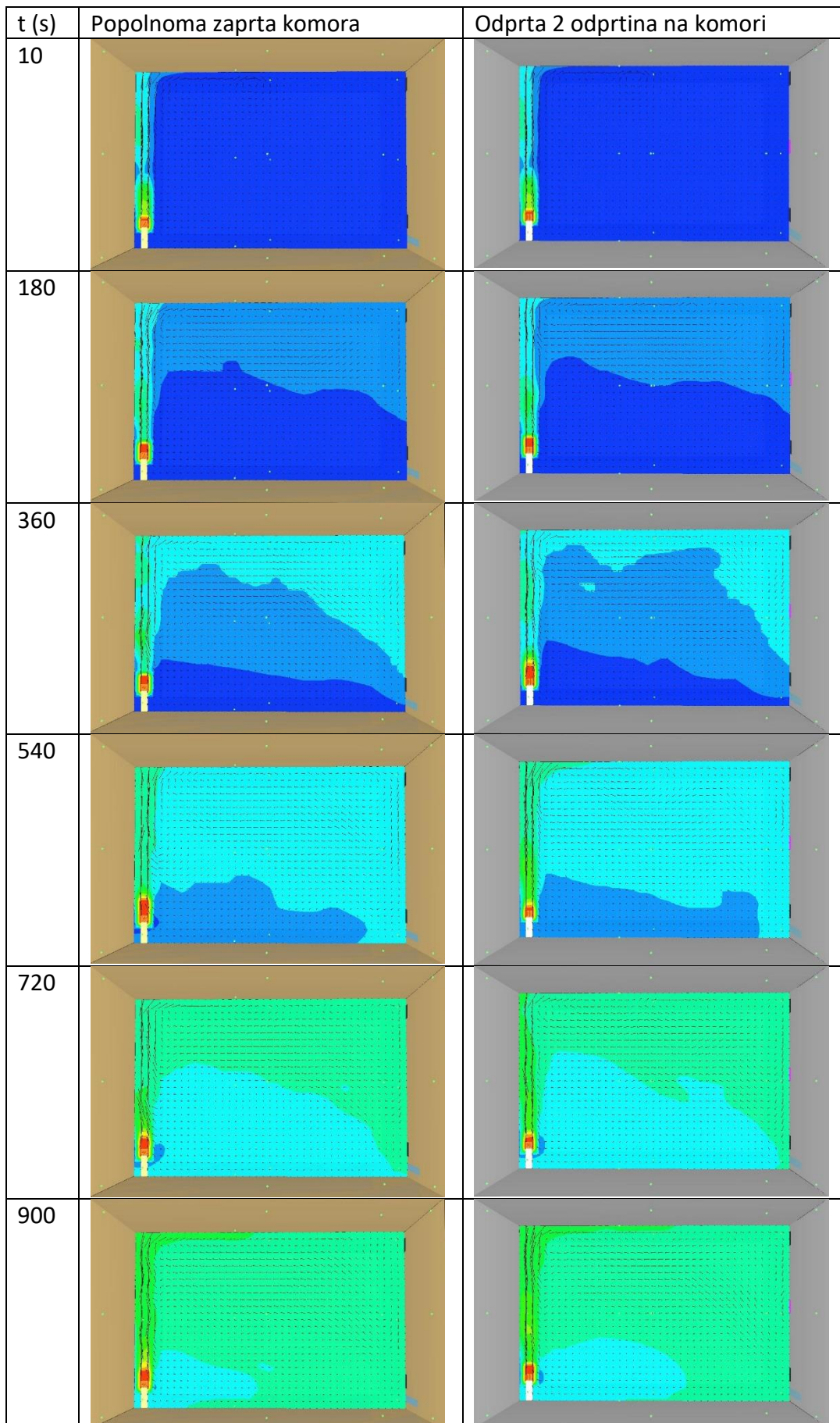
Slika 107: Časovno spreminjanje koncentracije CO za merilno mesto LI_1v primeru absolutno zaprtega prostora (Z) in pa odprte odprtine 2 (O) in vpihu segretega CO 6 l/h 150 ppm

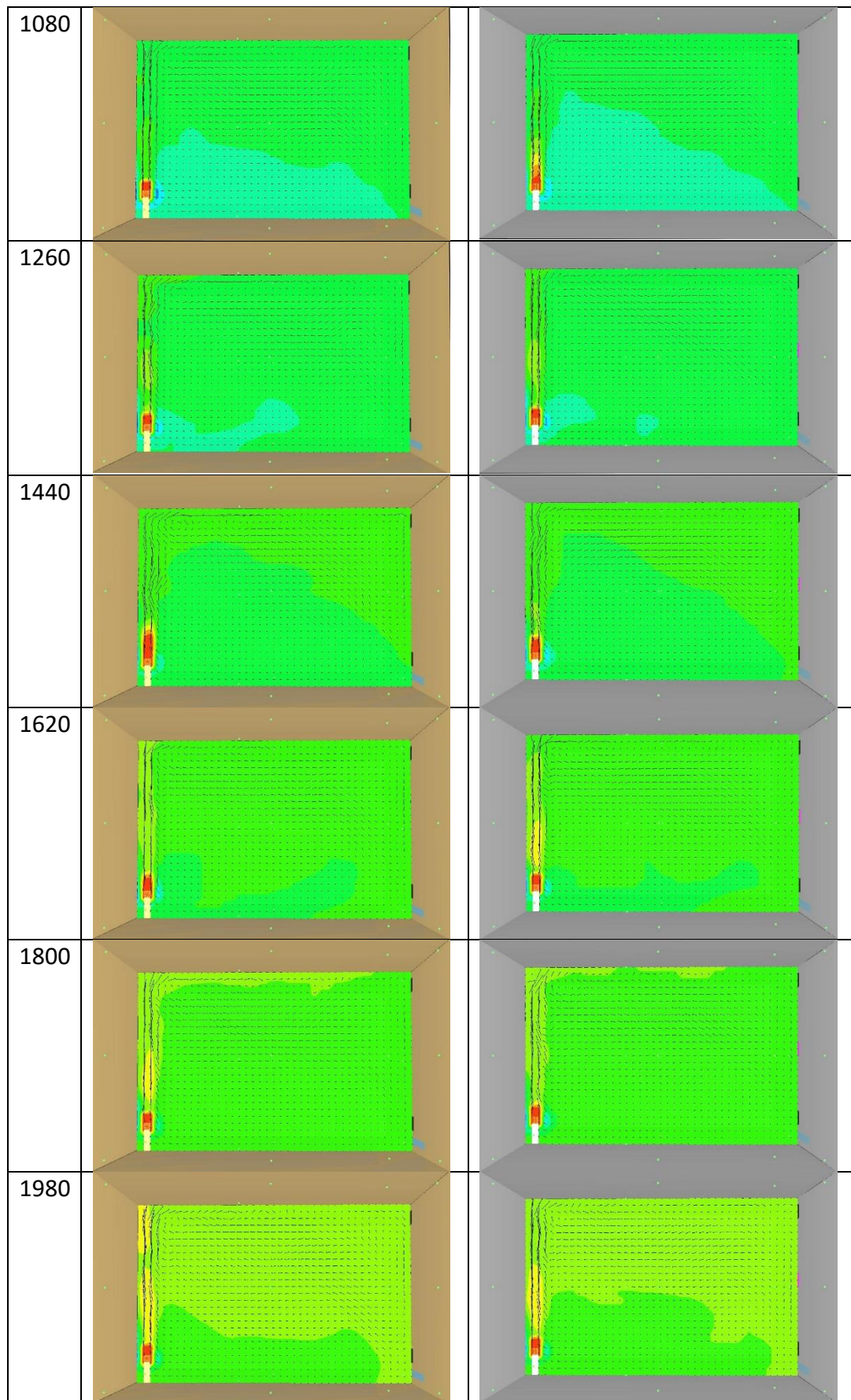


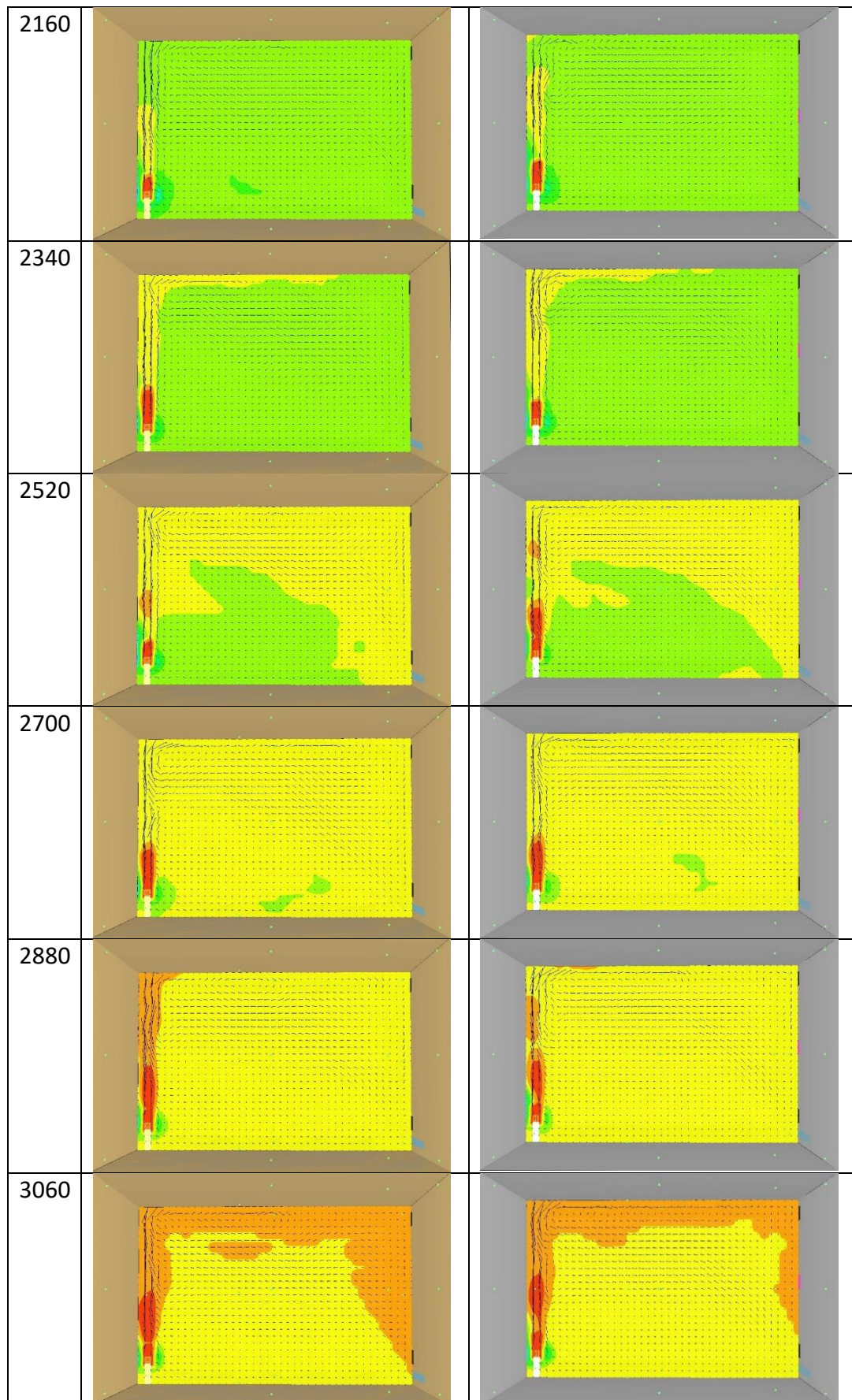
Slika 108: Časovno spreminjanje koncentracije CO za merilno mesto LII_8v primeru absolutno zaprtega prostora (Z) in pa odprte odprtine 2 (O) in vpihu segretega CO 6 l/h 150 ppm

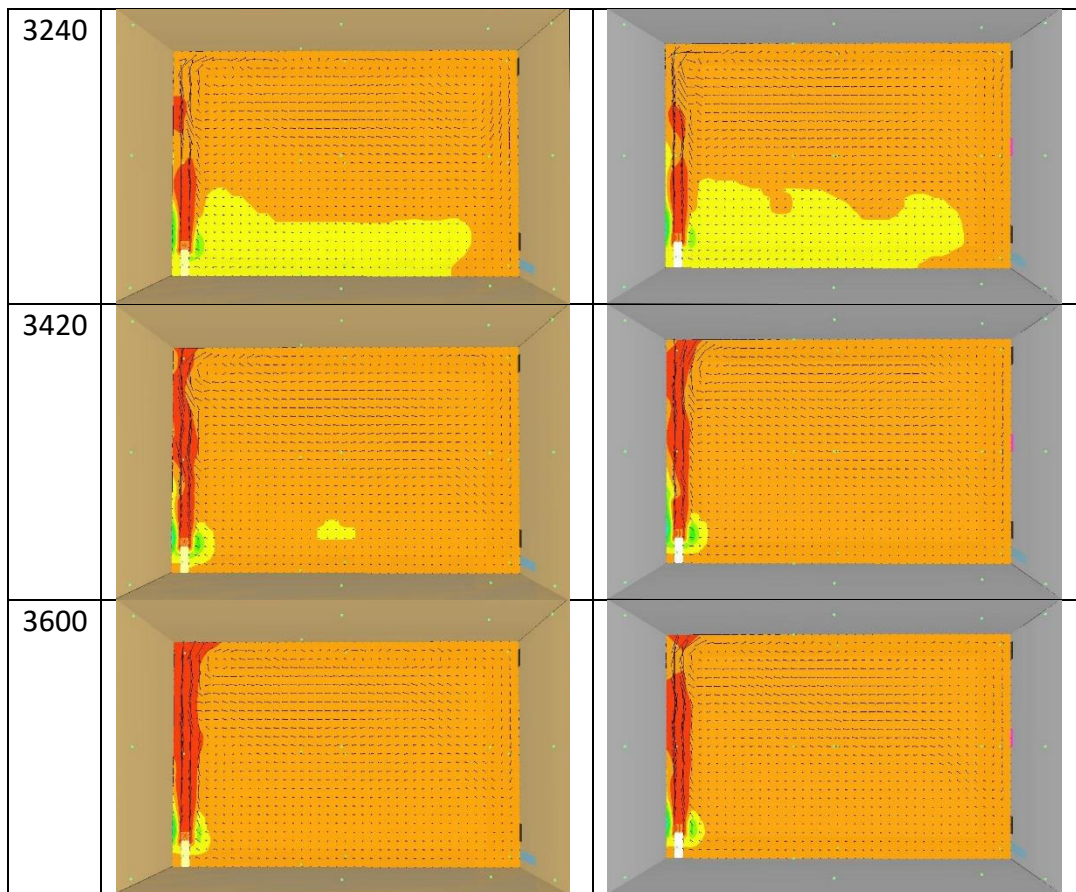
Rezultate gibanja CO po prostoru lahko prikažemo tudi kot 2D in sicer v izbranih ravninah. Rezultati so prikazani na ravnini, ki je postavljena na sredino komore glede na X os, kar znaša 0,8 m od izhodišča, ki je postavljen v vogal komore. V tabeli 10 v nadaljevanju spremljamo kako se po času zvezno spreminja koncentracija vpihanih molekul CO-ja v komori. Časovni interval sega od 10 s simulacije do 3600 s. Od 180 s dalje do 3600 s je časovni korak 180 s. V drugem stolpcu tabele 10 je prikazana popolnoma tesna komora, medtem ko je v tretjem stolpcu prikazana komora, ki ima odprto odprtino številka 2. Odprtini številka 1 in številka 3 sta zaprti. V simulaciji so odprtine definirane kot krožne odprtine z premerom 9,4 cm. Koncentracija molekul CO se giblje v komori v razponu od 0 do 20 ppm. Interval na skali koncentracij je 2 ppm (glej legendo).

Tabela 10: Sekvenčno zaporedje ravnine ($X_{os}=0,8\text{ m}$) s koncentracijami CO za popolnoma zaprto in odprto komoro vpihu segretega CO 6 l/h 150 ppm

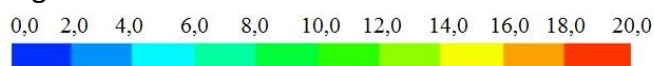






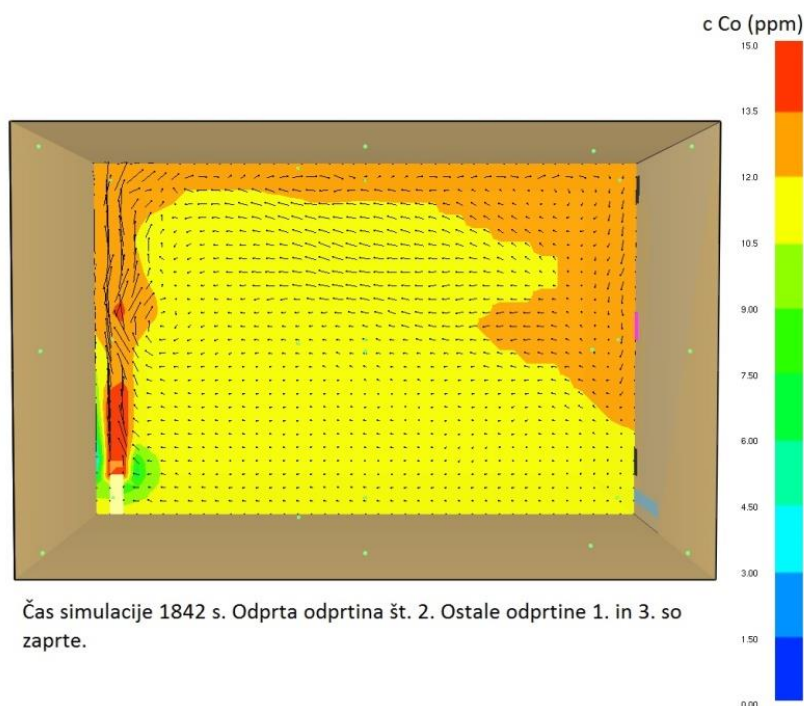


Legenda:



Na legendi so prikazani intervali koncentracij od 0 ppm do 20 ppm. Korak med posameznimi intervali je 2 ppm. Na nasprotni stranici glede na vir imamo definirane tri odprtine. Zgornja in spodnja odprtina je zaprta, medtem ko je srednja odprtina odprta. Vpliv odprtine št. 2 je majhen. Le ta malo vpliva na koncentracije CO v bližini odprtine. To pomeni, da so koncentracije CO v primeru odprte odprtine št. 2 le malo nižje v primerjavi z popolnoma tesno komoro.

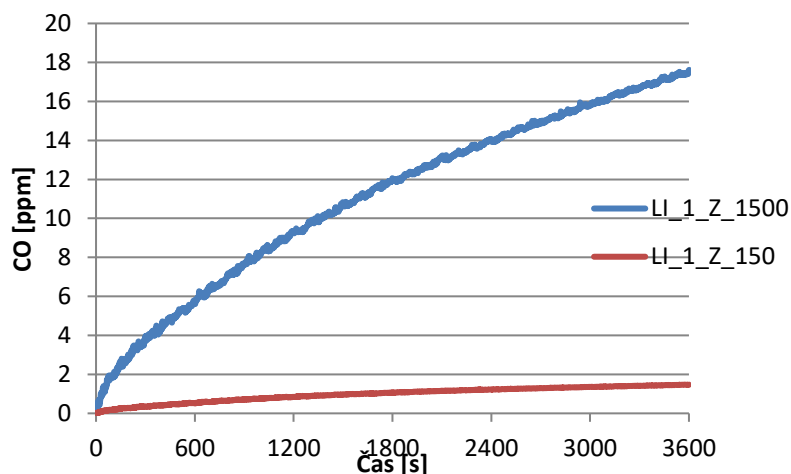
Slika 109 prikazuje 2D prostorsko spreminjanje CO v ravnini na sredini obravnavanega prostora pri času 1842 s in sicer, če je odprtina 2 odprta. Iz slike 109 je vidno, da zrak, ki vstopa skozi odprtino 2, potiska CO stran od odprtine v smeri nazaj proti izvoru CO.



Slika 109: Vpliv odprtine 2 na razpored CO po prostoru pri vpihu segretega CO 6 l/h 150 ppm

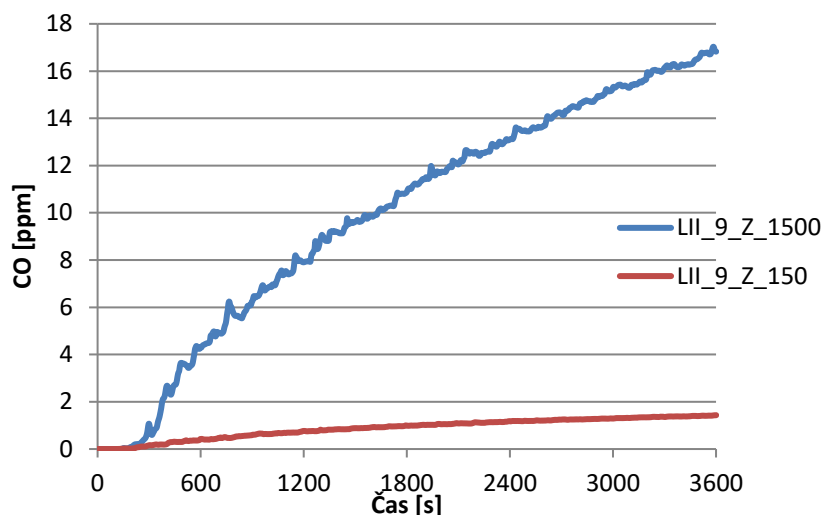
Točkovni vpih toplega CO – vpliv količine vpihanega CO in s tem različnega goriva

V tem primeru smo v prostor vpihovali različno količino CO. S tem smo poskušali simulirati gorenje različnih goriv. Najprej nas je zanimalo kako različna količina vpihanega CO vpliva na razporeditev in koncentracijo CO po prostoru. V ta namen smo izbrali dve različni koncentraciji vpihanega CO, to je 150 in 1500 ppm CO v plinski zmesi. Rezultati so prikazani v nadaljevanju.



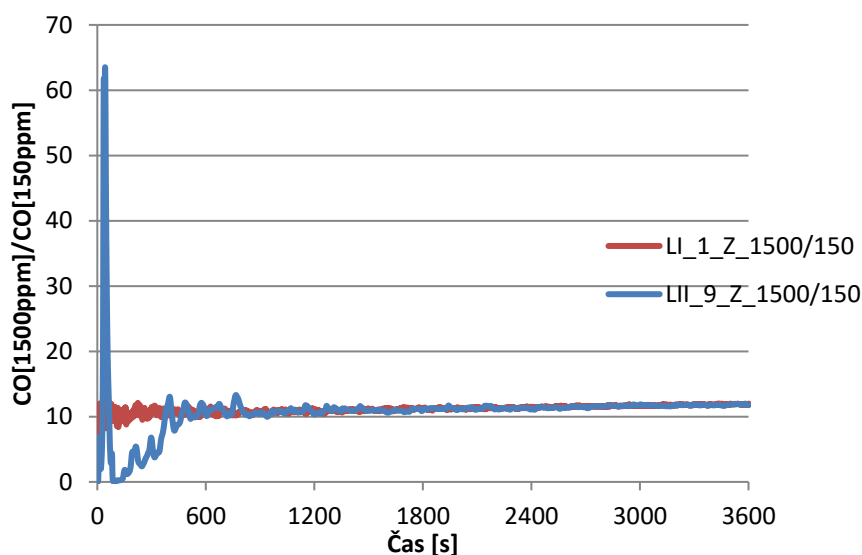
Slika 110: Časovna spreminjanje koncentracije CO na merilnem mestu LI_1 za dve različni količini vpihanega CO, to je 150 in 1500 ppm

Iz slike 110 je razvidno, da je koncentracija CO pri vpihu 1500 ppm CO občutno višja kot v primeru 150 ppm CO. Podoben rezultat dobimo tudi v ostalih merilnih točkah. Slika 111 prikazuje rezultat za merilno mesto LII_9.

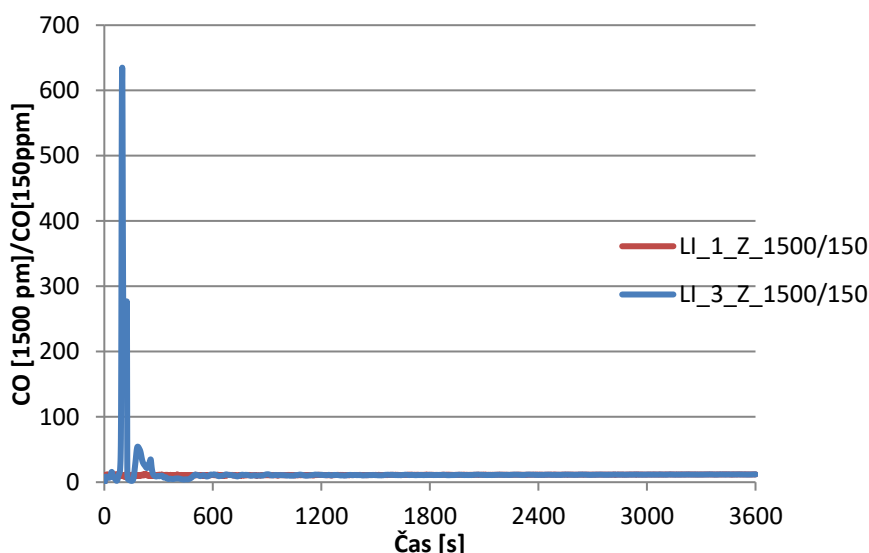


Slika 111: Časovna spreminjanje koncentracije CO na merilnem mestu LII_9 za dve različni količini vpihanega CO, to je 150 in 1500 ppm

Če primerjamo koncentracije CO v primeru 150 in 1500 ppm CO med seboj vidimo, da se koncentracije skoraj premo sorazmerno povečujejo s povečevanjem količine vpihanega CO. Odstopanje je le na začetku simulacije, glej sliko 112 s katero je prikazano razmerje za dve merilni mesti LI_1 in LII_9. Podobno je z ostalimi merilnimi mesti. Vidimo, da s časom ta koeficient v vseh merilnih mestih konvergira k vrednosti približno 12.



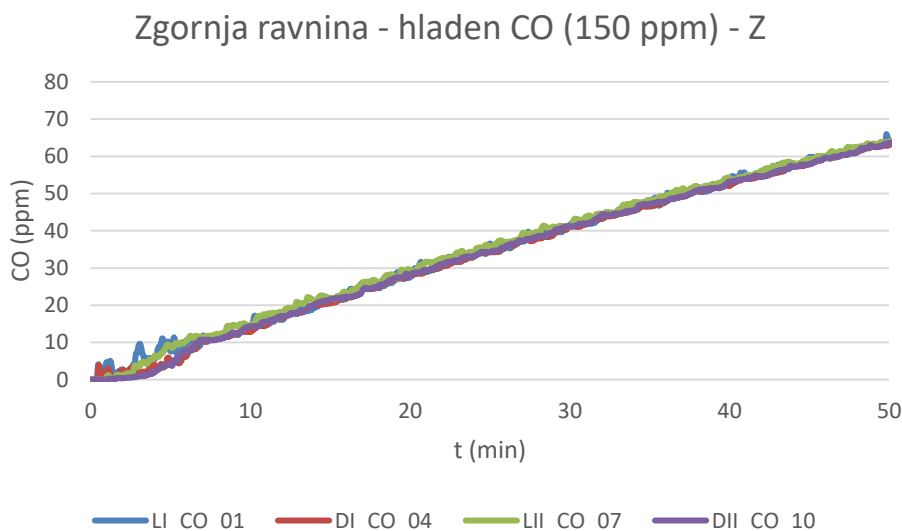
Slika 112: Časovno spreminjanje koeficienta $CO[1500ppm]/CO[150ppm]$ za merilni mesti LI_1 in LII_9 in sicer v primeru zaprtega prostora (Z)



Slika 113: Časovno spreminjanje koeficienta $CO[1500ppm]/CO[150ppm]$ za merilni mesti LI_1 in LI_3 in sicer v primeru zaprtega prostora (Z)

Točkovni vpih hladnega CO 2000l/h 150 ppm

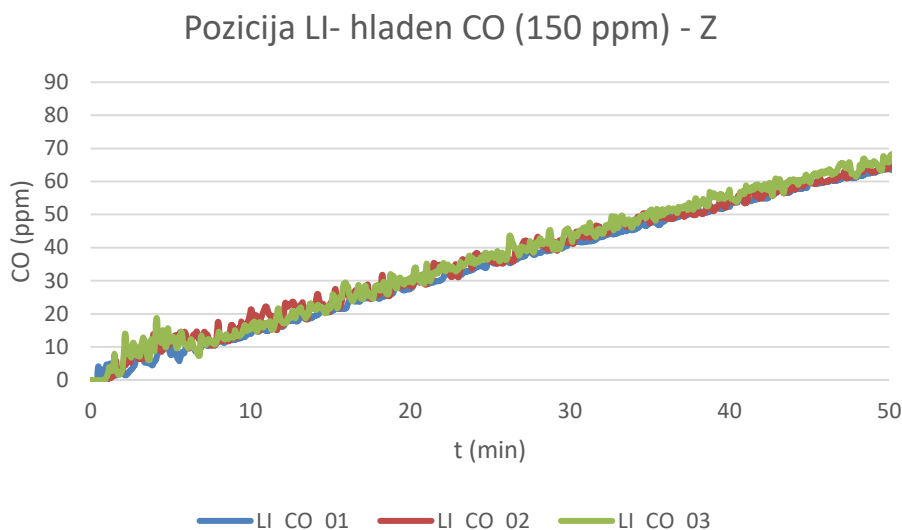
V tem primeru smo v prostor vpihovali hladno plinsko zmes, ki je vsebovala CO (2000 l/h 150 ppm). Analizirali smo gibanje CO po prostoru. Primerjali smo rezultate popolnoma zaprte komore z rezultati kjer je odprta spodnja odprtina in delujočim ventilatorjem. Rezultati so prikazani na slikah 114-118 in v tabelah 11 in 12.



Slika 114: Časovna porazdelitev CO (150 ppm in 2000 l/h) brez izvora toplote in sicer v zgornji ravnini merilnih mest v primeru zaprte (Z) komore

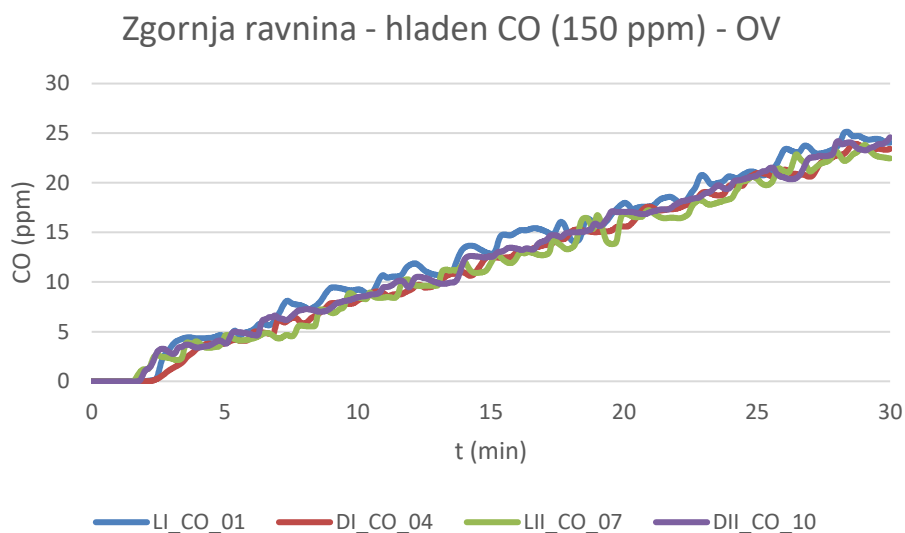
Na sliki 114 je prikazano časovno spreminjanje koncentracije CO po zaprti komori in sicer na najvišjih merilnih mestih v komori, to je v zgornji ravnini. Iz slike 114 je razvidno, da je koncentracija CO dokaj enakomerno po zgornji ravnini. Omembe vredno odstopanje se pojavi le v prvih petih minutah, kjer je rahlo povečanje koncentracije CO v primerjavi z ostalimi merilnimi mesti zgornje ravnine le v LI_01.

Podobno je na sliki 115 prikazano časovno spreminjanje CO in sicer po višini komore. Izbrali smo pozicijo merilnih mest LI. Tudi v tem primeru je razporeditev CO po višini zelo podobna.



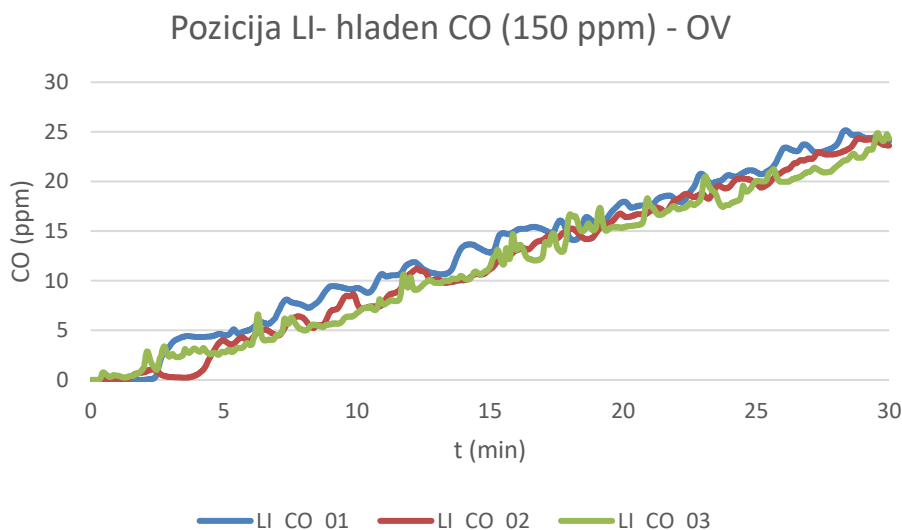
Slika 115: Časovna porazdelitev CO (150 ppm in 2000 l/h) brez izvora toplote in sicer v na mestu LI v primeru zaprte (Z) komore

Na slikah 116 in 117 je prikazano časovno spreminjanje CO v primeru odprte komore, to je odprte spodnje odprtine in delujočega ventilatorja.



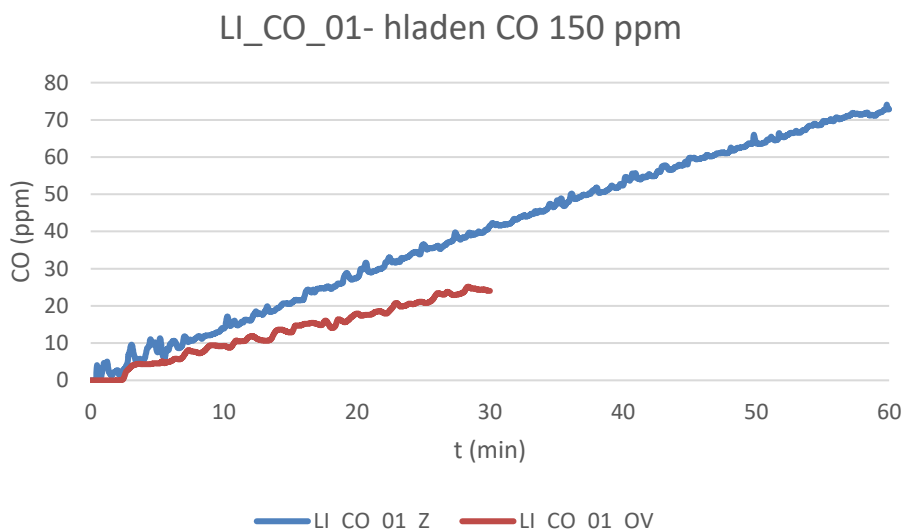
Slika 116: Časovna porazdelitev CO (150 ppm in 2000 l/h) brez izvora toplote in sicer v zgornji ravnini merilnih mest v primeru odprte (OV) komore

Slika 116 prikazuje spreminjanje CO na zgornjih merilnih mestih. Podobno kot v primeru zaprte komore je tudi tukaj razporeditev CO dokaj enakomerna. Opaziti je, da je v povprečju najvišja vrednost v točki (LI_01), ki je najbližja delujočemu ventilatorju. Podobno je opaziti tudi pri analizi CO po višini komore. Pričakovano je koncentracija CO najnižja na spodnjem merilnem mestu LI_03.



Slika 117: Časovna porazdelitev CO (150 ppm in 2000 l/h) brez izvora toplote in sicer v na mestu LI v primeru odprte (OV) komore

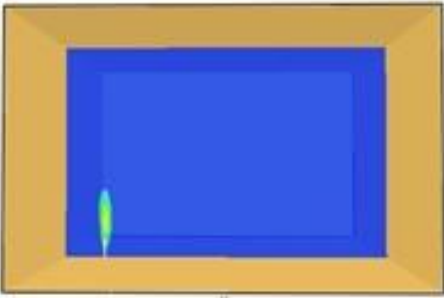
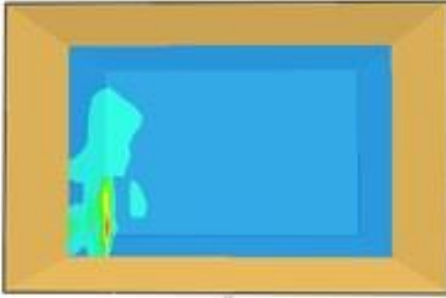
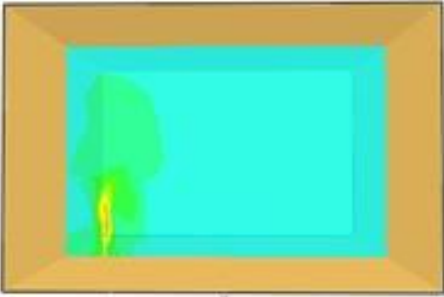
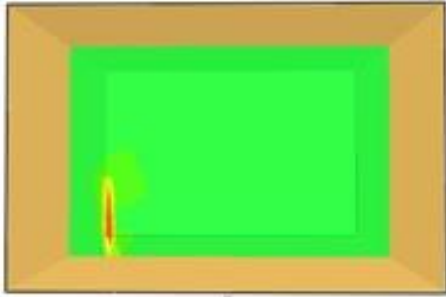
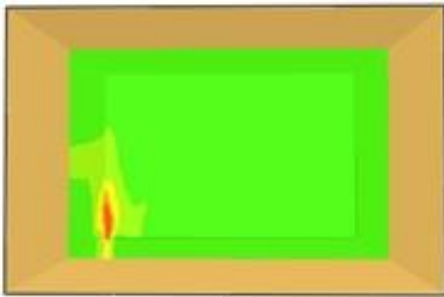
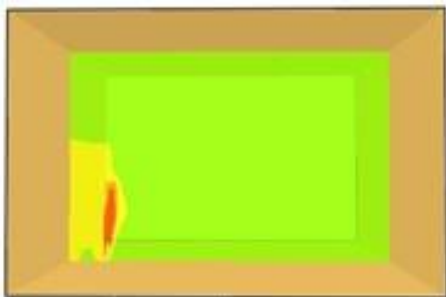
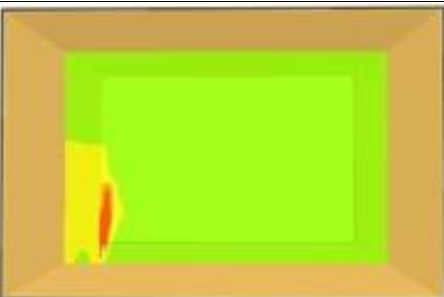
Slika 118 prikazuje primerjavo rezultatov koncentracije CO v točki LI_01 in sicer za zaprto in odprto komoro. Skupni vpliv odprtine in delujočega ventilatorja je pomemben. Na primer, po 30 min je koncentracija CO v primeru zaprte komore približno za 15 ppm višja kot pri odprti komori.



Slika 118: Primerjava časovne razporeditve CO (150 ppm in 2000 l/h) na merilnem mestu LI_01 in sicer za zaprto (Z) in odprto (OV) komoro

S tabelama 11 in 12 je prikazano gibanje molekul CO po prostoru. V tem primeru na izvoru ni grelca s konstantno temperaturo 400 °C. V tabeli 11 je prikazana koncentracija CO po prostoru zaprte komore pri času različnih časih, to je $t = 1, 600, 1200, 1800, 2400, 3000$ in 3600 s. Vpihovana koncentracija CO je 150 ppm celoten čas simulacije s konstantnim volumskim pretokom, ki je znašal 2000 l/h.

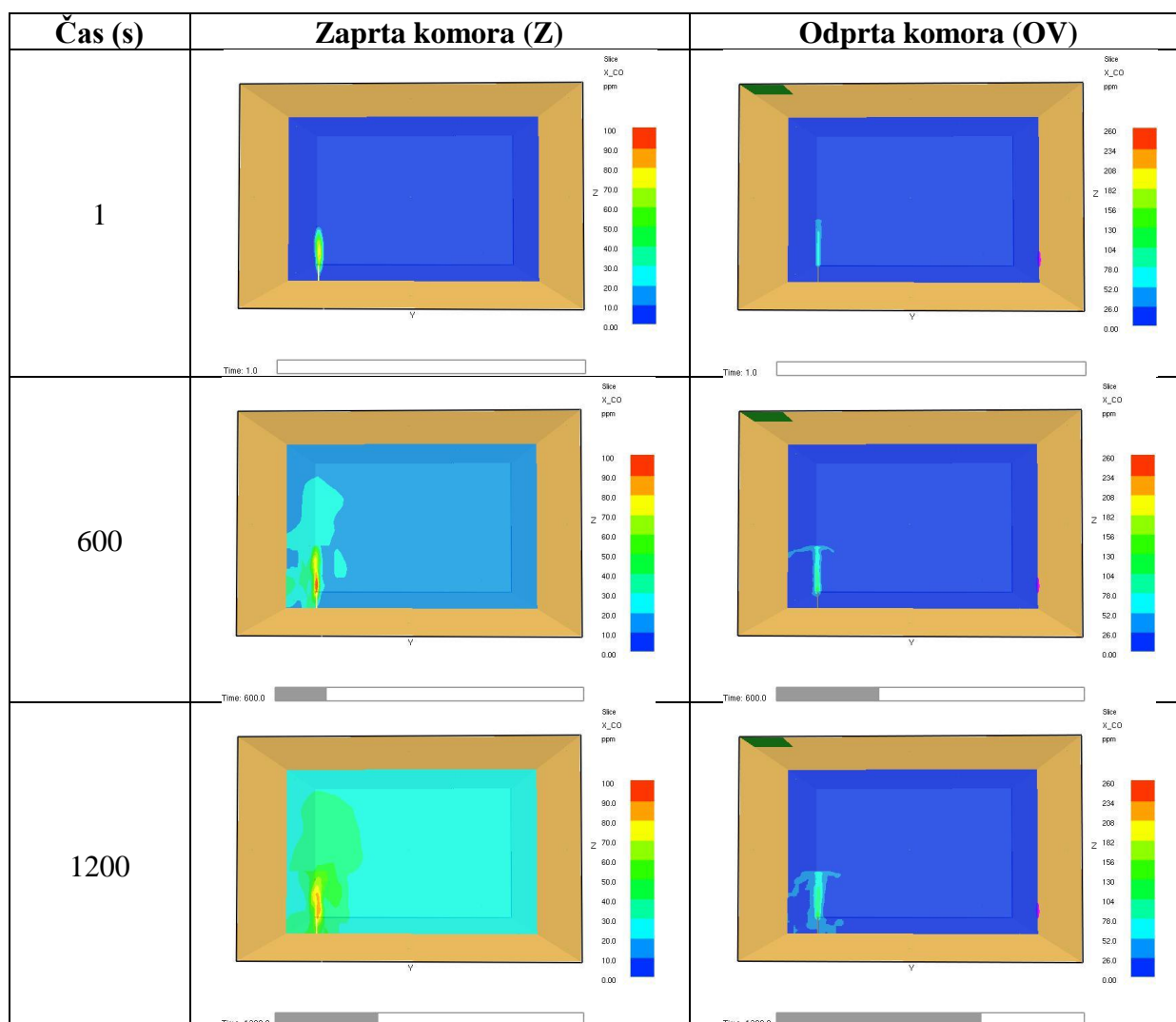
Tabela 11: Točkovni vpis CO (150 ppm in 2000 l/h) brez izvora toplote – sekvence slik pri različnih časih v primeru zaprte komore

Simulacija gibanja molekul CO v komori ($\psi_{CO} = 150 \text{ ppm}$ in $\phi = 2000 \text{ l/h}$).	Komora je popolnoma tesna.
	
t = 1,0 s	t = 600,0 s
	
t = 1200,0 s	t = 1800,0 s
	
t = 2400,0 s	t = 3000,0 s
	
t = 3600,0 s	

Rezultati v tabeli 11 potrjujejo, da je koncentracija CO v primeru zaprte komore najvišja ob viru, nato pa z oddaljenostjo pada. Zanimivo je, da je s časom koncentracija dokaj podobna po celotnem prerezu komore.

Tabela 12 prikazuje primerjavo CO za zaprto in odprto komoro in sicer pri časih 1, 600 in 1200 s. Vpliv ventilatorja in odprtine je lepo viden.

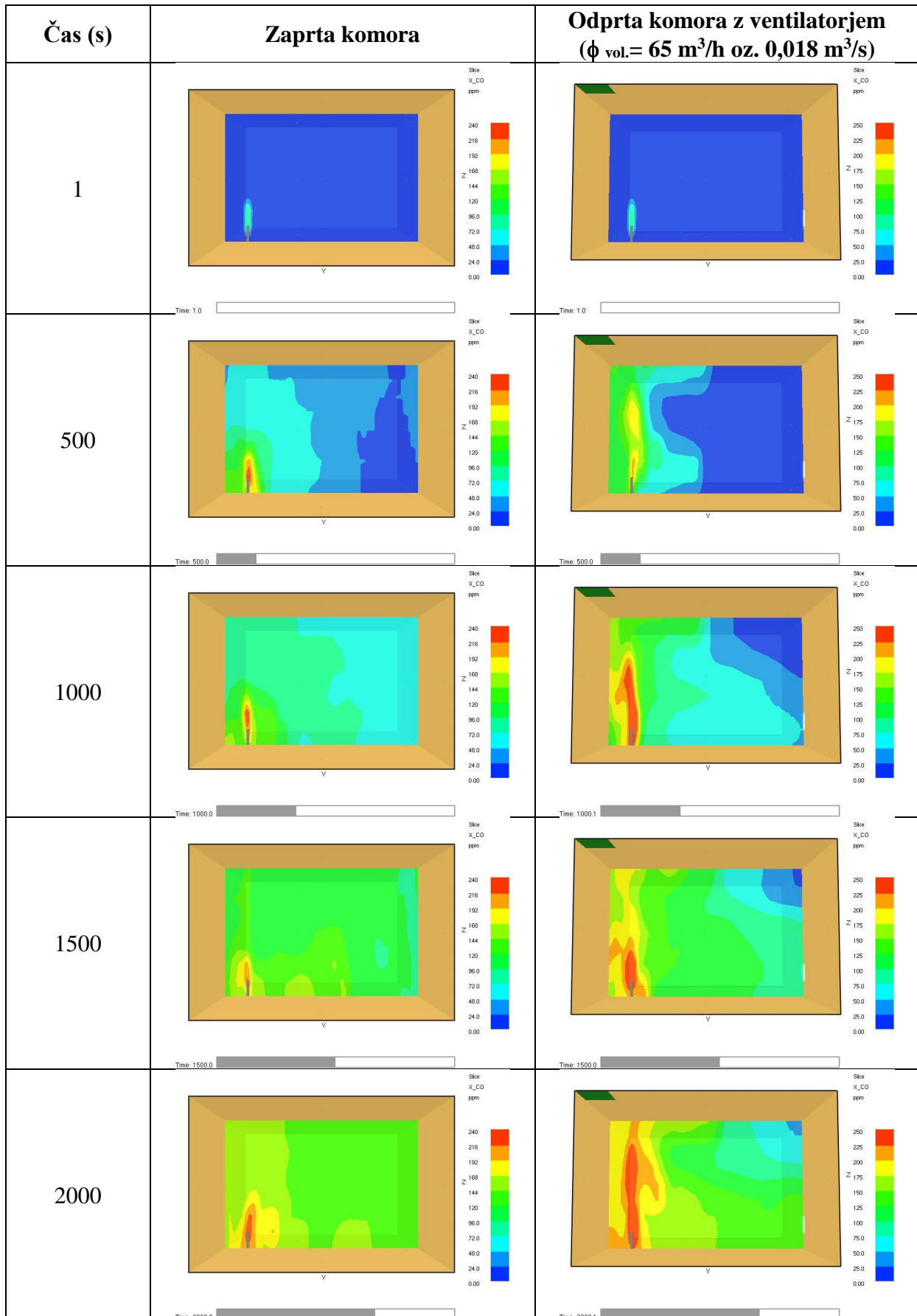
Tabela 12: Primerjava razporeda CO po preseku komore v primeru zaprte (Z) in odprte (OV) komore v primeru vpiha hladnega CO (2000 l/h 150 ppm)



Točkovni vpih hladnega CO 2000l/h 400 ppm

Tabela 13 prikazuje primerjavo razporeditve koncentracij CO v zaprto in odprto komoro in sicer pri vpihu hladnega CO z volumskim pretokom 2000l/h in koncentracije 400 ppm pri različnih časih, to je pri času 1, 500, 1000, 1500, 2000, 2500 in 3000 s. Vpliv ventilatorja in odprtine je očitno. Koncentracije nad mestom vpiha so v primeru delujočega ventilatorja v njegovi bližini višje, na mestu odprtine pa nižje v primerjavi z zaprto komoro. Lepo je viden vpliv ventilatorja, ki deluje tako, da vleče CO proti mestu ventilatorja in s tem vpliva na sam razpored CO po prostoru. Zanimivo je, da koncentracije v primeru odprte komore niso manjše, kot v primeru zaprte, je pa razporeditev drugačna.

Tabela 13: Primerjava razporeda CO po preseku komore v primeru zaprte (Z) in odprte (OV) komore v primeru vpiha hladnega CO (2000 l/h 400 ppm)



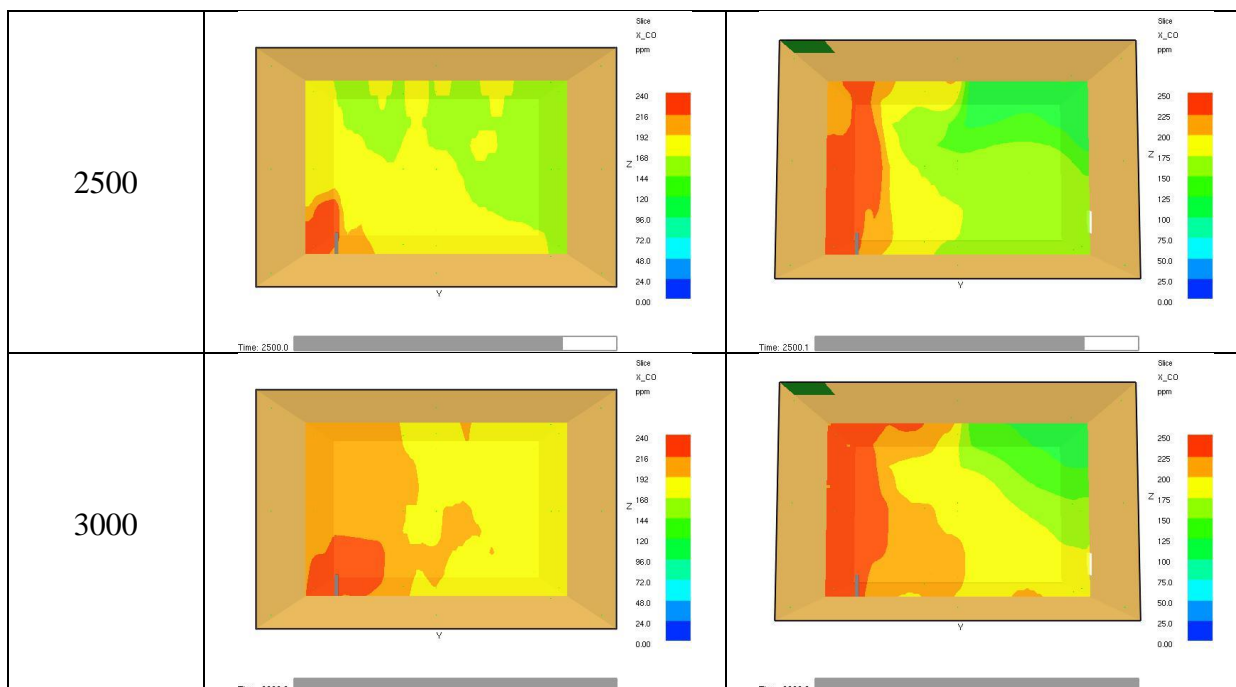
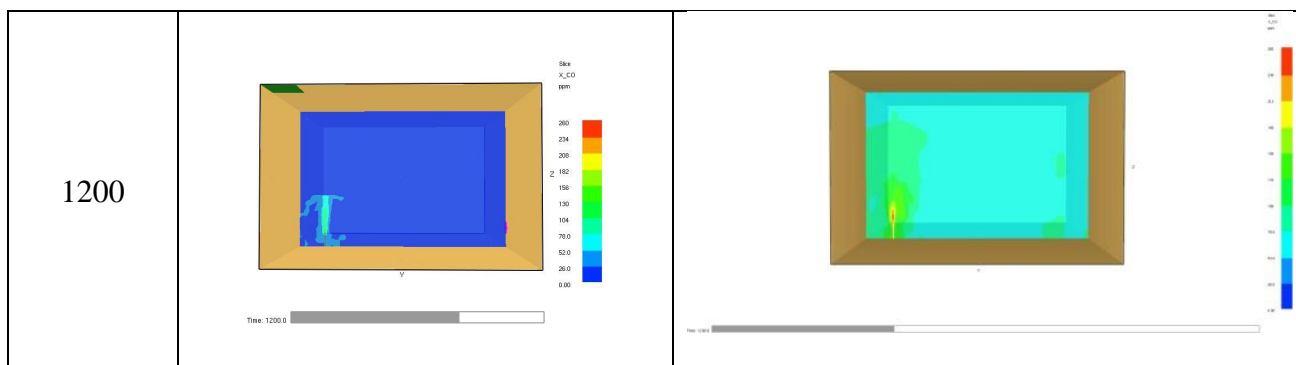


Tabela 14 prikazuje primerjavo razporeditve koncentracij CO za odprto komoro in sicer pri vpihu hladnega CO z volumskim pretokom 2000l/h in koncentracij 150 in 400 ppm pri različnih časih, to je pri času 1, 600 in 1200 s. Pričakovano je koncentracija neprimerno višja pri vpihovanju 400 ppm CO kot pa 1500 ppm CO.

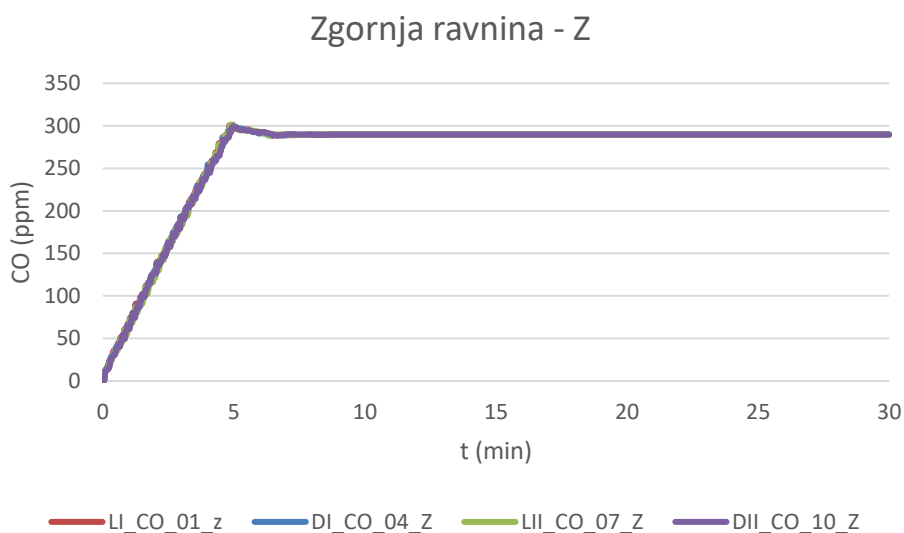
Tabela 14: Primerjava razporeda CO po preseku komore v primeru odprte (OV) komore v primeru vpiha hladnega CO (2000 l/h 150 in 400 ppm)

Čas (s)	($\psi_{CO} = 150 \text{ ppm}$ in $\phi = 2000 \text{ l/h}$)	($\psi_{CO} = 400 \text{ ppm}$ in $\phi = 2000 \text{ l/h}$)
1		
600		



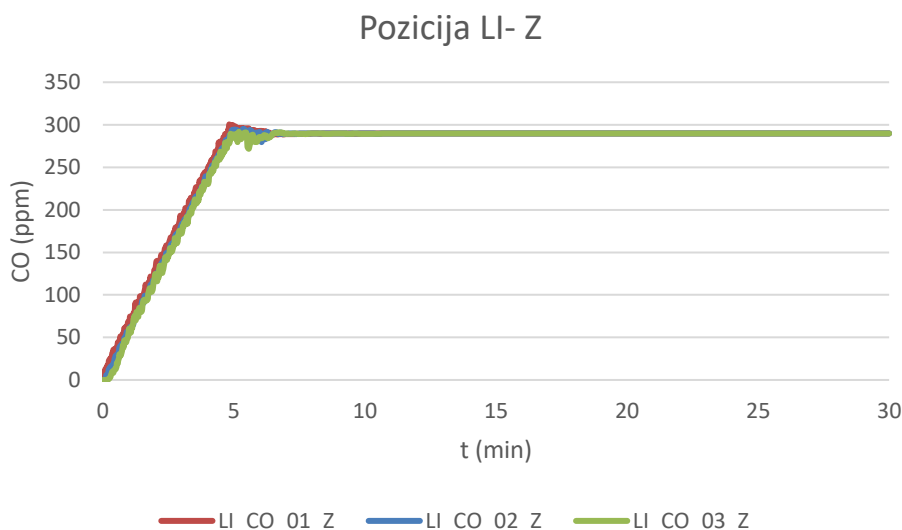
Gorenje bukovih sekancev (40 g)

V tem primeru smo obravnavali nastajanje in razporeditev CO po komori pri gorenju 40 g suhih bukovih sekancev. Časovna razporeditev koncentracij CO v izbranih merilnih mestih je prikazana na slikah 119-123. Slika 119 prikazuje časovno spreminjanje CO na merilnih mestih zgornje ravnine zaprte komore. Vidimo, da koncentracija CO linearno narašča do trenutka, ko pogorijo vsi bukovni sekanci, nato pa je se s časom ustali in je konstantna. Koncentracija je praktično enaka na vseh merilnih mestih zgornje ravnine.



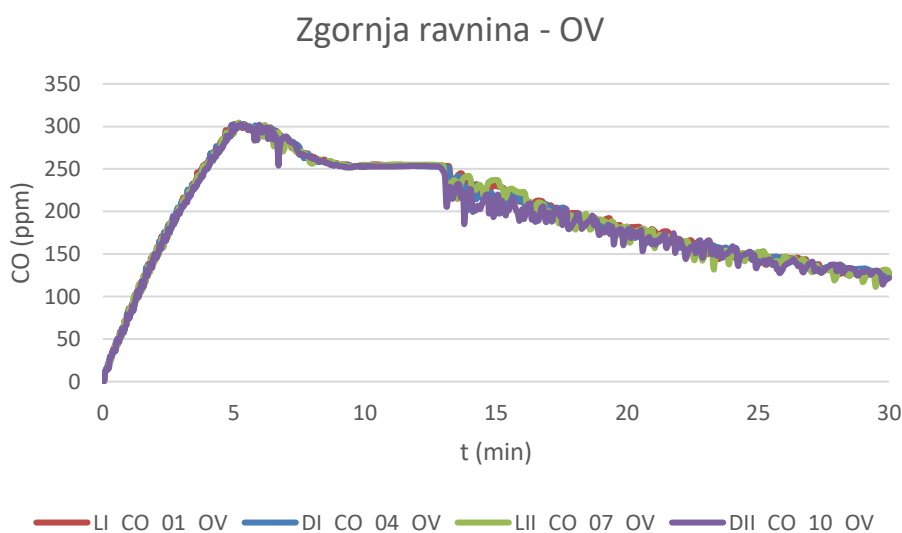
Slika 119: Časovna razporeditev CO na zgornjih merilnih mestih pri gorenju 40 g sušenih bukovih sekancev v primeru zaprte (Z) komore

Podobno slika 120 prikazuje časovno spreminjanje CO po višini zaprte komore na mestu LI. Časovna razporeditev koncentracij CO v izbranih merilnih mestih je zelo podobna kot na sliki 119.

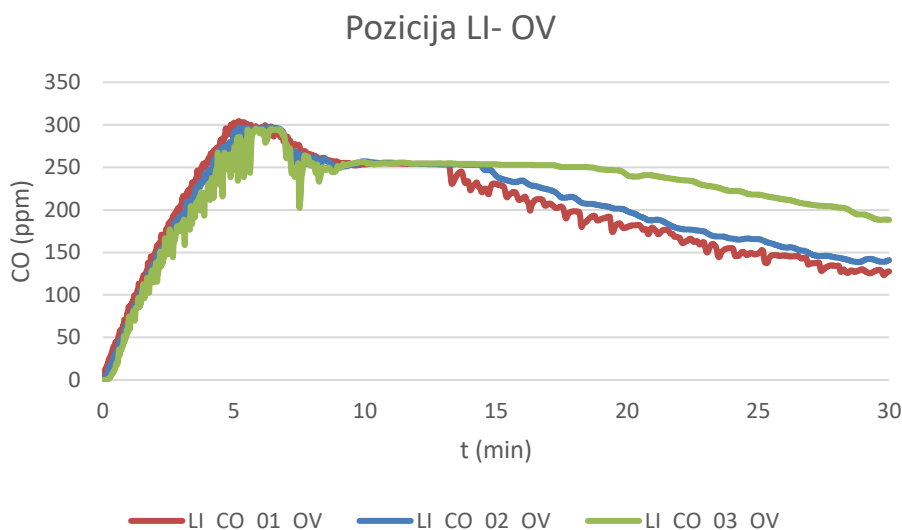


Slika 120: Časovna razporeditev CO na merilnih mestih pozicije LI pri gorenju 40 g sušenih bukovih sekancev v primeru zaprte (Z) komore

Časovna razporeditev koncentracij CO v izbranih merilnih mestih odprte komore je prikazana na slikah 121-122. Iz slike 121 vidimo, da v primeru odprte komore koncentracija CO po tem, ko gorenje suhih bukovih sekancev ugasne, s časom začne padati. Ta padec je v primeru zgornjih merilnih mest skoraj enak, medtem ko je v primeru merilnih mest po višini, odvisen od višine posameznega merilnega mesta. Padec je najmanjši na spodnjem merilnem mestu, to je LI_03, in največji na najvišjem merilnem mestu, ki je najbližje delujočemu ventilatorju, to je LI_01. Razlika je tudi do 50 ppm.

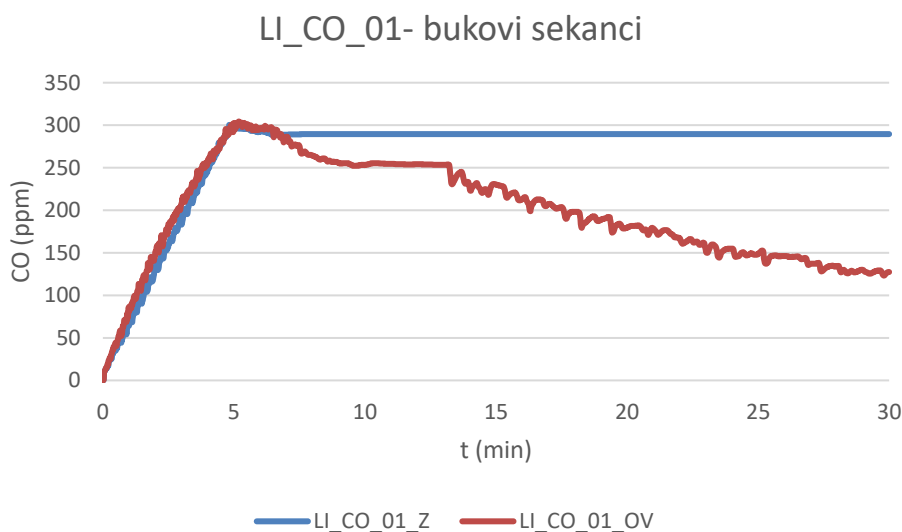


Slika 121: Časovna razporeditev CO na zgornjih merilnih mestih pri gorenju 40 g sušenih bukovih sekancev v primeru odprte komore in delujočega ventilatorja (OV)



Slika 122: Časovna razporeditev CO na merilnih mestih pozicije LI pri gorenju 40 g sušenih bukovih sekancev v primeru odprte komore in delujočega ventilatorja (OV)

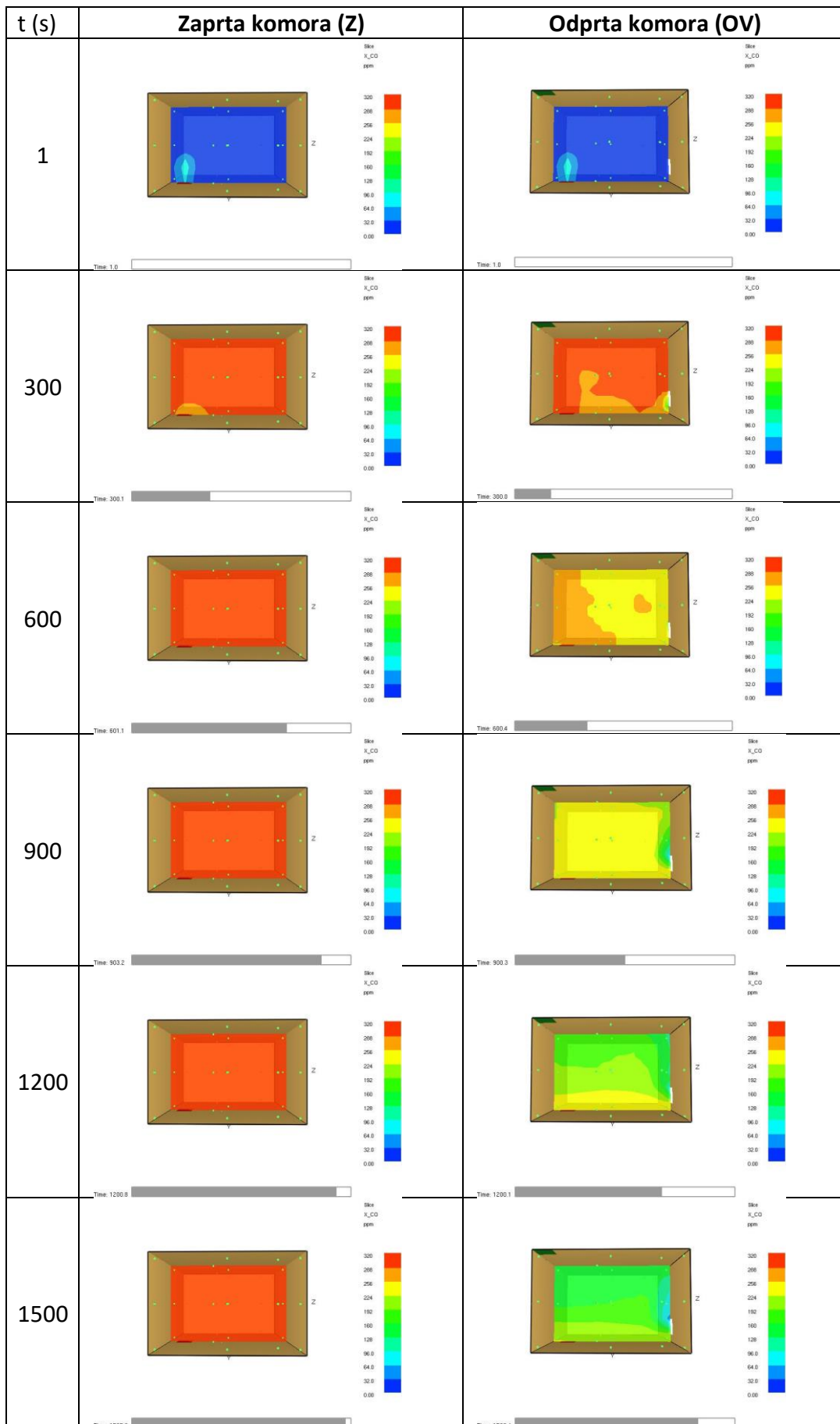
Na sliki 123 je prikazana primerjava CO za primer zaprte in odprte komore na merilnem mestu LI_01. Vidimo, da je razporeditev CO skoraj enaka do trenutka, ko bukovi sekanci gori, nato pa je razlika s časom čedalje večja. Po 30 minutah je tako koncentracija v primeru zaprte komore približno za 170 ppm višja, kot v primeru odprte komore. Vpliv odprtin je torej velik.

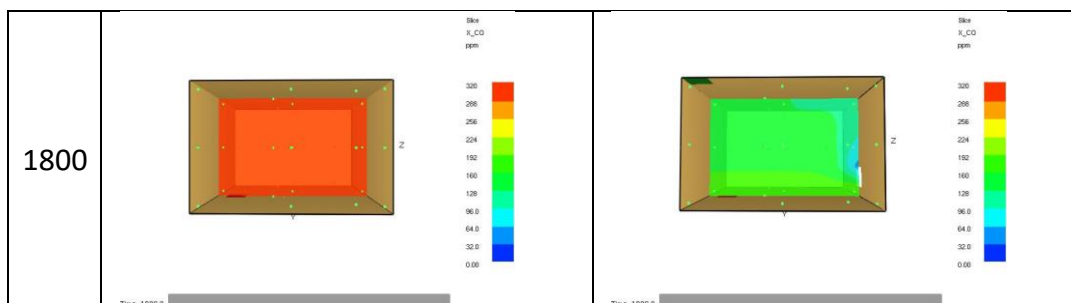


Slika 123: Časovna razporeditev CO na merilnem mestu LI_01 pri gorenju 40 g sušenih bukovih sekancev v primeru zaprte (Z) in odprte (OV) komore

Tabela 15 prikazuje primerjavo med rezultati CO za primer zaprte in odprte komore in sicer za različne čase, to je 1, 300, 600, 900, 1200, 1500 in 1800 s. Iz primerjave koncentracij pri posameznih časih vidimo, da je vpliv odprtin velik. Vidimo, da zrak v primeru odprte komore vdira skozi spodnjo odprtino in so tako koncentracije CO tam neprimerno manjše, kot v primeru zaprte komore. Na drugi strani je razporeditev v primeru zaprte komore skoraj enakomerna po komori. Delovanje ventilatorja povzroči, da so koncentracije CO v spodnjih plasteh višje kot v zgornjih.

Tabela 15: Sekvenčno zaporedje ravnine ($X_{os}=0,8\text{ m}$) s koncentracijami CO za popolnoma zaprto (Z) in odprto komoro (OV) v primeru gorenja 40 g suhih bukovih sekancev

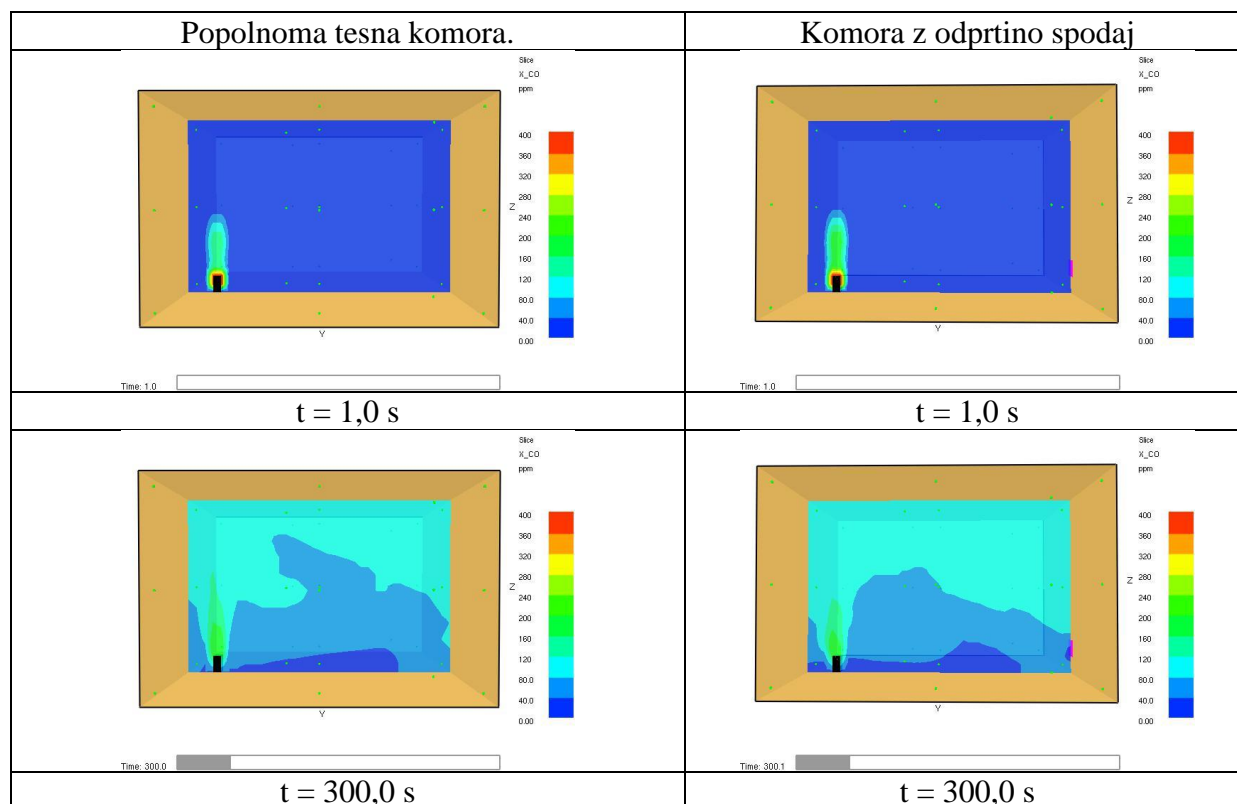


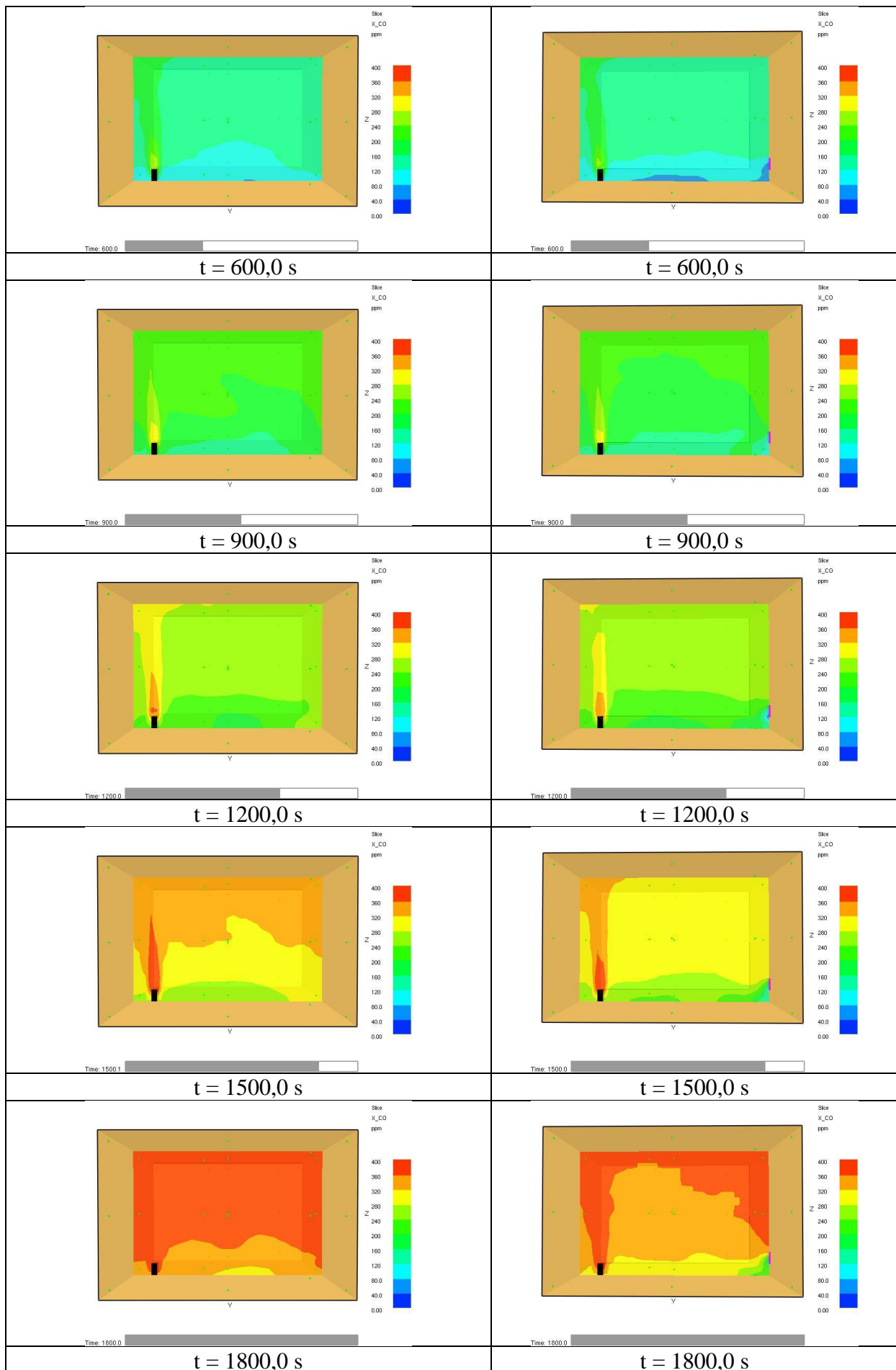


Iz tabele 15 lahko vidimo, da je koncentracija pri zaprti že po 600 s enakomerna in enaka po celotnem volumnu. V desnem stolpcu tabele 15 imamo prikazano situacijo z ventilatorjem in odprtino spodaj. Vidimo lahko, da ima ventilator velik vpliv na gibanje delcev CO. Tudi pri odprtini je opazen vpliv na spremembo koncentracije CO, čeprav ni zelo velik. Gorenje bioetanola (40 g)

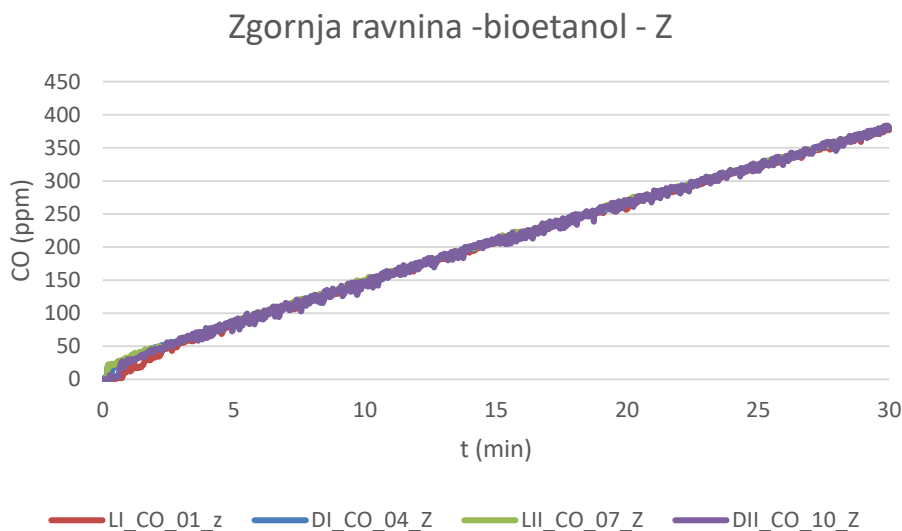
Tabela 16 prikazuje gibanje molekul CO po prostoru v primeru gorenja 40 g bioetanola in sicer pri različnih časih, to je $t = 1, 300, 600, 900, 1200, 1500$ in 1800 s, za dva različna primera, to je za popolnoma tesno komoro in komoro, ki ima oprto spodnjo odprtino, ventilator pa ne deluje. Vpliv spodnje odprtine je najbolj očiten pri času 1500 in 1800 s. Opazimo lahko, da skozi odprtino v prostor priteka zunanji zrak in posledično so koncentracije CO v nižjih plasteh odprte komore nižje kot v primeru zaprte komore.

Tabela 16: Časovna porazdelitev CO po prostoru komore pri gorenju 40 g bioetanola

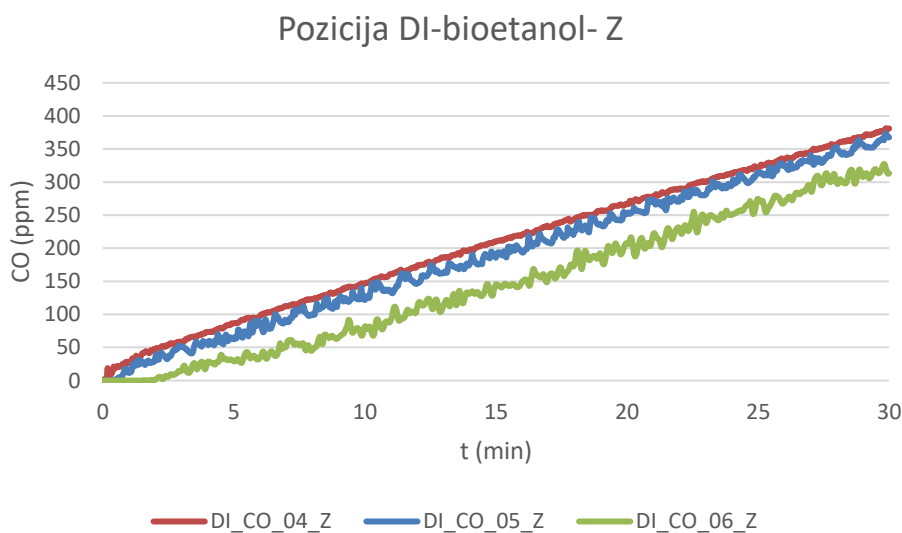




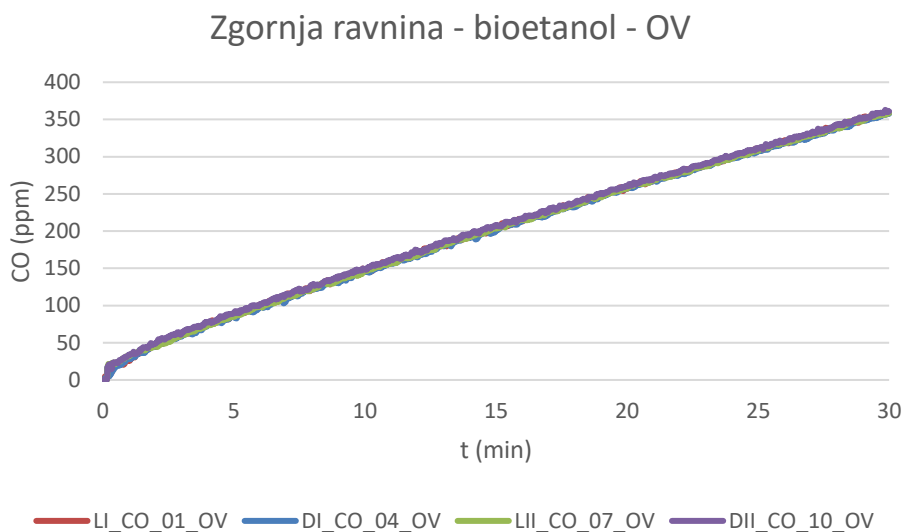
Časovna razporeditev CO na izbranih merilnih mestih je prikazana na slikah 124-128. Slika 124 prikazuje razporeditev CO na merilnih mestih zgornje ravnine. Opazimo lahko, da je razporeditev CO v zgornji ravnini enakomerna. Slika 125 pa prikazuje razporeditev CO po višini komore in sicer na mestu DI. Vidimo, da so koncentracije najvišje na mestu, ki je najvišje, nato pa z višino pada. Razlika med spodnjo in zgornjo točko je približno 50 ppm. Zelo podobni rezultati so v primeru, ko je odprta spodnja odprtina.



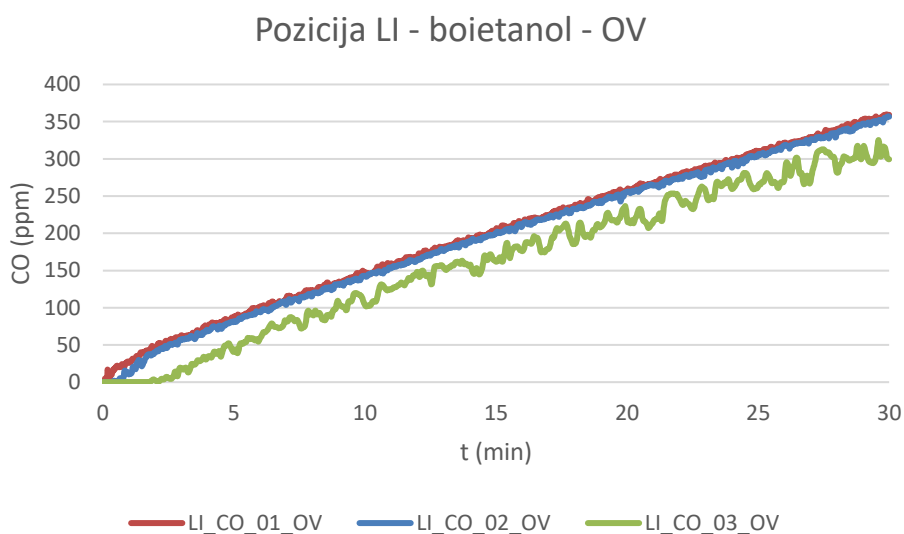
Slika 124: Časovna razporeditev CO na zgornjih merilnih mestih pri gorenju 40 g bioetanola v primeru zaprte (Z) komore



Slika 125: Časovna razporeditev CO na merilnih mestih pozicije DI pri gorenju 40 g bioetanola v primeru zaprte (Z) komore

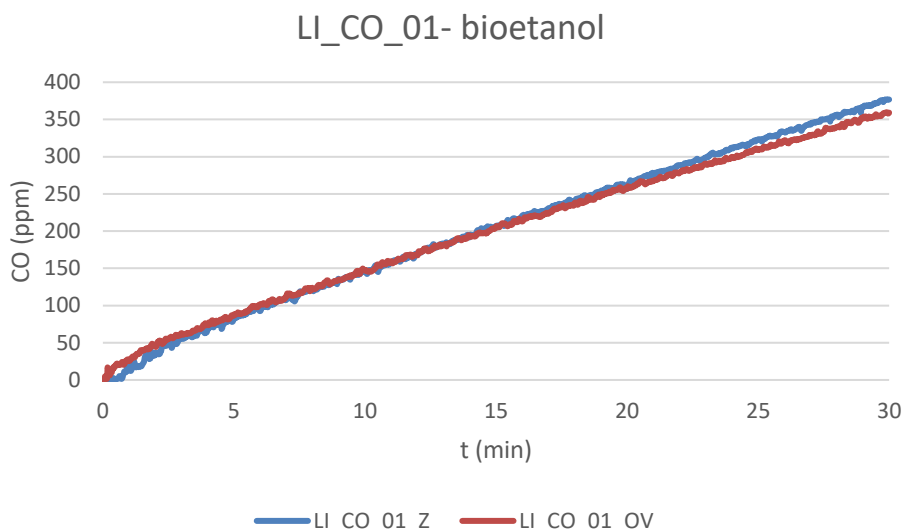


Slika 126: Časovna razporeditev CO na zgornjih merilnih mestih pri gorenju 40 g bioetanola v primeru odprte (OV) komore



Slika 127: Časovna razporeditev CO na merilnih mestih pozicije LI pri gorenju 40 g bioetanola v primeru odprte (OV) komore

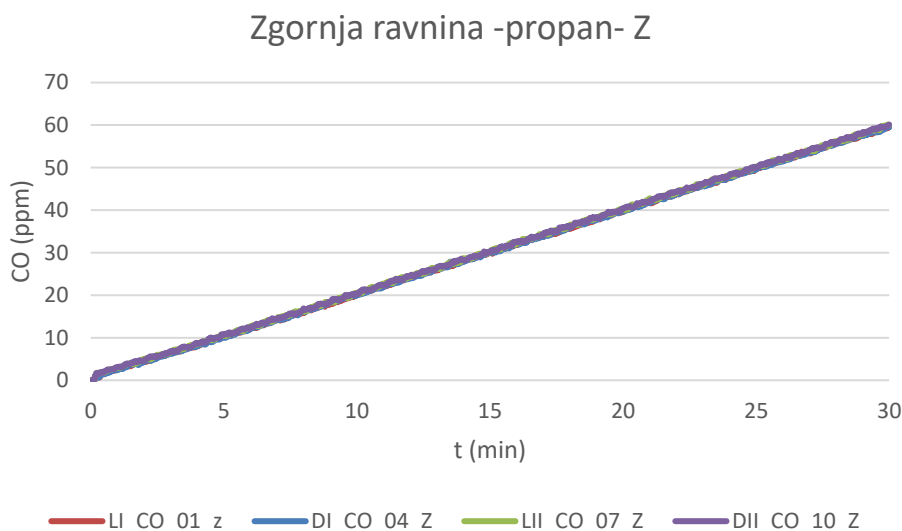
Slika 128 prikazuje primerjavo koncentracij CO za zaprto komoro in komoro, ki ima odprto spodnjo odprtino, ventilator pa je izključen, in sicer na mestu LI_01. Vidimo, da je na začetku koncentracija CO višja v primeru odprte komore, po tridesetih minutah analize pa je koncentracija v primeru zaprte komore višja kot pri odprti komori.



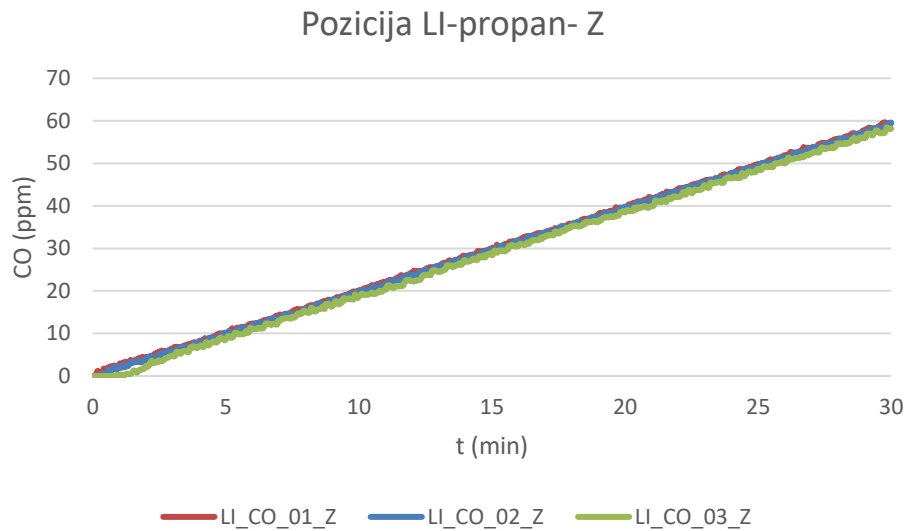
Slika 128: Časovna razporeditev CO na merilnem mestu LI_01 pri gorenju 40 bioetanola v primeru zaprte (Z) in odprte (OV) komore

Gorenje propana

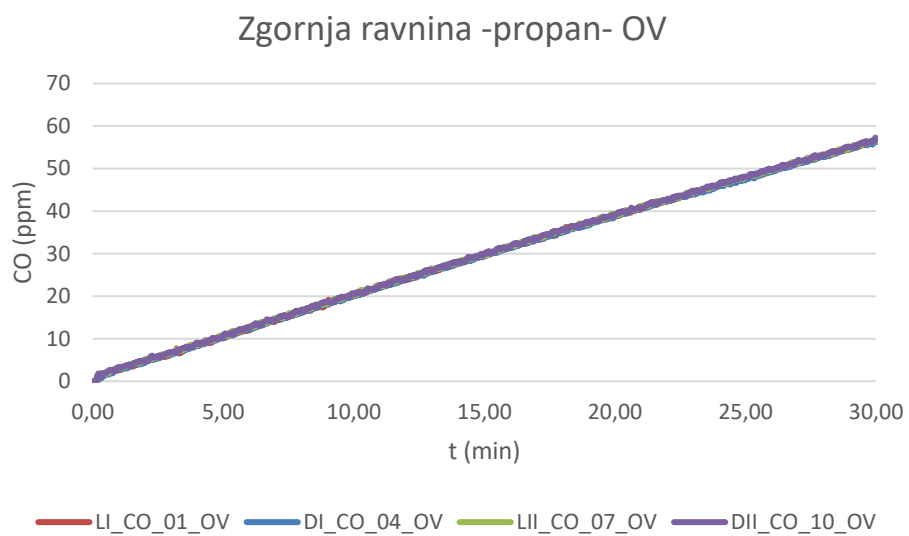
Pri gorenju propana je v simulaciji nastavljeno, da propan odgoreva celoten čas simulacije. V tem primeru smo obravnavali gorenje propana. Časovna razporeditev CO na izbranih merilnih mestih je v primeru gorenja propana prikazana za primer zaprte in odprte komore na slikah 129-133. Vidimo, da je v vseh primerih razporeditev CO po prostoru dokaj enakomerna. Prostorska razporeditev po zaprti in odprti komori je prikazana v tabeli 17. Vidimo, da je vpliv odprtin podoben kot v ostalih primerih različnih goriv.



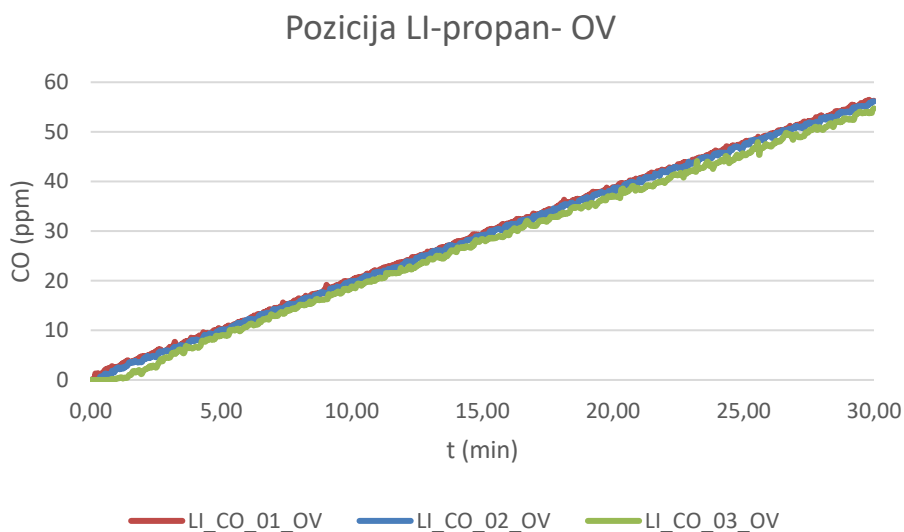
Slika 129: Časovna razporeditev CO na zgornjih merilnih mestih pri gorenju propana v primeru zaprte (Z) komore



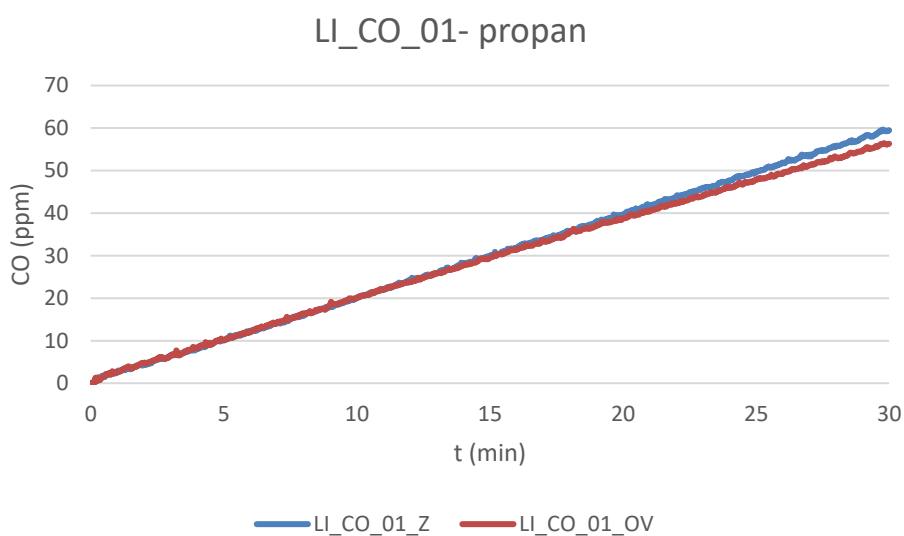
Slika 130: Časovna razporeditev CO na merilnih mestih pozicije LI pri gorenju propana v primeru zaprte (Z) komore



Slika 131: Časovna razporeditev CO na zgornjih merilnih mestih pri gorenju propana v primeru odprte (OV) komore



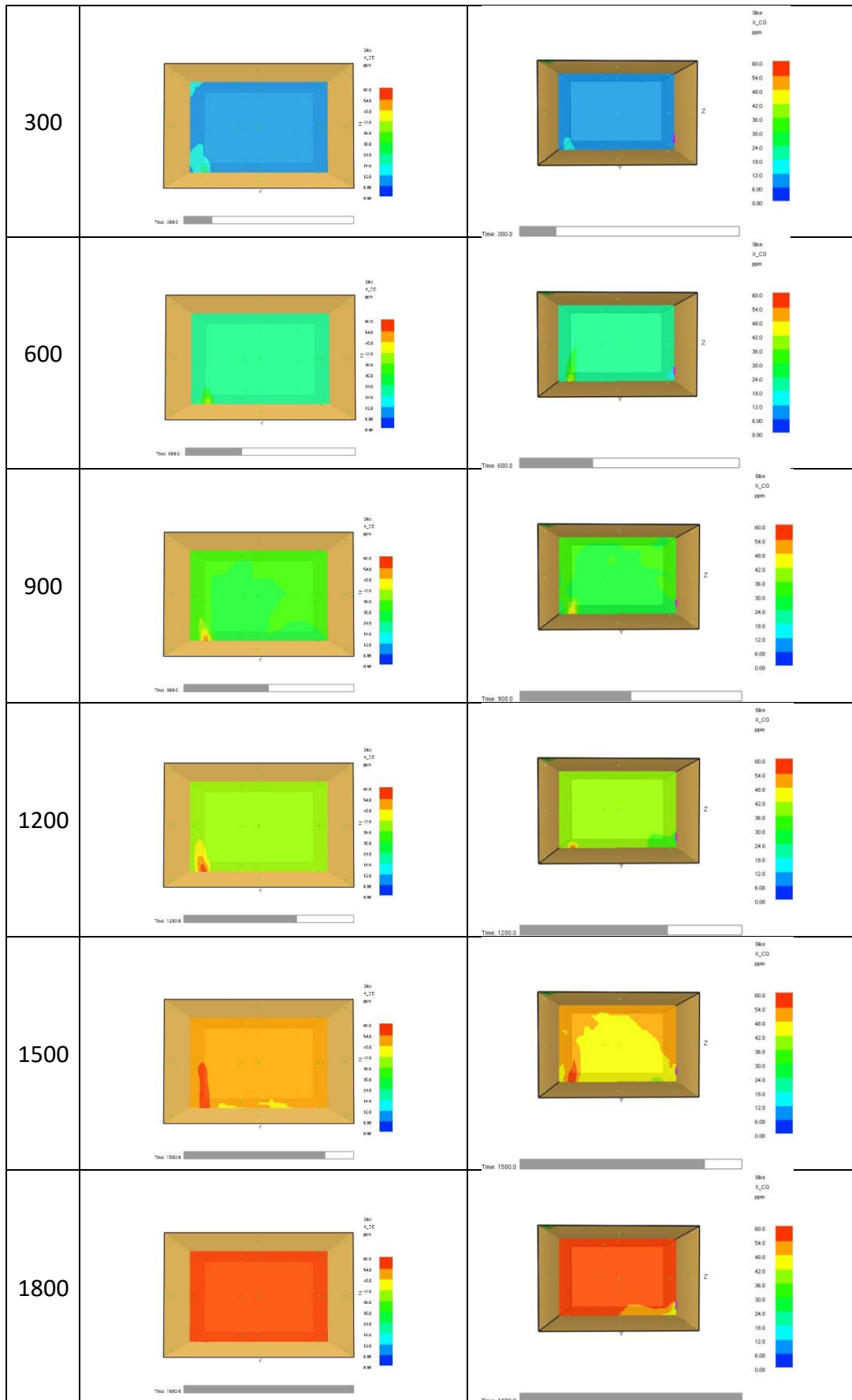
Slika 132: Časovna razporeditev CO na merilnih mestih pozicije LI pri gorenju propana v primeru odprte (OV) komore



Slika 133: Časovna razporeditev CO na merilnem mestu LI_01 pri gorenju propana v primeru zaprte (Z) in odprte (OV) komore

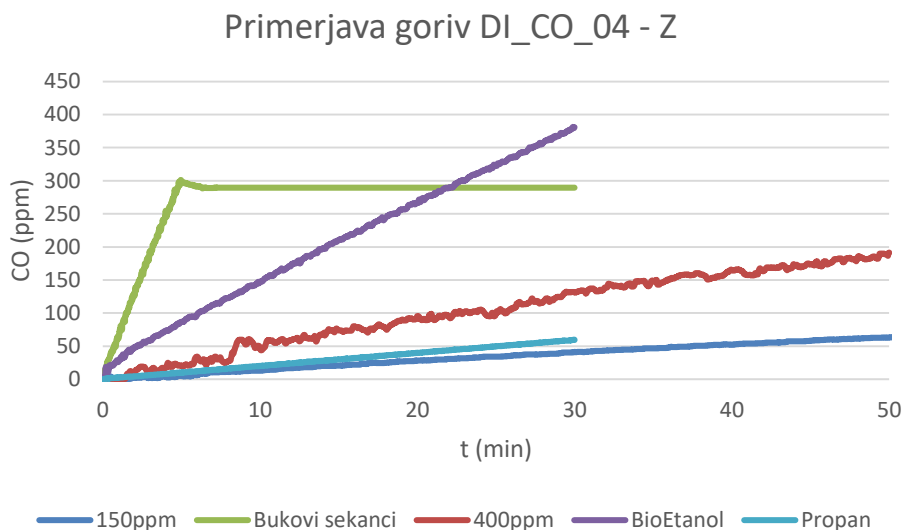
Tabela 17: Sekvenčno zaporedje ravnine ($X_{os}=0,8$ m) s koncentracijami CO za popolnoma zaprto (Z) in odprto komoro (OV) v primeru gorenja propana

t (s)	Zaprta komora (Z)	Odprta komora (OV)
1		



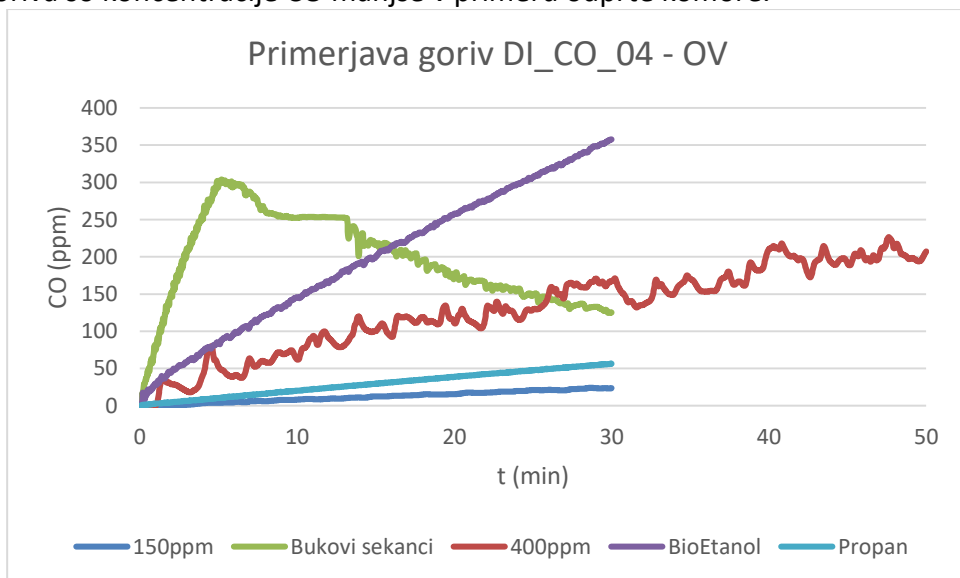
Primerjava različnih goriv

Sliki 134 in 135 prikazujeta časovno razporeditev koncentracije CO na merilnem mestu DI_04 za različna goriva, in sicer slika 134 za zaprto komoro in slika 135 za odprto komoro z delujočim ventilatorjem. V primeru zaprte komore vidimo, da je najvišja vrednost pričakovano pri gorenju trdih goriv, kot so suhi bukovi sekanci. Koncentracija CO v tem primeru najprej naraste na 300 ppm, nato pa, ko gorenje poneha, se ustali pri vrednostih malo manj kot 300 ppm.



Slika 134: Časovna razporeditev koncentracije CO za različna goriva v primeru zaprte komore za merilno mesto DI_04

Slika 135 pa prikazuje časovno spreminjanje CO za primer odprte komore in različne vrste goriv. Razpored je podoben kot pri zaprti komori. Razlika je le v primeru bukovih sekancev. V tem primeru koncentracija po prenehanju gorenja pada, in je po približno 27ih minutah enaka vpihovanju 400 ppm CO. Za vsa goriva so koncentracije CO manjše v primeru odprte komore.



Slika 135: Časovna razporeditev koncentracije CO za različna goriva v primeru odprte komore za merilno mesto DI_04

Sklepne ugotovitve

Na osnovi izvedene numerične analize gibanja CO po izbranem prostoru v primeru gorenja različnih goriv pri različnih pogojih lahko ugotovimo naslednje:

- Hladen CO, brez zagonskega momenta, se giblje po prostoru izredno počasi. Širjenje je sferično na vse strani.
- Gibanje toplega oziroma vročega vpihovanega CO po prostoru je odvisno od vzgona toplega zraka. CO se nad virom vertikalno dviga proti stropu prostora, nato pod stropom potuje proti stenam in ob stenah nato navzdol proti tlom prostora. Od tal prostora se giblje nazaj proti izvoru. V relativno kratkem času je koncentracija CO dokaj enakomerna po prostoru komore.
- Vpliv količine vpihanega CO je pričakovano velik na koncentracijo CO, ne pa na samo gibanje CO. Ugotovimo, da je po določenem času koncentracija CO v vseh merilnih mestih sorazmerna v prostor vpihanemu CO. Torej, če je količina proizvedenega CO 10 x večja, bodo tudi koncentracije za približno toliko višje, in obratno.
- Vpliv spodnje odprtine ter delujočega ventilatorja je pomemben. Koncentracija CO se v večini primerov konkretno zmanjša, še posebno v bližini odprtine in ventilatorja. Odprtine ne vplivajo samo na koncentracijo CO, temveč tudi na samo gibanje CO.
- Vpliv samo spodnje odprtine je na količino in razporeditev CO večini primerov zanemarljiv, z izjemo mesta v bližini odprtine.
- Vpliv odprtin je najbolj izrazit pri gorenju suhih bukovih sekancev. Ko deluje ventilator, so v zgornji plasteh manjše koncentracije CO kot pa v spodnjih. Razlika je bila v konkretnem primeru skoraj 50 ppm.
- Pri gorenju propana je razporeditev CO po prostoru zelo enakomerna.
- Simulacija z gorenjem bioetanola je pokazala zanimivo visoko koncentracijo CO. Koncentracije CO so primerljive tistim, ki nastanejo pri gorenju trdega goriva, kot so suhi bukovski sekanci.

Literatura

- [1] FDS User Guide. (2017). Dostopno na https://github.com/firemodels/fds/tree/master/Manuals/FDS_User_Guide (datum dostopa: 10.4.2017)
- [2] FDS-SMV Official Website (2017). Fire Dynamics Simulator and Smokeview, Gaithersburg, Maryland, USA, National Institute of Standards and Technology Dostopno na <https://pages.nist.gov/fds-smv/> (datum dostopa 19.4.2017).
- [3] NIST (National Institute of Standards and Technology). (2017). Dostopno na: <https://www.nist.gov/> in <https://www.nist.gov/services-resources/software/fds-and-smokeview> (datum dostopa 21.4.2017)
- [4] A. J. Chorin, J.E.A Marsden. Mathematical Introduction to Fluid Mechanics. Volume 4. Edition 3. Springer-Verlag New York. 1993. Pp.172.
- [5] R.C. Reid, J.M. Prausnitz, and B.E. Poling. Properties of Gases and Liquids. McGraw-Hill, New York, 4th edition, 1987. 116
- [6] McGrattan, Kevin, et al. (2016), Fire Dynamics Simulator User's Guide, Gaithersburg, Maryland, USA : s.n., November 2016. NIST Special Publication 1019.
- [7] DOT/FAA/AR-05/14. (2005). Office of Aviation Research. Washington, D.C. 20591. Polymer Flammability. Final Report. Dostopno na: <https://www.fire.tc.faa.gov/pdf/05-14.pdf> (datum dostopa 19.4.2017).

Faza 2.3: Osnutek nacionalnega programa ozaveščanja pred nevarnostjo zastrupitve s CO

Uvod

V okviru faze 2.3 razvojnoraziskovalnega projekta Nastajanje CO med gorenjem je pripravljen predlog vsebin nacionalnega programa za preprečevanje zastrupitev s CO v bivalnih prostorih (v nadaljevanju NP). V njem so združene ugotovitve na osnovi do te faze opravljenega dela v okviru tega RR projekta. Osnutek NP je treba dopolniti glede na zaključke razprave med naročnikom in izvajalci naloge, zaključke naslednjih faz in razprave z deležniki, ki naj bi se aktivno vključili v izvajanje NP.

Predlog vsebine NP:

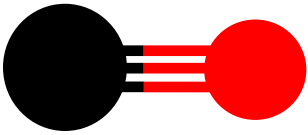
- predstavitev problema:
 - lastnosti ogljikovega monoksida (v nadaljevanju CO),
 - vplivi CO na zdravje ljudi,
 - viri nastanka CO,
 - stanje glede zastrupitev s CO v Sloveniji,
- evidentiranje ciljnih skupin za izvajanje NP;
- predlog ukrepov:
 - ozaveščanje, izobraževanje, usposabljanje,
 - tehnični ukrepi (ukrepi za preprečevanja nenadzorovanega sproščanja CO, aktivnosti s katerimi lahko laik preveri možnost nastanka CO v svojem domu itd.),
 - predlogi za dopolnitev zakonodaje in tehnične regulative.

V nadaljevanju so podrobneje opisane predlagane vsebine, ki jih je treba dopolniti na osnovi zaključkov razprave.

Ogljikov monoksid – nevidni ubijalec

Osnovni podatki o CO so navedeni v tabeli 18.

Tabela 18: Fizikalno-kemijske lastnosti CO [1, 2]

Ime snovi	ogljikov monoksid ogljikov oksid
Kemijska formula	CO
Strukturna formula	
CAS št.:	630-08-0
UN št.:	1016
EC št.:	11-128-3
EC indeks št	006-001-00-2
Tališče	– 205 °C
Vrelišče (1013 mbar)	– 191,6 °C
Kritična temperatura	– 140 °C
Gostota (1013 mbar, 15 °C)	1,185 kg·m ⁻³
Relativna gostota plinaste faze [zrak = 1] (pri 0 °C)	0,968
Specifični volumen (1013 mbar, 15 °C)	0,844 m ⁻³ ·kg
Sposobnost mešanja z vodo	29 g·dm ⁻³
Molekulska masa	28,01
Eksplozijsko območje v zraku	12,5 – 74,0 vol. %
Samovžigna temperatura	620 °C

Komentar k podatkom v tabeli 18:

- CO je pri 20 °C in običajnem tlaku 1 bar plin brez barve, vonja in okusa. To pomeni, da ga ne moremo zaznati s človekovimi čutili, zato ga v poljudni literaturi pogosto imenujejo tudi »nevidni« ali »tih«.
- Molekulska masa CO je 28,01 in je zelo podobna molekularni masi dušika (N₂), ki je 28,014.
- Relativna gostota CO je 0,968, kar ne pomeni, da se zbira v višjih plasteh/pri stropu, temveč se razporedi po celotnem prostoru, podobno kot dušik, ki ga je v zraku okoli 79 vol.%. Na gibanje molekul CO v prostoru vpliva več dejavnikov: temperatura, zračni tok, razlika tlaka.
- CO je v zraku eksploziven v koncentracijskem območju med 12,5 vol. % in 74,0 vol. %, kar je relativno široko eksplozijsko območje, vendar je spodnja eksplozijska meja visoka.

Označitev nevarnosti in ukrepi:

V skladu z Uredbo 1272/2008 [3] je CO razvrščen kot nevarna kemikalija, ki predstavlja fizikalno nevarnost in nevarnost za zdravje in je označen z naslednjimi piktogrami za nevarnost:



Slika 136: Piktogrami za nevarnost

Stavki o nevarnosti nas opozarjajo na to, da je CO zelo lahko vnetljiv plin (H220), strupen pri vdihavanju (H331), lahko škoduje nerojenemu otroku (H360D) in škoduje organom pri dolgotrajni ali ponavljajoči se izpostavljenosti (H360D).

Iz previdnostnih stavkov je mogoče razbrati osnovne ukrepe za varno delo s CO pri profesionalni rabi:
P202: Ne uporabljajte, dokler se ne seznanite z vsemi varnostnimi ukrepi.

P210: Hraniti ločeno od vročine/isker/odprtega ognja/vročih površin. — Kajenje prepovedano.

P260: Ne vdihavati plina/hlapov.

P304+P340+P315: PRI VDIHAVANJU: Prenesti žrtev na svež zrak in jo pustiti počivati v položaju, ki olajša dihanje. **Takoj** poiščite zdravniško pomoč/oskrbo.

P308+P313: Pri izpostavljenosti ali sumu izpostavljenosti: poiščite zdravniško pomoč/oskrbo.

P377: Požar zaradi uhajanja plina: Ne gasiti, če puščanja ni mogoče varno zaustaviti.

P381: Odstraniti vse vire vžiga, če je varno.

P403: Hraniti na dobro prezračevanem mestu.

P404: Hraniti v zaprti posodi.

Z lastnostmi, razvrščanjem, označevanjem in pakiranjem se seznanimo kadar CO uporabljamo profesionalno. Težave pa nastanejo, kadar CO nastaja oziroma se nenadzorovano sprošča v bivalno okolje, v prostore našega doma, kjer se praviloma počutimo varne.

Vplivi na zdravje

CO pri vdihovanju ne draži sluznic, zato ga ne moremo zaznati in se pravočasno umakniti iz zastrupljenega območja. V pljučih se CO hitro absorbira in nato porazdeli po celem telesu, kjer se veže na proteine, ki vsebujejo železo ali baker. Najpomembnejši proteini, na katere se veže CO, so hemoglobin, mioglobin, citokrom C oksidaza in gvanilat ciklaza. Na hemoglobin se CO veže z 240-krat večjo afiniteto kot kisik in zmanjša kapaciteto hemoglobina za prenos kisika po krvi, kar vodi v tkivno hipoksijo. Na mioglobin se CO veže s 40-krat večjo afiniteto kot kisik in s tem zavre prenos kisika v skeletna mišična vlakna. CO zavre tudi celično dihanje z zavrtjem delovanja citokrom C oksidaze; s tem prekine transport elektronov in povzroči nastanek prostih radikalov, ki nato okvarijo mitohondrije. Pri zastrupitvi s CO se sprošča dušikov oksid iz trombocitov in različnih proteinov, na katere se veže tudi CO. Ob prisotnosti prostih radikalov se dušikov oksid nato pretvori v peroksinitrit, ki dodatno zavira delovanje citokrom C oksidaze in poškoduje žilni endotelij, na katerega se prilepijo nevtrofilci. Prilepljeni nevtrofilci se aktivirajo in sprostijo proteaze ter proste radikale, kar povzroči vnetje in lipidno peroksidacijo in s tem demielinizacijo centralnega živčnega sistema. Hipoksiji možganov ob zastrupitvi s CO verjetno sledi reoksigenacijska poškodba možganov. Tkivna hiperoksigenacija namreč pospeši tvorbo prostih kisikovih radikalov, ki nato pospešijo oksidacijo

proteinov in nukleinskih kislin ter s tem povzročijo vnetje in tako imenovano reperfuzijsko poškodbo. Zastrupitev s CO sproži tudi apoptozo oz. programirano celično smrt.

Akutna zastrupitev s CO

Zastrupljeni s CO imajo številne in neznačilne težave. Na zastrupitev s CO največkrat pomislimo, ko nekdo izgubi zavest, saj se simptomi zastrupitve najprej pokažejo zaradi prizadetosti možganov in šele nato srca, ki sta zaradi velike presnovne aktivnosti tudi najbolj občutljiva organa na zastrupitev s CO. Znaki zastrupitev s CO glede na stopnjo zastrupitve so prikazani v tabeli 19.

Tabela 19: Znaki zastrupitev z ogljikovim monoksidom glede na stopnjo zastrupitve

Stopnja zastrupitve	Znaki zastrupitve z ogljikovim monoksidom
blaga	blag glavobol, slabost, bruhanje, utrujenost, omotičnost, oslabelost, poslabšanje osnovne bolezni (npr. kroničnega bronhitisa ali angine pektoris)
zmerna	močan utripajoč glavobol, zaspanost, zmedenost, težave pri mišljenju, motnje vida, zanašanje pri hoji, mišična nemoč, hitro bitje srca,
huda	nezavest, epileptični krči, bolečina za prsnico, odpoved srca in dihanja, smrt

Pri otroku se lahko zastrupitev z ogljikovim monoksidom pokaže z glavobolom, zaspanostjo, zanašanjem pri hoji, nenatančnimi gibi, neješčnostjo, bruhanjem, bolečino v trebuhu, drisko, hitrim dihanjem in krči.

Nivo karboksihemoglobina ne sovpada s simptomi zastrupitve, saj se nivo karboksihemoglobina po prekinutvi izpostave CO znižuje s 6 urnim razpolovnim časom in ob vdihovanju 100 % kisika z razpolovnim časom 1 ura, kar moramo obvezno upoštevati pri razlagi izmerjenega nivoja karboksihemoglobina ob pregledu bolnika.

Klinična slika in teža zastrupitve s CO je odvisna od koncentracije CO v zraku in trajanja zastrupitve. Daljša izpostava nizki koncentraciji CO lahko namreč povzroči hudo zastrupitev, medtem ko kratkotrajna izpostava visoki koncentraciji CO preživelim običajno ne pušča posledic.

Blaga in kronična zastrupitev s CO

Blage in kronične zastrupitve s CO pogosto spregledamo, saj imajo zastrupljeni lahko številne in neznačilne težave, kot so glavobol, slabost, omotica, oslabelost in zmedenost [4-8]. Na zastrupitev s CO največkrat pomislimo šele takrat, ko nekdo izgubi zavest, saj se simptomi zastrupitve najprej pokažejo zaradi prizadetosti možganov in šele nato srca, ki sta zaradi velike presnovne aktivnosti tudi najbolj občutljiva organa na zastrupitev s CO [9]. Blage zastrupitve lahko zato potekajo tudi daljši čas in se kažejo s poslabšanjem učnega uspeha otrok in težavami v službi pri odraslih, lahko pa tudi z različnimi duševnimi težavami.

Klinična slika in teža zastrupitve s CO je odvisna od koncentracije CO in trajanja zastrupitve [9, 10], zato lahko tudi dolgotrajna izpostava nizki koncentraciji CO povzroči kronično zastrupitev s hudimi nevropsihološkimi posledicami. Kasne nevropsihološke posledice se najbolj pogosto kažejo s

ponavljajočimi se glavoboli, motnjami spomina in osredotočanja misli, kognitivnim upadom in osebnostnimi spremembami [11]. Pojav naštetih posledic je pogostejši pri tistih, ki so bili izpostavljeni CO daljši čas. Posledice zastrupitve s CO se lahko tekom naslednjih mesecev in let sicer postopno izboljšajo ali izginejo, vendar pri četrtini bolnikov ostanejo trajne [11]. V tabeli 20 so prikazane možne kasne nevropsihološke posledice zastrupitve s CO.

Tabela 20: Kasne nevropsihološke posledice zastrupitve z ogljikovim monoksidom [11]

Nevrološke posledice	Kognitivne in psihološke posledice
glavobol	motnje osredotočanja misli
epilepsija	težave s spominom
parkinsonizem	nihanje razpoloženja
dispraksija	nespečnost
disfazija	depresija
ataksija	anksioznost
vertigo	psihoza
periferna nevropatija	
inkontinenca za vodo in/ali blato	

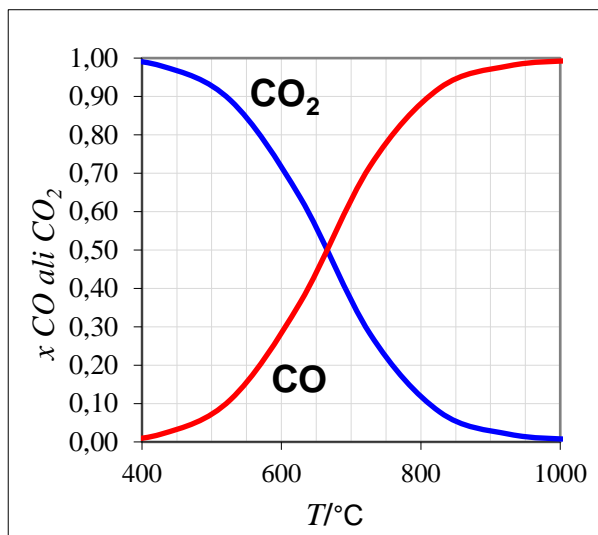
Viri nastanka CO

CO nastaja pri vsakem gorenju - reakciji gorljivih snovi, ki vsebujejo ogljik, s kisikom iz zraka. V domačem okolju nastaja pri kurjenju lesa, premoga, naftnih derivatov, papirja, kartona, tkanine in naravnih ali umetnih vlaken, zemeljskega ali gospodinjanskega plina. Količina CO oziroma njegova koncentracija v zraku je odvisna od narave in količine goriva, kurilne naprave ter količine zraka. Večja količina/koncentracija CO nastaja pri zgorevanju velike količine goriva, ob pomanjkanju zraka in pri tlenju gorljivih materialov.

Znano je, da pri gorenju v zraku nastaja predvsem ogljikov dioksid (CO₂), vendar vedno nastaja tudi CO, kar lahko pojasnimo z Boudouardovo reakcijo, ki je redukcijsko – oksidacijska reakcija ravnotežne zmesi CO in CO₂ pri določeni temperaturi. Pri tem poteka reakcija disproporcionacije CO v CO₂ in ogljik (C):



Pri temperaturi nad 900 °C, je CO stabilnejši od CO₂, pod temperaturo približno 700 °C pa prevladuje CO₂, delež CO pa je nižji. V temperaturnem območju med 600 °C in 750 °C sta prisotna oba plina. Iz slike 137 in podatkov v tabeli 21 je razvidno, da se oksidacija C s CO₂ prične pri temperaturi nad 430 °C, pri temperaturi okoli 670 °C pa sta deleža CO₂ in CO enaka, pri višjih temperaturah se delež CO povečuje, delež CO₂ pa pada.



Slika 137: Boudouardovo ravnotežje [12]

$T/^\circ\text{C}$	$\Delta G_r / \text{kJmol}^{-1}$	x_{CO_2}	x_{CO}
25	158,6	1,000	0,000
127	141,5	1,000	0,000
227	124,7	1,000	0,000
327	107,9	0,998	0,002
427	91,2	0,980	0,020
527	74,4	0,890	0,110
627	57,6	0,637	0,363
727	40,8	0,282	0,718
827	24,0	0,078	0,922
927	7,2	0,020	0,980
1027	-9,6	0,006	0,994
1127	-26,3	0,002	0,998
1227	-43,1	0,001	0,999

Tabela 21: Podatki Boudouardovega ravnotežja [12]

Najbolj običajni viri CO v bivalnem prostoru so:

- kurilne in dimovodne naprave in z njimi povezani viri CO; običajno zaradi napačne vgradnje, vzdrževanja, rabe teh naprav, skladiščenja goriva ipd.,
- dekorativni kamini, dišeče palčke, vodne pipe in podobni dekorativni predmeti in naprave, katerih osnovni namen ni ogrevanje prostora,
- naprave za pripravo hrane (trajno vgrajene ali začasno postavljene v prostor),
- dizelski agregati, naprave in sistemi za ogrevanje vozil in prostorov na tekoče ali plinasto gorivo ter druge naprave, ki jih nameščamo v bližino bivalnih prostorov in v času delovanja sproščajo tudi CO.

Kurilne in dimovodne naprave in z njimi povezani viri CO

Kurilna naprava je generator toplote, v katerem se toplota za ogrevanje stavb oziroma pripravo tople sanitarne vode pridobiva z zgorevanjem trdnega, tekočega ali plinastega goriva. V bivalnem prostoru nameščena kurilna naprava mora imeti urejen ustrezen dovod zraka za zgorevanje goriva v kurišču in odvod dimnih plinov, ki nastajajo pri zgorevanju goriva.

Na nenadzorovano sproščanje CO v bivalni prostor pri namestitvi, delovanju in vzdrževanju kurilnih in dimovodnih naprav lahko vpliva vrsta dejavnikov:

- vrsta kurilne in dimovodne naprave,
- vrsta in količina goriva,
- čas kurjenja,
- način vgradnje/namestitve kurilne in dimovodne naprave in s tem povezan dovod svežega zraka za zgorevanje goriva,
- prisotnost gorljivih materialov v bližini ali na kurilni oziroma dimovodni napravi,

- prezračevalne naprave in sistemi v prostoru oziroma stavbi in s tem povezana koncentracija kisika in tlačne razmere v prostoru (npr. nape, ventilatorji, sistemi za prezračevanje),
- sočasno delovanje več oziroma različnih kurilnih naprav, priključenih na eno dimovodno napravo,
- tehnična okvara kurilne in/ali dimovodne naprave in/ali ostalih naprav, ki vplivajo na dovod ali odvod zraka iz bivalnega prostora (npr. prezračevalnega sistema),
- naknadni nepooblaščen posegi v kurilne, dimovodne in prezračevalne naprave, neredno vzdrževanje, servisiranje in/ali izvajanje dimnikarskih storitev, neupoštevanje opozoril dimnikarja (zlasti glede odprave pomanjkljivosti) ipd.,
- spremembe na stavbi, ki vplivajo na dovod zraka v bivalni prostor in/ali kurilno napravo in delovanje dimovodne naprave (npr. menjava oken, zatesnitev rešetk na vratih za dovod svežega zraka, zapiranje zračnikov, prenova fasade, zamenjava kurilnih naprav, ki so povezane na isti dimovodno napravo, spremembe naklona strehe, naknadna postavitve gradbenih elementov ali naprav v neposredno bližino ustja dimnika ipd.).

CO lahko v bivalni prostor pride tudi iz neustreznih peči v sosednjih prostorih (npr. iz kleti, sosednjega stanovanja ipd.).

Do zastrupitev s CO običajno pride zaradi kombinacije zgoraj navedenih negativnih dejavnikov; npr. v majhnih kopalnicah s plinskimi kurilnimi napravami za ogrevanje sanitarne vode, kjer se zaradi neurejenega dovoda zraka prekine naravni vlek v dimovodni napravi, dimni plini pa pričnejo uhajati v prostor.

Do kombinacije negativnih dejavnikov, ki povzroči povišanje koncentracije CO v bivalnem prostoru lahko pride sčasoma; npr. po določenem času delovanja kurilne naprave in prisilnem odvajanju zraka z ventilatorjem začne zaradi neustreznega prezračevanja zmanjkovati kisika in nastaja CO.

Popularne sanacije stavb in/ali naprav z namenom izboljšanja toplotne učinkovitosti (npr. zatesnitev oken in drugih odprtín, zamenjava obstoječih kurilnih in dimovodnih naprav z novimi ipd.) lahko bistveno vplivajo na delovanje kurilnih in dimovodnih naprav v celi stavbi. V praksi se pojavljajo problemi predvsem pri sanacijah večstanovanjskih stavb, kjer se izvajajo postopoma ali le delno in v primeru kombinacije zgoraj opisanih negativnih dejavnikov prihaja do povečanih koncentracij CO npr. tudi v bivalnih prostorih brez kurilne naprave.

Dekoratívni kamini, dišeče palčke, vodne pipe

Do povišane koncentracije CO lahko pride tudi pri gorenju etanola (poimenovanem tudi bioetanol ali gorilni špirit) in podobnih goriv v okrasnih kaminih in podobnih dekoracijah, kjer običajno ni predviden odvod produktov gorenja iz prostora. Meritve laboratorijskih preskusov, opravljenih v okviru te RR naloge kažejo na praktično enako koncentracijo CO v zraku pri gorenju enake količine lesnih peletov in bioetanola.

Večje količine CO se sproščajo pri žarjenju pri kurjenju dišečih palčk in vodnih pip. V majhnih in neprezračevanih prostorih lahko tudi tak na videz majhen vir CO vpliva na počutje in povzroči blage ali zmerne zastrupitve.

Naprave in pripomočki za pripravo in serviranje hrane

V bivalnih prostorih trajno ali občasno nameščamo naprave in pripomočke za pripravo in serviranje hrane, pri katerih uporabljamo različne vrste goriva. Do povečane koncentracije lahko pride pri rabi teh naprav manjših oziroma neprezračevanih prostorih, še posebej ob sočasnem prisilnem odvajanju zraka iz prostora z ventilatorjem.

Dizelski agregati in podobne naprave v prostorih ter bližini bivalnih prostorov

V bližino bivalnih prostorov občasno, včasih celo stalno nameščamo naprave, kot so dizelski agregati in podobne naprave za občasno ali stalno proizvodnjo električne energije. Stalno so take naprave nameščene npr. ob počitniških hišah, občasno pa se jih uporablja ob naravnih nesrečah, kot so poplave, potresi ipd. Pri delovanju teh naprav se sprošča CO, ki se lahko nabira tudi v bližnjih bivalnih prostorih (stanovanjih, počitniških apartmajih, bivalnih prikolicah, avtomobilih ipd.), če je izpušna cev motorja obrnjena proti bivalnemu prostoru, piha veter v smer bivalnega prostora ipd. Poleg stanovalcev in drugih običajnih uporabnikov bivalnih prostorov so tveganju zastrupitve v primerih naravnih in drugih nesreč izpostavljeni tudi reševalci in gasilci, ki lahko pri svojem delu uporabljajo tudi motorne žage in druge naprave z motorji z notranjim izgorevanjem.

Bivalno v. s. delovno okolje, pravica do nedotakljivosti stanovanja v. s. pravica do varnosti soseda

Rabo nevarnih kemikalij v delovnem okolju ureja vrsta zakonov in pravilnikov [13-17], ki med drugim določajo pristojnosti in odgovornosti delodajalca in delavca, predpisujejo način dela s posebno nevarnimi kemikalijami, najvišje dopustne koncentracije nevarne kemične snovi v delovnem okolju ter nudijo praktične napotke za ureditev delovnih razmer. Poleg navedenega zakonodaja, ki ureja promet z nevarnimi kemikalijami [18-20] določa, da mora proizvajalec kemikalije preveriti, ali je kemikalija nevarna, jo na osnovi fizikalno – kemijskih, toksikoloških in ekotoksikoloških lastnosti razporediti v ustrezen razred nevarnosti, kemikalijo pakirati v primerno embalažo ter na etiketi označiti nevarnosti z uporabo komunikacijskih elementov (piktogramov za nevarnost, stavkov o nevarnosti, previdnostnih stavkov). V delovnem okolju imamo na razpolago informacije o določeni nevarni kemikaliji, ki je v primerni embalaži, je označena, pred delom s kemikalijo pa se moramo usposobiti za delo z njo. Poleg tega je v podjetju oseba (običajno varnostni inženir), ki nam nudi dodatne informacije, opravi ali naroči meritve kemičnih škodljivosti v delovnem okolju, s katerimi preverimo koncentracije snovi. Kjer so nevarne snovi stalno prisotne oziroma pričakovane so detektorji nameščeni v posameznih delovnih prostorih in neprekinjeno merijo koncentracije, ne glede na dinamiko dela. Zakonsko predpisana mejna vrednost za CO na delovnem mestu je 30 ppm ali 35 mg/m³.

V bivalnem okolju so razmere popolnoma drugačne. V prvi vrsti smo sami dolžni poskrbeti za lastno varnost, ne smemo pa ogrožati drugih. Nepoznavanje nevarnosti zastrupitve s CO nas ne odveže odgovornosti pri povzročitvi nezgode. Tveganju zastrupitve s CO se lahko izognemo z nakupom ustrezne kurilne in dimovodne naprave, z ustrezno (strokovno) vgradnjo, z rabo in (strokovno opravljenim) servisiranjem skladno z navodili proizvajalca, z naročanjem obveznih dimnikarskih storitev pri pooblaščenem dimnikarskem podjetju ipd.

Zaznavanje CO v bivalnem prostoru, obveščanje in opozarjanje na povišane koncentracije

Bivalni prostori morajo biti urejeni tako, da do povišanj koncentracij CO ne pride ob rabi kurilnih in dimovodnih naprav oziroma ob prisotnosti drugih virov CO. Za zagotavljanje zdravega bivalnega okolja priporočamo izvajanje naslednjih preventivnih ukrepov pred zastrupitvijo s CO:

- kurilna in dimovodna naprava mora biti vgrajena skladno s tehničnimi zahtevami (smernica SZPV 407),
- redno vzdrževanje kurilnih naprav,
- redno pregledovanje in čiščenje dimovodnih naprav (če kurimo na trdna goriva je potrebno izvajati preglede in čiščenje dimovodnih naprav tudi večkrat v času kurilne sezone),
- vsakodnevno večkratno zračenje bivalnih prostorov v primeru rabe kurilnih naprav, odvisnih od zraka v prostoru.

Namestitev javljalnikov CO je dodatni ukrep preprečevanja zastrupitev s CO, ki ne nadomešča ostalih ukrepov.

Javljalniki CO

CO lahko zazna le tehnični pripomoček – javljalnik ogljikovega monoksida. Osnovni namen javljalnika CO je pravočasno opozarjanje na nevarno koncentracijo CO v zraku, ki lahko ogroža zdravje in življenje ljudi in živali. Javljalnik začne ob povišani koncentraciji CO oddajati zvočni in vizualni signal ter tako opozori ljudi. Natančen opis zahtevanih lastnosti delovanja in preskusne metode za ugotavljanje učinkovitega delovanja javljalnikov CO so opredeljene v standardu SIST EN 50291-1 [22]. Na tržišču se pojavljajo tudi javljalniki CO, ki ne izpolnjujejo zahtev tega standarda. Evropska komisija s pomočjo sistema hitrega opozarjanja (RAPEX) potrošnike opozarja na javljalnike CO, ki so bili umaknjeni s trga EU oziroma posameznih držav članic EU.

Pravilnik o zahtevah za vgradnjo kurilnih naprav [21] zahteva vgradnjo tehnično brezhibne kurilne in dimovodne naprave in ureditev prostora na način, ki zagotavlja ustrezno prezračevanje. Navedeno se nanaša tudi na morebitne naknadne spremembe, popravila ali druge posege. Za kurilne naprave na tekoče ali plinasto gorivo je določeno, da smejo v bivalnih prostorih biti vgrajene le neodvisno od zraka v prostoru. Pravilnik dovoljuje izjemo le pri vgradnji kurilne naprave na trdo gorivo, ki je lahko vgrajena v bivalni prostor in je odvisna od zraka v prostoru, v kolikor se zagotovi ustrezen dovod zraka in je v prostor nameščen tudi javljalnik CO, ki izpolnjuje zahteve standarda SIST EN 50291-1.

Namestitev javljalnikov CO

Izbiro, vgradnjo, uporabo in vzdrževanje javljalnikov CO podrobneje obravnava in določa standard SIST EN 50292 [23]. Rezultati meritev v testni komori v okviru razvojnoraziskovalne naloge so potrdili priporočila o nameščanju javljalnikov CO v omenjenem standardu.

Uporabnik lahko v primeru namestitve javljalnika CO v prostore kompleksnih dimenzij (razgiban tloris, različne višine prostorov ipd.) oziroma prostore z več kurilnimi napravami poišče nasvet o namestitvi javljalnika CO pri dobavitelju oziroma ustrezno usposobljeni osebi.

Primerjava zahtev glede namestitve javljalnikov CO z zahtevami evropskih in severnoameriških držav

V okviru priprav NP je bila narejena tudi kratka raziskava o stanju na področju preprečevanja zastrupitev s CO v evropskih in severnoameriških državah. Namen raziskave ni bil podrobno preučevanje posameznih nacionalnih sistemov ampak povzeti izkušnje oziroma usmeritve posameznih držav na področju preprečevanja zastrupitev s CO v bivalnih prostorih. Po analizi odgovorov smo ugotovili, da je stanje v večini evropskih držav podobno stanju pri nas: vgradnja javljalnikov CO v bivalnih prostorih ni predpisana, razen v prostorih, kjer ni urejenega ustreznega prezračevanja. Vgradnja javljalnikov CO je ponekod predpisana v bivalnih enotah, namenjeni oddaji (stanovanja, turistične kapacitete), v plinskih kotlovnica, večjih garažnih hišah in stavbah, kot so hoteli, vzgojno-varstvene ustanove, ipd. V večini evropskih držav posvečajo pozornost pravilni namestitvi kurilnih in dimovodnih naprav (in drugih virov CO v bivalnih prostorih), v primeru potrebe po javljalnikih pa tehnični ustreznosti in pravilni namestitvi javljalnikov CO. Osnova za ugotavljanje skladnosti in navodila za namestitev so evropski standardi.

V ZDA in Kanadi je ponekod vgradnja javljalnikov CO obvezna, predvsem v hotelih in motelih, pa tudi v stanovanjih.

Stanje glede zastrupitev s CO v Sloveniji

Podobno kot v drugih primerljivih državah je beleženje podatkov o zastrupitvah s CO v Sloveniji pomanjkljivo. Navajamo podatke oziroma ugotovitve Centra za klinično toksikologijo in farmakologijo UKC Ljubljana.

Število zastrupitev

Število vseh nenamernih zastrupitev s CO, ki ne povzročijo smrti, ni znano ne v Sloveniji in tudi v tujini ne. V desetletju med letoma 2007 in 2016 so v UKC Ljubljana zdravili približno 3,5 zastrupljenecv s CO na 100.000 prebivalcev iz Ljubljane in okolice. Vzrok nekajkrat manjšega števila ugotovljenih in zdravljenih nenamernih zastrupitev s CO v Sloveniji glede na tujino je predvsem neprepoznavanje blažjih zastrupitev [24, 25]. Pri nas diagnosticiramo pretežno težje oblike zastrupitve s CO, saj je bilo med letoma 1990 in 1999 kar 50 % naših bolnikov nezavestnih, med letoma 2007 in 2016 pa je bilo med nenamerno zastrupljenimi bolniki takšnih še vedno 30 % zastrupljenecv s CO, medtem ko je v tujini nezavestnih le okoli 10 % zastrupljenecv s CO [26]. Bolnike, ki imajo samo blažje težave, npr. glavobol, slabost, omotico, in so oslabei ter zmedeni, pri nas prepoznamo manj pogosto kot v tujini.

Ugotavljanje blagih in kroničnih zastrupitev

Zastrupitev s CO ugotovimo s pomočjo podatka o nedavni izpostavi CO, prisotnosti ustreznih simptomov in znakov ter izmerjenega povišanega nivoja karboksihemoglobina. Merjenje nivoja karboksihemoglobina temelji na določevanju nivoja karboksihemoglobina v vzorcu krvi s plinskim analizatorjem s karboksioksimetrom, ki pa ni standardna oprema bolnišničnih laboratorijev pri nas, kar je pomemben dodaten razlog spregledanja blagih in kroničnih zastrupitev s CO. Nivo karboksihemoglobina se lahko določi tudi s pulznim karboksioksimetrom, ki omogoča hitro in neinvazivno diagnosticiranje zastrupitev s CO brez odvzema vzorca krvi [27], in je primeren za

ugotavljanje zastrupitev s CO v urgentnih ambulantah in na mestih zastrupitev. Ob ugotovitvi povišanega nivoja karboksihemoglobina s pulznim karboksioksimetrom je sicer smiselno zastrupitev s CO potrditi še z meritvijo karboksihemoglobina z določitvijo nivoja karboksihemoglobina v vzorcu krvi s plinskim analizatorjem s karboksioksimetrom [6].

Gasilci, reševalci in urgentni zdravniki lahko zastrupitev s CO ugotovijo tudi z merilnikom CO v zraku v prostoru, kjer se nahaja zastrupljenec, npr. ob obisku na domu.

Predlogi ukrepov za preprečevanje zastrupitev s CO

NP naj bo usmerjen predvsem v preprečevanje okoliščin za pojav tveganja zastrupitve s CO.

Predlogi ukrepov so sistemske, organizacijske in tehnične narave:

- ureditev zakonodaje in tehnične regulative na področju načrtovanja, vgradnje, rabe in vzdrževanja kurilnih in dimovodnih naprav, predvsem s področja dimnikarskih storitev [28], ki naj sledi stanju tehnike in omogoča učinkovit nadzor nad izpolnjevanjem zahtev,
- izboljšava strokovnega nadzora nad načrtovanjem, vgradnjo, rabo in vzdrževanjem kurilnih in dimovodnih naprav in poostren nadzor nad izpolnjevanjem varnostnih zahtev proizvodov na trgu, ki lahko sproščajo CO v bivalnem prostoru (npr. okrasni kamini, premične naprave za kuhanje na trdna, tekoča in plinasta goriva v bivalnih prostorih),
- krepitev pomena rednega in strokovnega opravljanja dimnikarskih storitev v širši javnosti (npr. ugotovitve dimnikarskih družb vezati neposredno na izvajalce del, da se uporabniku olajša odpravljanje pomanjkljivosti),
- izobraževanje in usposabljanje ter
- ozaveščanje.

Potrebne spremembe oziroma dopolnitve zakonodaje in tehniških smernic

Zakonodaja ureja pogoje, ki jih morajo izpolniti proizvodi, da so dostopni na trgu RS, v manjši meri pa kontrolo vgradnje.

Nadzor nad kurilnimi in dimovodnimi napravami izvajajo dimnikarji (prvi pregled neposredno po vgradnji ali rekonstrukciji kurilne in dimovodne naprave) po že izvedeni vgradnji oziroma sanaciji. Zakonodajo bi bilo smiselno dopolniti z inštrumenti kontrole v času projektiranja in izvedbe, predvsem pa bi bilo smiselno v zakonodajo vključiti mnenje dimnikarske družbe pred projektiranjem in/ali izvedbo, da se uporabniku zagotovi ključne informacije pred sprejemanjem odločitev.

Gradbeno in zakonodajo s področja dimnikarskih storitev bi bilo treba dopolniti z inštrumenti za odpravo pomanjkljivosti, ki so posledica neupoštevanja pravil stroke in tehničnih predpisov s strani monterjev kurilnih in dimovodnih naprav. Pojasnilo: če izvajalec del ni pripravljen odpraviti pomanjkljivosti iz zapisnika dimnikarske družbe je trenutno uporabniku na voljo le civilna tožba. Pomanjkljivosti se zato pogosto ne odpravijo.

Tehnično smernico SZPV 407 Požarna varnost pri načrtovanju, vgradnji in rabi kurilnih in dimovodnih naprav [29] je treba posodobiti in pripraviti poenostavljeno verzijo za uporabnike laike.

Izobraževanje in usposabljanje

Projektanti, gradbinci (fasaderji, vgrajevalci oken, vrat in dimnikov), pečarji, inštalaterji, serviserji, dimnikarji in drugi strokovnjaki so v času šolanja seznanjeni tudi z ukrepi za preprečevanje tveganj. Pregledati bi bilo treba kurikulumne izobraževalnih ustanov vseh ravni in dodati manjkajoče vsebine s področja preprečevanja tveganj zaradi pojava povečanih koncentracij CO. Podobno velja za izobraževanje zdravstvenega osebja, gasilcev in drugih reševalcev, ki se pri svojem delu srečujejo s posledicami zastrupitev. Opozarjanje na tveganja in znake zastrupitve s CO spada med splošno izobrazbo, zato bi bilo smiselno pregledati tudi kurikulume na tej ravni. Prav tako je tematiko prej omenjenim skupinam vključiti v dodatna usposabljanja, ki jih poslušajo oz. morajo poslušati v okviru osveževanja znanj. Za dimnikarje so redna usposabljanja uvedena z novim zakonom.

Zaradi razvoja tehnologije in vedno novih proizvodov na tržišču, ki lahko predstavljajo nova tveganja so se strokovnjaki dolžni redno usposablјati. V primeru prepoznavanja tveganja zastrupitev s CO in preprečevanja le-tega je nujno dodatno (periodično) usposabljanje predvsem projektantov, pečarjev, inštalaterjev, serviserjev in dimnikarjev. Slednji opravljajo tudi svetovanje uporabnikom kurilnih in dimovodnih naprav, zato je smiselno, da so usposobljeni tudi za to.

Ozaveščanje

Kljub urejenosti zakonodaje in izobraženosti ter usposobljenosti izvajalcev lahko pride do tveganj zastrupitve s CO; lahko tudi zaradi neznanja ali neodgovornega ravnanja posameznika. Lastnik oziroma uporabnik bivalnega prostora naj bo seznanjen z možnimi viri in simptomi zastrupitve, možnostjo preverjanja prekomerno povečane koncentracije CO v bivalnem prostoru, kjer je to potrebno in podobnimi preventivnimi ukrepi ter samozaščitnim ravnanjem. Cilj ozaveščanja je, da se posameznik zaveda, da ima lahko njegovo neodgovorno ravnanje (npr. lastna nestrokovna vgradnja in pomanjkljivo vzdrževanje kurilne naprave, izgradnja kamina oziroma namestitev in raba kurilne naprave, ki nima odvoda dimnih plinov, nepravilna izgradnja in pomanjkljivo vzdrževanje dimovodnih naprav, namestitev gorljivih materialov na ali v bližino kurilne ali dimovodne naprave, posegi, ki vplivajo na dovod zraka v prostor v katerem je nameščena kurilna naprava, nepremišljeno kajenje v prostoru, nenadzorovana priprava hrane) nepopravljive posledice.

Uporabnika je treba seznaniti s preprostimi metodami za prepoznavanje prisotnosti CO v prostoru (tudi brez javljalnikov CO in podobnih pripomočkov); npr. z prepoznavanjem znakov neustreznih razmer v prostoru s kurilno napravo (prisotnost vlaga na oknih in drugih hladnejših površinah, obarvanost sten nad kuriščem, rumenkast plamen pri gorenju plinastega goriva ipd.).

Med ozaveščanje spada tudi promocija kvalitetnih mojstrov, poudarjanje pomembnosti rednega vzdrževanja in servisiranja kurilnih in dimovodnih naprav, pozitivne vloge dimnikarske službe in prizadevanja za večji ugled oziroma spoštovanja le-te.

Namernih zastrupitev s CO v samomorilne namene ni smiselno obravnavati v okviru NP za preprečevanje zastrupitev s CO.

Oprema prvih posredovalcev z merilniki CO

V Sloveniji zastrupljence s CO, ki imajo samo blažje težave npr. glavobol, slabost, omotico in so oslabeli ter zmedeni, prepoznamo redkeje kot v tujini. V prihodnosti bomo morali biti tako bolj

pozorni na lažje zastrupitve s CO, ki prav tako potrebujejo zdravljenje s kisikom, predvsem pa moramo vedno ugotoviti vir CO in preprečiti nadaljnjo izpostavljenost.

Na blage zastrupitve s CO bi morali tako pomisliti pri vseh bolnikih z znaki viroze, na primer gripe, saj so znaki pogosto zelo podobni. Zastrupitev s CO lahko pri teh bolnikih ugotovimo, če se njihove zdravstvene težave izboljšajo izven stanovanja in povrnejo ob vrnitvi v stanovanje, pri virozi pa se težave ne spreminjajo. Prav tako moramo na kronično zastrupitev s CO pomisliti pri vseh bolnikih z glavobolom in migreno, posebno če se le-ta pojavlja tekom kurilne sezone. Na CO pomislimo tudi ob sočasnem pojavu zdravstvenih težav pri več ljudeh, ki se zadržujejo v istem prostoru, predvsem med kurilno sezono.

V prihodnje bi morali vse urgentne centre opremiti s pulznimi karboksioksimetri, ki omogočajo hitro in neinvazivno diagnosticiranje zastrupitev s CO brez odvzema vzorca krvi, s čimer bi lahko hitro ugotovili blage in kronične zastrupitve s CO ter jih ločili od drugih bolezni, npr. viroz in migren. V zimskih mesecih bi bilo tako potrebno vsem bolnikov v urgentnih ambulantah, poleg običajne pulzne oksimetrije, narediti še pulzno karboksioksimetrijo, kar že omogočajo sodobni aparati.

Gasilce in reševalce, ki obiskujejo bolnike na domovih bi morali opremiti s prenosnimi merilniki CO v zraku, ki kažejo tudi že manjše koncentracije CO, pri katerih se javljalniki po standardu SIST EN 50291-1 še ne sprožijo. Na ta način se lahko prepozna možnost blage in kronične zastrupitve s CO.

Ciljne skupine za izvajanje NP za preprečevanje zastrupitev s CO

Identificirane so naslednje ciljne skupine za izvajanje NP za preprečevanje zastrupitev s CO: medicinsko osebje, poklicne in prostovoljne gasilske enote, uslužbenci MNZ in nekaterih drugih ministrstev, njihove inšpekcijske službe, zavarovalnice, sodni izvedenci, Statistični urad Slovenije, dimnikarske družbe, instalaterji kurilnih in dimovodnih naprav, institucije, ki se ukvarjajo s požarno preventivo, izobraževalne ustanove, strokovne sekcije pri Obrtno podjetniški zbornici Slovenije (dimnikarji, gradbinci, pečarji, inštalaterji) in laična javnost.

Viri:

- [1] Varnostni list CO: https://www.boconline.co.uk/internet.lg.lg.gbr/en/images/sg-019-carbon-monoxide-v1.2410_39621.pdf?v=4.0
- [2] Linde AG, Gases & Applications, 2010 Edition, 2009.
- [3] Uredba o izvajanju Uredbe (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006 (Uradni list RS, št. [56/10](#))
- [4] Brvar M, Šarc L, Jamšek M, Grenc D, Finderle Ž. Smernice zdravljenja zastrupitev z ogljikovim monoksidom. Zdrav Vestn 2014; 83: 7–17.
- [5] Brvar M, Jamšek M, Možina M, Horvat M, Gorjup V. Epidemiološki pregled zastrupitev z ogljikovim monoksidom v Ljubljani od 1990 do 1999. Zdrav Vestn 2002; 71: 87-90.
- [6] Roth D, Herkner H, Schreiber W, Hubmann N, Gamper G, Laggner AN, et al. Accuracy of noninvasive multiwave pulse oximetry compared with carboxyhemoglobin from blood gas analysis in unselected emergency department patients. Ann Emerg Med 2011; 58: 74-9.
- [7] Wright J. Chronic and occult carbon monoxide poisoning: we don't know what we're missing. Emerg Med J 2002; 19: 386-90.
- [8] Kanburoglu MK, Cizmeci MN, Akelma AZ. A Rare Cause of Chronic Headache that May Be Misdiagnosed as Migraine: Chronic Carbon Monoxide Poisoning. Turk J Emerg Med 2016; 14: 132-4.
- [9] Bauer I, Pannen BH. Bench-to-bedside review: Carbon monoxide-from mitochondrial poisoning to therapeutic use. Crit Care 2009; 13: 220.
- [10] Yarar C, Yakut A, Akin A, Yildiz B, Dinleyici EC. Analysis of the features of acute carbon monoxide poisoning and hyperbaric oxygen therapy in children. Turk J Pediatr 2008; 50: 235-41.
- [11] Pepe G, Castelli M, Nazerian P, Vanni S, Del Panta M, Gambassi F, et al. Delayed neuropsychological sequelae after carbon monoxide poisoning: predictive risk factors in the Emergency Department. A retrospective study. Scand J Trauma Resusc Emerg Med 2011; 19: 16.
- [12] Trojar J., Oksidacija ogljikovih nanosov na anodnih materialih SOFC gorivnih celic z vodno paro, diplomsko delo. Ljubljana, junij 2011
- [13] Zakon o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1), Uradni list RS, št. 43/2011
- [14] Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti kemičnim snovem pri delu (Uradni list RS, št. 100/01, 39/05, 53/07, 102/10, 43/11 – ZVZD-1 in 38/15.
- [15] Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti rakotvornim in/ali mutagenim snovem, Uradni list RS št. 75/05.
- [16] Praktične smernice za delo z nevarnimi kemičnimi snovmi, Uradni list RS št. 50/2003.
- [17] Zakon o kemikalijah (ZKem), Uradni list RS št. 110/03, 47/04, 61/06 in 16/08.
- [18] Uredba o izvajanju Uredbe (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006 (Uradni list RS, št. [56/10](#))
- [19] Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o kemikalijah (ZKem-C) (Uradni list RS, št. 9/11).
- [20] Praktične smernice za oceno tveganja pri delu z nevarnimi kemičnimi snovmi, Uradni list RS, št. 56/2007
- [21] Pravilnik o zahtevah za vgradnjo kurilnih naprav (Uradni list RS, št. 100/2013)
- [22] Standard SIST EN 50291-1 Električne naprave za odkrivanje ogljikovega monoksida v gospodinjstvih, 1. del: Preskusne metode in zahtevane lastnosti

-
- [23] Standard SIST EN 50292 Električni aparati za zaznavanje ogljikovega monoksida v stanovanjskih prostorih, bivalnih prikolicah in čolnih - Navodilo za izbiro, vgradnjo, uporabo in vzdrževanje
- [24] Lavigne E, Weichenthal S, Wong J, Smith-Doiron M, Dugandzic R, Kosatsky T. Mortality and hospital admission rates for unintentional nonfire-related carbon monoxide poisoning across Canada: a trend analysis. *CMAJ Open* 2015; 3: E223-30.
- [25] Iqbal S, Law HZ, Clower JH, Yip FY, Elixhauser A. Hospital burden of unintentional carbon monoxide poisoning in the United States, 2007. *Am J Emerg Med* 2012; 30: 657-64
- [26] Brvar M, Jamšek M, Možina M, Horvat M, Gorjup V. Epidemiološki pregled zastrupitev z ogljikovim monoksidom v Ljubljani od 1990 do 1999. *Zdrav Vestn* 2002; 71: 87-90
- [27] Brvar M, Bunc M, Ambrožič J, Možina M. Novo neinvazivno diagnosticiranje zastrupitev z ogljikovim monoksidom s pulznim CO-oksometrom. In: Gričar M, Vajd R, ed. *Urgentna medicina: izbrana poglavja. 13 mednarodni simpozij o urgentsni medicini*; 2006 jun 14.-17.; Portorož, Slovenija. Ljubljana: Slovensko združenje za urgentno medicino; 2006: 224-6.
- [28] Zakon o dimnikarskih storitvah (Ur. l. RS, št. 68/2016)
- [29] SZPV 407 Požarna varnost pri načrtovanju, vgradnji in rabi kurilnih in dimovodnih naprav, Izdaja 01/2012: <http://www.szpv.si/wp-content/uploads/2017/05/SZPV-407.pdf>

Faza 2.4.: Priprava programa za različne ciljne skupine (vzgojno izobraževalne ustanove, občane, za tretje življenjsko obdobje, strokovno javnost) in gradiva za zloženko

Uvod

V okviru faze 2.4 razvojnoraziskovalnega projekta Nastajanje CO med gorenjem so pripravljene programi za različne ciljne skupine in gradivo za zloženko, namenjeno občanom.

Programi izobraževanja in usposabljanja za različne ciljne skupine

Programi izobraževanja, usposabljanja, v najširšem pomenu pa ozaveščanja se prilagajajo glede na ožjo skupino znotraj ciljne skupine, ki so:

- strokovna javnost: gasilci, zdravstveno osebje (interventne ekipe, osebje v zdravstvenih domovih (otroški in družinski zdravniki), urgentnih ambulantah), policaji, varnostniki
- laična javnost - odrasli občani: starostniki in druge specifične skupine
- laična javnost – otroci in mladina

Vsebina programa za strokovno javnost

1. Opis programa:	Usposabljanje strokovne javnosti pred zastupitvami z ogljikovim monoksidom v bivalnih prostorih.
2. Trajanje usposabljanja:	6 ur
3. Kraj usposabljanja:	Izobraževalni center za zaščito in reševanje oziroma razpoložljivi prostori MORS in ostalih sodelujočih.
4. Namen:	Seznanitev udeležencev usposabljanja - prvih posredovalcev - z različnimi možnostmi zastupitve z ogljikovim monoksidom (ob vstopanju v bivalne prostore, pri obisku zastupljenca v zdravstveni ordinaciji ipd.).
5. Ciljna publika:	Prvi posredovalci in zdravstveno osebje (splošni zdravniki).
6. Predhodno potrebno znanje:	Ni potrebno.
7. Cilji (kaj udeleženci pridobijo z usposabljanjem):	Po zaključenem usposabljanju bodo udeleženci: <ul style="list-style-type: none"> - poznali fizikalne in kemijske lastnosti ogljikovega monoksida (gibanje CO po prostoru); - prepoznali simptome zastupitve s CO pri akutnih in kroničnih zastupitvah; - prepoznali zastupitve s CO zaradi neustrezne rabe kurilnih in dimovodnih naprav; - znali svetovati ljudem in predlagati ustrezne preventivne ukrepe pred zastupitvijo s CO;

	<ul style="list-style-type: none"> - seznanjeni z zakonodajo (Pravilnik o zahtevah za vgradnjo kurilnih naprav [2]); - seznanjeni z zahtevami za izbiro javljalnika CO, skladnega s standardom SIST EN 50291; - seznanjeni z neustreznimi javljalniki CO; - seznanjeni s priporočili standarda SIST EN 50292 o ustrezni namestitvi javljalnikov CO; - znali pravilno in učinkovito svetovati ter ukrepati v primeru sprožitve javljalnika CO.
8. Vsebine programa (teme):	<ul style="list-style-type: none"> - Kemijske in fizikalne lastnosti CO; - sproščanje CO v primeru različnih virov gorenja; - gibanje CO po prostoru (prikaz rezultatov meritev v testni komori); - predstavitev primerov iz prakse (uhajanje CO v prostor); - analiza tragičnih primerov zastrupitev s CO; - statistika zastrupitev v tujini in Sloveniji; - ukrepi za preprečevanje zastrupitve s CO; - Pravilnik o zahtevah za vgradnjo kurilnih naprav [2] (pojasnila); - tehnična smernica SZPV 407 [1] (pojasnila); - javljalniki CO: <ul style="list-style-type: none"> - predstavitev bistvenih zahtev standarda SIST EN 50291-1, - stanje na trgu in pasti pri nakupu (predstavitev sistema RAPEX), - ustrezna in neprimerna mesta namestitve javljalnikov (predstavitev priporočil standarda SIST EN 50292), - ukrepi ob sprožitvi alarma javljalnika CO. - Praktični prikaz nastajanja CO in alarmiranje z javljalnikom CO.
9. Standardi, smernice in RR naloge, na katere se program usposabljanja navezuje	<p>SIST EN 50291-1 (Električne naprave za odkrivanje ogljikovega monoksida v gospodinjstvih - 1. del: Preskusne metode in zahtevane lastnosti);</p> <p>SIST EN 50291-2 (Električne naprave za odkrivanje ogljikovega monoksida v gospodinjstvih - 2. del: Električne naprave za stalno delovanje v nepremičnih inštalacijah na rekreacijskih vozilih in na sorodnih področjih, vključno na rekreacijskih plovilih - Dodatne preskusne metode in zahtevane lastnosti);</p> <p>SIST EN 50292 (Električni aparati za zaznavanje ogljikovega monoksida v stanovanjskih prostorih, bivalnih prikolicah in čolnih - Navodilo za izbiro, vgradnjo, uporabo in vzdrževanje);</p> <p>Tehnična smernica SZPV 407 [1];</p>

	Razvojno raziskovalna naloga RS, MORS: Nastajanje ogljikovega monoksida med gorenjem.
10. Preskus znanja (da/ne, v kakšnem obsegu, na kakšen način, ...)	Priporočamo izvedbo samoocenitvenega testa na koncu usposabljanja. Rezultati testa ne pogojujejo pridobitve potrdila o opravljenem usposabljanju temveč služijo izvajalcem in naročniku usposabljanj za oceno uspešnosti in razumevanja izvedenega usposabljanja.
11. Vrsta potrdila oziroma nivo usposabljanja (certifikat/diploma/potrdilo)	Udeleženci prejmejo potrdilo o udeležbi na usposabljanju.
12. Države, ki izvajajo program usposabljanja	Slovenija*

* V primeru umestitve usposabljanja med programe CFPA-EUROPE tudi ostale države članice CFPA-EUROPE.

Laična javnost: odrasli občani

Ozaveščanje po opisanem programu je namenjena več skupinam odraslih občanov. Vsebino je treba prilagoditi življenjskemu okolju oziroma stilu življenja posamezne skupine (npr. starostnikom, ki živijo sami, lastnikom stavb s kurilnimi napravami na trda, tekoča ali plinasta goriva) in času oziroma obdobju usposabljanja (npr. v času naravnih nesreč, ko so uporabljajo agregati za generiranje električne energije).

1. Opis programa:	Ozaveščanje laične javnosti pred zastupitvami z ogljikovim monoksidom v bivalnih prostorih
2. Trajanje usposabljanja:	2 uri
3. Kraj usposabljanja:	Gasilski domovi v popoldanskem času
4. Namen:	Seznanitev udeležencev programa ozaveščanja z različnimi možnostmi zastupitve z ogljikovim monoksidom v bivalnem okolju.
5. Ciljna publika:	Občani, upokojenci in ostala zainteresirana javnost
6. Predhodno potrebno znanje:	Ni potrebno.
7. Cilji (kaj udeleženci pridobijo s programom ozaveščanja):	Po zaključenem programu ozaveščanja bodo udeleženci: <ul style="list-style-type: none"> - poznali osnovne fizikalne in kemijske lastnosti ogljikovega monoksida (gibanje CO po prostoru); - prepoznali simptome zastupitve s CO pri akutnih in kroničnih zastupitvah; - znali oceniti možnosti zastupitve s CO zaradi neustrezne rabe kurilnih in dimovodnih naprav; - seznanjeni s preventivnimi ukrepi; - seznanjeni z osnovami zakonodaje RS (Pravilnik o zahtevah za vgradnjo kurilnih naprav [2]); - seznanjeni z osnovami ustrezne izbire javljalnika CO; - seznanjeni z neustreznimi javljalniki CO; - seznanjeni s priporočili standarda SIST EN 50292 o ustrezni namestitvi javljalnikov CO; - znali pravilno in učinkovito ukrepati v primeru sprožitve javljalnika CO.
8. Vsebine programa (teme):	<ul style="list-style-type: none"> - Kemijske in fizikalne lastnosti ogljikovega monoksida; - Gibanje CO po prostoru; - Predstavitev primerov iz prakse (uhajanje CO v prostor); - Izvajanje preventivnih ukrepov; - Povzetek pojasnil Pravilnika o zahtevah za vgradnjo kurilnih naprav [2] in tehnične smernice SZPV 407 [1];

	<ul style="list-style-type: none"> - Javljalniki CO: Stanje na trgu in pasti pri nakupu (predstavitev sistema RAPEX, ki je namenjen potrošnikov); - Ustrezna in neprimerna mesta namestitve javljalnikov CO; - Izvajanje ukrepov ob sprožitvi alarma javljalnika CO; - Praktični prikaz nastajanja CO in alarmiranje z javljalnikom CO; - Na katero institucijo se lahko obrnejo, če sumijo, da je v prostoru prisoten CO.
9. Standardi, smernice in RR naloge, na katere se program ozaveščanja navezuje	<p>SIST EN 50291-1 (Električne naprave za odkrivanje ogljikovega monoksida v gospodinjstvih - 1. del: Preskusne metode in zahtevane lastnosti);</p> <p>SIST EN 50291-2 (Električne naprave za odkrivanje ogljikovega monoksida v gospodinjstvih - 2. del: Električne naprave za stalno delovanje v nepremičnih inštalacijah na rekreacijskih vozilih in na sorodnih področjih, vključno na rekreacijskih plovilih - Dodatne preskusne metode in zahtevane lastnosti);</p> <p>SIST EN 50292 (Električni aparati za zaznavanje ogljikovega monoksida v stanovanjskih prostorih, bivalnih prikolicah in čolnih - Navodilo za izbiro, vgradnjo, uporabo in vzdrževanje);</p> <p>Tehnična smernica SZPV 407 [1];</p> <p>Razvojno raziskovalna naloga RS, MORS: Nastajanje ogljikovega monoksida med gorenjem;</p>
10. Preskus znanja (da/ne, v kakšnem obsegu, na kakšen način, ...)	<p>Priporočamo izvedbo samoocenitvenega testa na koncu programa ozaveščanja. Rezultati testa služijo izvajalcem in naročniku usposabljanj za oceno uspešnosti in razumevanja izvedenega ozaveščanja. Izpolnjevanje testa se lahko stimulira z žrebom za praktične nagrade, ki jih priskrbijo sponzorji.</p>
11. Vrsta potrdila oziroma nivo usposabljanja (certifikat/diploma/potrdilo)	<p>Izda se potrdilo o udeležbi na posebno zahtevo udeleženca programa. Druga dokazila niso predvidena.</p>
12. Države, ki izvajajo program ozaveščanja	<p>Slovenija</p>

Laična javnost: otroci in mladina

Posebej prilagojen program usposabljanja je smiseln za otroke in mladino, ki lahko dolgoročno vplivajo na velik del populacije. Vsebino programa izobraževanja oziroma usposabljanja se prilagodi starostni skupini, okolju ipd.

1. Opis programa:	Ozaveščanje laične javnosti (učenci vzgojnoizobraževalnih ustanov) pred zastrupitvami z ogljikovim monoksidom v bivalnih prostorih.
2. Trajanje usposabljanja:	3 šolske ure
3. Kraj usposabljanja:	Vzgojnoizobraževalne ustanove
4. Namen:	Seznanitev udeležencev programa ozaveščanja z različnimi možnostmi zastrupitve z ogljikovim monoksidom v bivalnem okolju, ki je vsebinsko predstavljen na način, primeren za vzgojnoizobraževalne ustanove.
5. Ciljna publika:	Učenci vzgojnoizobraževalnih ustanov
6. Predhodno potrebno znanje:	Ni potrebno.
7. Cilji (kaj udeleženci pridobijo s programom ozaveščanja):	<p>Po zaključenem programu ozaveščanja bodo udeleženci:</p> <ul style="list-style-type: none"> - poznali osnovne fizikalne in kemijske lastnosti ogljikovega monoksida (gibanje CO po prostoru); - prepoznali simptome zastrupitve s CO pri akutnih in kroničnih zastrupitvah; - predvidevali možnosti zastrupitve s CO zaradi neustrezne rabe kurilnih in dimovodnih naprav; - seznanjeni s preventivnimi ukrepi (pred zastrupitvijo s CO); - seznanjeni z osnovnimi zahtevami o ustrezni izbiri javljalnika CO; - seznanjeni z neustreznimi javljalniki CO; - seznanjeni s priporočili o ustrezni namestitvi javljalnikov CO (po standardu SIST EN 50292); - znali pravilno in učinkovito ukrepati v primeru sprožitve javljalnika CO.
8. Vsebine programa (teme):	<ul style="list-style-type: none"> - kemijske in fizikalne lastnosti ogljikovega monoksida ; - gibanje CO po prostoru; - primeri uhajanja CO v prostor iz prakse; - preventivni ukrepi (pred zastrupitvijo s CO); - javljalniki CO: kako rokujemo z javljalniki? Na kaj moramo biti pozorni? - Ustrezna in neprimerna namestitev javljalnikov CO; - ukrepi ob sprožitvi alarma javljalnika CO;

	- praktični prikaz nastajanja CO in proženje javljalnika CO;
9. Standardi, smernice in RR naloge, na katere se program ozaveščanja navezuje	<p>SIST EN 50291-1 (Električne naprave za odkrivanje ogljikovega monoksida v gospodinjstvih - 1. del: Preskusne metode in zahtevane lastnosti);</p> <p>SIST EN 50291-2 (Električne naprave za odkrivanje ogljikovega monoksida v gospodinjstvih - 2. del: Električne naprave za stalno delovanje v nepremičnih inštalacijah na rekreacijskih vozilih in na sorodnih področjih, vključno na rekreacijskih plovilih - Dodatne preskusne metode in zahtevane lastnosti);</p> <p>SIST EN 50292 (Električni aparati za zaznavanje ogljikovega monoksida v stanovanjskih prostorih, bivalnih prikolicah in čolnih - Navodilo za izbiro, vgradnjo, uporabo in vzdrževanje);</p> <p>Tehnična smernica SZPV 407 [1];</p> <p>Razvojno raziskovalna naloga RS, MORS: Nastajanje ogljikovega monoksida med gorenjem;</p>
10. Preskus znanja (da/ne, v kakšnem obsegu, na kakšen način, ...)	Priporočamo izvedbo samoocenitvenega testa na koncu programa ozaveščanja med vsemi učenci. Rezultati testa služijo izvajalcem in naročniku usposabljanj za oceno uspešnosti in razumevanja izvedenega ozaveščanja. Izpolnjevanje testa se lahko stimulira z žrebom za praktične nagrade, ki jih priskrbijo sponzorji.
11. Vrsta potrdila oziroma nivo usposabljanja (certifikat/diploma/potrdilo)	Dokazila o udeležbi niso predvidena.
12. Države, ki izvajajo program ozaveščanja	Slovenija

Gradivo za zloženko

Zloženska naj bo namenjena ozaveščanju širše javnosti. Informacije naj ne bodo preveč zahtevne. Navedeni naj bodo drugi viri informacij.

5. stran**Kako ukrepamo ob sprožitvi alarma za CO?**

- 1. Ob alarmu nemudoma odpremo okna in vrata.** S tem koncentracija CO v prostoru običajno hitro pade.
- 2. Ugasnemo kurilno napravo, če je to mogoče in preverimo sočasno delovanje naprav, ki odsesujejo zrak iz prostora.**

POZOR! Do uhajanja CO iz kurilne ali dimovodne naprave lahko pride tudi zaradi sočasne uporabe kurilne naprave z napravo, ki sesa zrak iz prostora (kuhinjske nape, ventilatorji). Koncentracijo CO v prostoru bomo hitro zmanjšali, če bomo napravo ugasnili ter odprli okna in vrata.

- 3. Prostor zapustimo,** če nam signalizacija javi, da je koncentracija CO nad 50 ppm (kjer javljalikom to omogoča).

Ne vstopamo v prostor, dokler nevarnost ne mine – ugasniti mora zvočni signal alarma. Javljalikom oddajajo zvočne signale toliko časa, dokler je prisotna nevarna koncentracija CO.

- 4. Center za obveščanje (112) pokličemo:**

- če se javljalikom CO dolgo časa ne izklopi oz. se sploh ne izklopi,
- če se javljalikom CO aktivira ponavljajoče ali
- če javljalikom ob aktiviranju kaže visoke koncentracije CO.

a) Če smo bili dlje časa izpostavljeni (visokim) koncentracijam CO (nad 30 ppm), moramo v najkrajšem možnem času poiskati ustrezno zdravstveno oskrbo, da preprečimo trajne posledice zastrupitve s CO. Ob klicu centra za obveščanje je treba nujno opozoriti na možno prisotnost CO, da se lahko prvi posredovalci ustrezno zaščitijo!

b) Če gre za večstanovanjsko stavbo je priporočljivo, da se umaknemo iz stavbe, saj smo ogroženi tudi, če je prišlo do uhajanja CO v sosednjem stanovanju. Ta nevarni plin se lahko razširi na hodnik, stopnišče in sosednja stanovanja. Gasilci bodo znali pravilno ukrepati in zaščititi vse uporabnike stavbe.

6. stran

- 5. Obvestimo izbrano dimnikarsko družbo, da ugotovi in evidentira vzroke uhajanja CO. Odpravo ugotovljenih pomanjkljivosti prepustimo strokovno usposobljenim izvajalcem.** Vsako kurilno, dimovodno ali prezračevalno napravo je treba v primeru sprožitve signala alarma na javljalikom CO skrbno preveriti. Možno je, da je prišlo do tehnične okvare, poškodbe ali kateregakoli drugega vzroka za uhajanje CO v prostor.

- 6. Ponastavimo javljalikom na novo zaznavanje CO!**

VSAK ZVOČNI ALARM JAVLJALNIKA CO JE TREBA OBRAVNAVATI KOT PRAVI ALARM! NIKOLI NE PREDVIDEVAJMO, DA GRE ZA LAŽNI ALARM!

Klic v sili: 112

Na številko 112 lahko pokličete ali pošljete kratko sporočilo (SMS), če potrebujete pomoč gasilcev, nujno medicinsko pomoč, druge reševalne službe ali policijo. Na številko 112 lahko brezplačno kličete s stacionarnega ali mobilnega telefona (čeprav je račun prazen) v vseh državah Evropske unije.

Ob klicu na številko 112 povejte ali sporočite:

- kdo kliče,
- kaj se je zgodilo,
- kje se je zgodilo,
- kdaj se je zgodilo,
- koliko je ponesrečencev,
- kakšne so poškodbe,
- kakšne so okoliščine na kraju nesreče,
- kakšna pomoč je potrebna.



Besedilo o klicu na številko 112 je smiselno prirejeno v brajco.

KLICNI CENTER ZA OSEBE Z OKVARO SLUHA,
Zavod Združenje tolmačev za slovenski znakovni jezik, www.tolmac.si

REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OBRAMBO

UPRAVA RS ZA ZAŠČITO IN REŠEVANJE, Vojkova cesta 61, 1000 Ljubljana,
tel.: (01) 471 33 22, faks: (01) 431 81 17, e-naslov: usrz@usrz.si, www.sos112.si

REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OBRAMBO

GASILSKA ZVEZA SLOVENIJE, Trzinška cesta 221, 1000 Ljubljana,
tel.: (01) 241 97 98, faks: (01) 241 97 64, e-naslov: gasilska.zveza-dlogajd.net, www.gasilci.net
SLOVENSKO ZDRUŽENJE ZA POŽARNO VARNOST,
Dančpka cesta 366, 1211 Ljubljana Črnača, gsm: 051 378 105, e-naslov: info@szpvc.si, www.szpvc.si

1. stran - Naslovna stran

»POZOR, nevidni morilec je med nami!«

**KAKO SE USTREZNO ZAŠČITIMO PRED
ZASTRUPITVIJO Z OGLJIKOVIM
MONOKSIDOM?**

**Dodati ustrezno
sliko/karikaturo**

2. stran**Kaj je ogljikov monoksid?**

Kemijski simbol za ogljikov monoksid (ali ogljikov oksid) je CO. Je življenjsko nevaren in zelo strupen plin zaradi svojih lastnosti: je neviden, brez vonja in brez okusa!

Kje nastaja in kdaj?

CO je v naravi prisoten v majhnih, sprejemljivih količinah. V bivalnih prostorih se pojavlja v nevarnih koncentracijah kot posledica gorenja trdnih, tekočih in plinastih goriv v kaminih, pečeh, gorilnikih, svetilih, štedilnikih, žarih ipd., v bližini bivališč pa v izpuhih avtomobilov, generatorjev elektrike z motorji z notranjim izgorevanjem (agregatov) ipd.

Kako vem, da se zastrupim s CO?

Prvi znak zastrupitve s CO je glavobol. Sledi omotica, slabost, bruhanje, bolečine v prsih in zmedenost. Začetni simptomi so podobni simptomom gripe, zato se pogosto ne zavemo pravega vzroka. Pri vdihavanju večjih količin CO sledi nezavest in smrt. Med spanjem lahko človek umre zaradi zastrupitve s CO, ne da bi prej zaznal zgoraj naštetih simptome. Reševalca, zdravnika je treba opozoriti na možnost zastrupitve s CO.

Se lahko tudi jaz zastrupim s CO?

Vsak se lahko zastrupi s CO. Bolj občutljivi so otroci, starejši, ljudje s kroničnimi obolenji srca in težavami z dihanjem. Vseh zastrupitev s CO v Sloveniji sploh ne zabeležimo. Predvidevamo, da prepoznane zastrupitve predstavljajo le vrh ledene gore, zagotovo pa vemo, da zaradi zastrupitve s CO umre več ljudi kot zaradi npr. požarov.

Posledice izpostavljenosti ogljikovega monoksida

CO ppm*	Čas izpostavljenosti (približno) in simptomi
35	Največja dovoljena koncentracija neprekinjene izpostavljenosti v obdobju 8ih ur po OSHA**.
150	Rahel glavobol po 90 minutah.
200	Rahel glavobol, utrujenost, vrtoglavica in slabost po 2-3 urah.
400	Glavobol v sprednjem delu glave v roku 1-2 uri. Nevarno za življenje po 3 urah.
800	Vrtoglavica, slabost, krči v 45 minutah. Nezavest v roku 2 ur. Smrt nastopi v 2-3 urah.
1.600	Glavobol, vrtoglavica in krči v 20 minutah. Smrt v roku 1 ure.
3.200	Glavobol, vrtoglavica in krči v 5-10 minutah. Smrt v roku 25-30 minut.
6.400	Glavobol, vrtoglavica in krči v 1-2 minutah. Smrt v roku 10-15 minut.
12.800	Smrt nastopi v roku 1-3 minut.

3. stran**Kako se zaščitimo?**

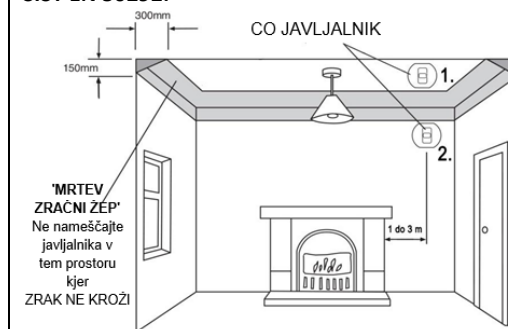
- **Z monterjem kurilne in dimovodne naprave se posvetujete o skladnosti vgradnje s tehnično smernico SZPV 407!** Tehnična smernica SZPV 407 Požarna varnost pri načrtovanju, vgradnji in rabi kurilnih in dimovodnih naprav (glej <http://www.szpv.si>) določa varno vgradnjo kurilnih in dimovodnih naprav.
- **Poskrbite za redno letno servisiranje kurilnih naprav** na trdna, tekoča ali plinasta goriva. Servis vedno opravi strokovnjak oziroma pooblaščen oseba!
- **Dimnikar naj očisti dimnik vsaj enkrat na leto, pri kurilnih napravah na drva tudi večkrat letno.** Pri gorenju se na stenah dimnika nabirajo saje, ki preprečujejo učinkovit odvod dima, zaradi česar se lahko CO nabira v prostorih ob dimovodu.
- **Redno zračite bivalne prostore, tudi večkrat dnevno.**
- **V bivalnem prostoru ne kurite z odprtim kuriščem, če nimate urejenega dovoda svežega zraka in odvoda dimnih plinov.** Če ni urejenega ustreznega prezračevanja ne uporabljajte niti gorilnikov etanola (okrasnih kaminov), dišečih palčk, vodnih pip ipd.
- Če vas pogosto boli glava, če vaši bližnji tožijo zaradi glavobola ali slabosti, **če zaznate neobičajen vonj v bližini kurilnih naprav** ipd. pokličite serviserja kurilne naprave ali dimnikarja. Neprijeten vonj drugih plinov je lahko tudi pokazatelj prisotnosti CO.
- **Plinskega štedilnika ali plinske pečice nikoli ne uporabljajte za ogrevanje.** Zaradi zgorevanja plina se lahko prekomerno poveča koncentracija CO v vašem domu, na vikendu, v prikolici ali avtodomu.
- **Ne uporabljajte dizelskih agregatov in drugih naprav z motorji z notranjim zgorevanjem ali žarov na oglje v zaprtih prostorih!** Pri motorjih z notranjim izgorevanjem in odgorevanju oglja se namreč sproščajo večje količine CO!

Zadnji, ki vas lahko opozori na prisotnost CO v vašem bivalnem okolju, je javljalnik CO!

Pravilnik o zahtevah za vgradnjo kurilnih naprav (Uradni list RS, št. 100/2013) določa, da je v prostore s kurilnimi napravami, odvisnimi od zraka v prostoru treba namestiti javljalnike ogljikovega monoksida najpozneje do 1. 1. 2017.

4. stran**Javljalnik ogljikovega monoksida**

- Edini ustrezen javljalnik CO je tisti, ki je skladen s standardom **SIST EN 50291-1**.
- Bodite pozorni na ustrezno namestitev javljalnika v skladu s priporočili standarda **SIST EN 50292!**
- V primeru, da niste prepričani o ustreznem mestu namestitve javljalnika CO se posvetujte s strokovnjakom. Neustrezno nameščen javljalnik lahko aktivira zvočni alarm nepozno!
- V bivalni prostor namestite javljalnik CO povsod tam, kjer so možni viri uhajanja CO v prostor.
- Redno preverjajte delovanje javljalnika oziroma stanje baterij.
- Namestite javljalnik tako, da boste slišali zvočni alarm tudi iz svoje spalnice. Če to ni mogoče poskrbite za prenos signala alarma do spalnih prostorov.
- Priporočamo izbiro javljalnika z zaslonom, ki vam v primeru sprožitve signala alarma prikaže tudi koncentracijo CO.
- Ne pozabite, da ima vsak javljalnik CO določeno življenjsko dobo, po kateri je potrebno javljalnik zamenjati z novim.

Namestitev javljalnika CO v skladu s priporočili standarda SIST EN 50292:

Postavitev javljalnika CO v prostoru s kaminom / odprtim kuriščem

1. Primarno mesto namestitve je na stropu, 1 do 3 metre od kurilne naprave v smeri proti spalnim prostorom
2. Če to ni možno je lahko nameščen javljalnik na steni, več kot 15cm oddaljen od tropa in nad nivojem podboja vrat ali preklade oken.

Literatura:

- [1] Tehnična smernica SZPV 407 Požarna varnost pri načrtovanju, vgradnji in rabi kurilnih in dimovodnih naprav, Izdaja 01/2012: <http://www.szpv.si/wp-content/uploads/2017/05/SZPV-407.pdf>
- [2] Pravilnik o zahtevah za vgradnjo kurilnih naprav (Uradni list RS, št. 100/2013)

Faza 2.5.: Zaključno poročilo

Uvod

V razvojnoraziskovalnem projektu so obravnavane zastrupitve z ogljikovim monoksidom (v nadaljevanju CO), ki nastaja pri gorenju. Izvajalci projekta so se osredotočili na nenamerne zastrupitve v bivalnem okolju, ugotavljali razsežnosti zastrupitev s CO v Sloveniji, vire sproščanja CO, zakonsko ureditev v Sloveniji in drugih državah ter opravili meritve nastajanja CO pri gorenju različnih goriv (plinastih, tekočih in trdnih) v komori in aparaturi za analizo sproščenih plinov pri termični obremenitvi. Glede na ugotovitve smo predlagali ukrepe za izboljšanje stanja na področju nenamernih zastrupitev s CO v Sloveniji. Pripravili smo tudi programe izobraževanja/usposabljanja za več različnih ciljnih skupin in gradivo za zgibanko za gospodinjstva.

V zaključnem poročilu razvojnoraziskovalnega projekta (v nadaljevanju RR projekta) so najprej opisane lastnosti CO s stališča vpliva na zdravje ljudi in živali ter viri CO v bivalnem okolju, v nadaljevanju rezultati raziskav, meritev in analiz, opravljenih v okviru projekta, v zaključnem delu pa predlogi za izboljšanje stanja na področju nenamernih zastrupitev s CO v Sloveniji.

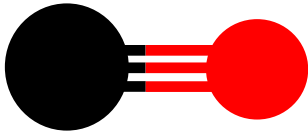
Ogljikov monoksid – nevidni ubijalec

Lastnosti CO

Pri gorenju se praktično vedno sprošča tudi CO. V bivalnih prostorih lahko povečana koncentracija CO škodi zdravju in živali. Glede na koncentracijo CO v zraku in čas izpostavljenosti lahko pride do kroničnih ali akutnih zastrupitev.

Osnovni podatki o CO so navedeni v tabeli 22.

Tabela 22: Fizikalno-kemijske lastnosti CO [1, 2]

Ime snovi	ogljikov monoksid ogljikov oksid
Kemijska formula	CO
Strukturna formula	
CAS št.:	630-08-0
UN št.:	1016
EC št.:	11-128-3
EC indeks št	006-001-00-2
Tališče	– 205 °C
Vrelišče (1013 mbar)	– 191,6 °C
Kritična temperatura	– 140 °C
Gostota (1013 mbar, 15 °C)	1,185 kg·m ⁻³
Relativna gostota plinaste faze [zrak = 1] (pri 0 °C)	0,968

Specifični volumen (1013 mbar, 15 °C)	0,844 m ³ ·kg
Sposobnost mešanja z vodo	29 g·dm ⁻³
Molekulska masa	28,01
Eksplozijsko območje v zraku	12,5 –74,0 vol. %
Samovžigna temperatura	620 °C

Komentar k podatkom v tabeli 23:

- CO je pri 20 °C in običajnem tlaku 1 bar plin brez barve, vonja in okusa. To pomeni, da ga ne moremo zaznati s človekovimi čutili, zato ga v poljudni literaturi pogosto imenujejo tudi »nevidni« ali »tih« ubijalec oz. morilec.
- Molekulska masa CO je 28,01 in je zelo podobna molekulske masi dušika (N₂), ki je 28,014. Molekulska masa zmesi zraka, ki ga dihamo, je približno 29, v tabeli je navedena sestava in molekulske ali atomske mase nekaterih komponent zraka. Ker CO nastaja med gorenjem, ima višjo temperaturo kot zrak v prostoru, zato je njegova gostota manjša in se najprej dviguje.

Tabela 23: Sestava in molekulske ali atomske mase nekaterih komponent zraka

Spojina	M	ψ/%
dušik/N ₂	28,014	78,084
kisik/O ₂	31,998	20,947
argon/Ar	39,948	0,934
ogljikov dioksid/CO ₂	44,009	0,033
ostali plini		0,002
SKUPAJ	cca 29	100

Suhi zrak je mešanica plinov, njegova molska masa je vsota molskih mas komponent.

- Relativna gostota CO, ki ima enake temperaturo kot zrak, je 0,968, kar ne pomeni, da se zbira v višjih plasteh/pri stropu, temveč se razporedi po celotnem prostoru, podobno kot dušik, ki ga je v zraku okoli 79 vol.%. Na gibanje molekul CO v prostoru pa zelo pomembno vpliva več dejavnikov: temperatura CO in prostora, zračni tok, razlika tlaka, vir nastanka CO.
- CO je v zraku eksploziven v koncentracijskem območju med 12,5 vol. % in 74,0 vol. %, kar je relativno široko eksplozijsko območje, vendar je spodnja eksplozijska meja visoka.

Razvrstitev in označitev nevarnosti ogljikovega monoksida in osnovni previdnostni ukrepi:

V skladu z Uredbo 1272/2008 [3] je CO razvrščen kot nevarna kemikalija, ki predstavlja fizikalno nevarnost in nevarnost za zdravje ter je označen z naslednjimi piktogrami za nevarnost:



Slika 138: Piktogrami za nevarnost

Stavki o nevarnosti nas opozarjajo na to, da je CO zelo lahko vnetljiv plin (H220), strupen pri vdihavanju (H331), lahko škoduje nerojenemu otroku (H360D) in škoduje organom pri dolgotrajni ali ponavljajoči se izpostavljenosti (H360D).

Iz previdnostnih stavkov je mogoče razbrati osnovne ukrepe za varno delo s CO pri profesionalni rabi:

P202: Ne uporabljajte, dokler se ne seznanite z vsemi varnostnimi ukrepi.

P210: Hraniti ločeno od vročine/isker/odprtega ognja/vročih površin. — Kajenje prepovedano.

P260: Ne vdihavati plina/hlapov.

P304+P340+P315: PRI VDIHAVANJU: Prenesti žrtev na svež zrak in jo pustiti počivati v položaju, ki olajša dihanje. **Takoj** poiščite zdravniško pomoč/oskrbo.

P308+P313: Pri izpostavljenosti ali sumu izpostavljenosti: poiščite zdravniško pomoč/oskrbo.

P377: Požar zaradi uhajanja plina: Ne gasiti, če puščanja ni mogoče varno zaustaviti.

P381: Odstraniti vse vire vžiga, če je varno.

P403: Hraniti na dobro prezračevanem mestu.

P404: Hraniti v zaprti posodi.

Z lastnostmi, razvrščanjem, označevanjem in pakiranjem se seznanimo, kadar CO uporabljamo profesionalno. Težave pa nastanejo, kadar CO nastaja oziroma se nenadzorovano sprošča v bivalno okolje, v prostore našega doma, kjer se praviloma počutimo varne.

Vplivi na zdravje

Pri vdihavanju s CO onesnaženega zraka v krvi nastaja karboksihemoglobin, ki povzroči zastrupitve, lahko tudi smrt. Možgani, srce in drugi organi ter tkiva so slabše oskrbovani s kisikom, kar povzroča zdravstvene težave, odvisne od stopnje zastrupitve. Pri blagi zastrupitvi so pri povprečni osebi znaki dokaj neprepoznavni: blag glavobol, vrtoglavica, slabost, bruhanje, omotičnost, oslabelost. Pri zmerni zastrupitvi se opisane težave stopnjujejo, pri hudi pa lahko sledi nezavest in smrt.

Akutna zastrupitev s CO

Znaki in simptomi akutne zastrupitve s CO so:

- glavobol in slabost sta najpogostejša simptoma zastrupitve pri ravni od 10 do 20 % karboksihemoglobina v krvi,
- rahla omotičnost, vrtoglavica, splošna utrujenost, težave s koncentracijo in slabša razsodnost so običajne dodatne težave pri ravni od 20 do 30 %,
- zmedenost, bolečina v prsih in dispneja oziroma oteženo dihanje se pojavijo pri ravni več kot 30 %,
- pri koncentracijah nad 50 % karboksihemoglobina v krvi sledi nezavest, nato zadušitev.

Nekateri pacienti razvijejo tudi druge simptome, kot na primer poslabšanje vida, bolečino v abdomnu in težave z osrednjim živčevjem. Pri močnih zastrupitvah pa se lahko v dneh ali tednih po izpostavljenosti plinu pojavijo demenca, psihoze in druge nevropsihiatrične motnje, ki lahko postanejo trajne, ter poškodbe možganov. Nizek krvni pritisk, koma, odpoved dihal in smrt se pojavijo pri količini karboksihemoglobina v krvi, ki presega 60 %.

Pri otrocih se zastrupitev lahko kaže z glavobolom, zaspanostjo, zanašanjem pri hoji, nenatančnimi gibi, slabostjo in bruhanjem. Pojavijo se lahko tudi bolečina v trebuhu, prebavne motnje (driska), pospešeno dihanje in krči.

Blaga in kronična zastrupitev s CO

Blage in kronične zastrupitve s CO pogosto spregledamo, saj imajo zastrupljeni lahko številne in neznailne težave, kot so glavobol, slabost, omotica, oslabelost in zmedenost [4-8]. Na zastrupitev s CO največkrat pomislimo šele takrat, ko nekdo izgubi zavest, saj se simptomi zastrupitve najprej pokažejo zaradi prizadetosti možganov in šele nato srca, ki sta zaradi velike presnovne aktivnosti tudi najbolj občutljiva organa na zastrupitev s CO [9]. Blage zastrupitve lahko zato potekajo tudi daljši čas in se kažejo s poslabšanjem učnega uspeha otrok in težavami v službi pri odraslih, lahko pa tudi z različnimi duševnimi težavami.

Klinična slika in teža zastrupitve s CO je odvisna od koncentracije CO in trajanja zastrupitve [9, 10], zato lahko tudi dolgotrajna izpostava nizki koncentraciji CO povzroči kronično zastrupitev s hudimi nevropsihološkimi posledicami. Kasne nevropsihološke posledice se najbolj pogosto kažejo s ponavljajočimi se glavoboli, motnjami spomina in osredotočanja misli, kognitivnim upadom in osebnostnimi spremembami [11]. Pojav naštetih posledic je pogostejši pri tistih, ki so bili izpostavljeni CO daljši čas. Posledice zastrupitve s CO se lahko tekom naslednjih mesecev in let sicer postopno izboljšajo ali izginejo, vendar pri četrtini bolnikov ostanejo trajne [11]. V tabeli 24 so prikazane možne kasne nevropsihološke posledice zastrupitve s CO.

Tabela 24: Kasne nevropsihološke posledice zastrupitve z ogljikovim monoksidom [11]

Nevrološke posledice	Kognitivne in psihološke posledice
glavobol	motnje osredotočanja misli
epilepsija	težave s spominom
parkinsonizem	nihanje razpoloženja
dispraksija	nespečnost
disfazija	depresija
ataksija	anksioznost
vertigo	psihoza
periferna nevropatija	
inkontinenca za vodo in/ali blato	

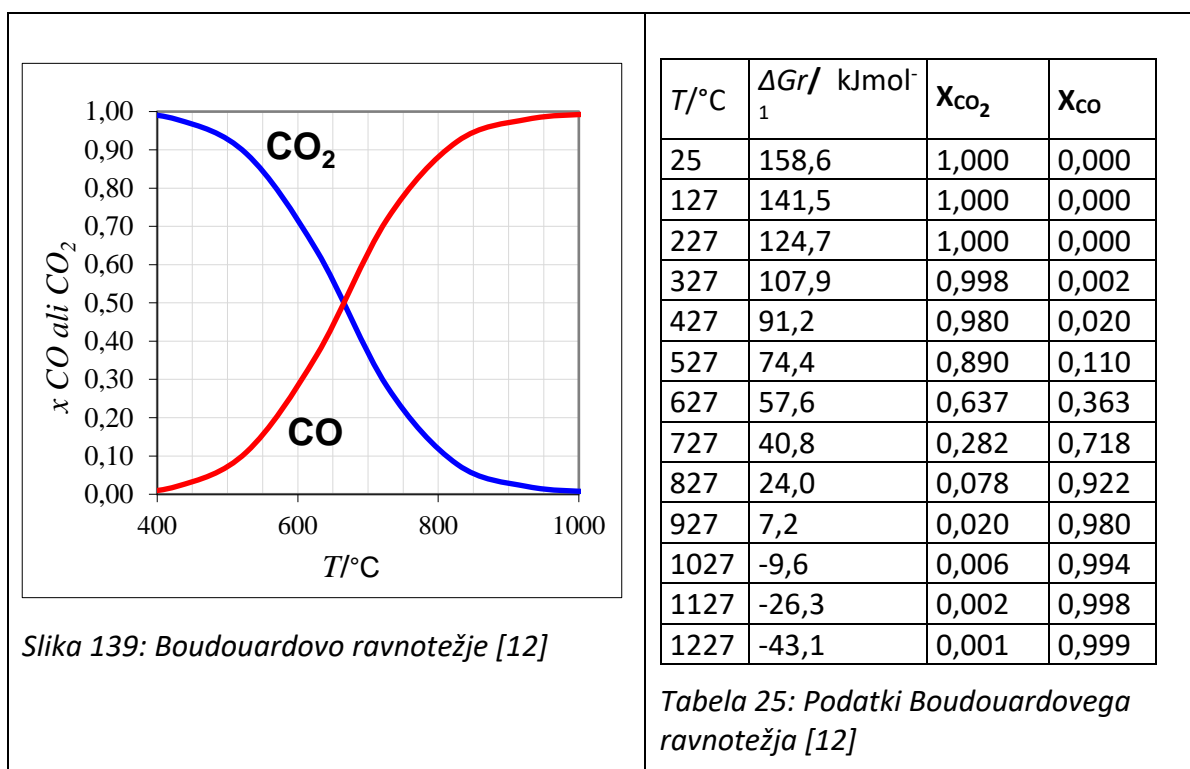
Viri nastanka CO v bivalnem okolju

CO nastaja pri vsakem gorenju - reakciji gorljivih snovi, ki vsebujejo ogljik, s kisikom iz zraka. V domačem okolju nastaja pri kurjenju lesa, premoga, naftnih derivatov, papirja, kartona, tkanine in naravnih ali umetnih vlaken, bioetanola, zemeljskega ali gospodinjskega plina. Količina CO oziroma njegova koncentracija v zraku je odvisna od narave in količine goriva, kurilne naprave ter količine zraka. Večja količina/koncentracija CO nastaja pri zgorevanju velike količine goriva, ob pomanjkanju zraka in pri tlenju gorljivih materialov.

Znano je, da pri gorenju v zraku nastaja predvsem ogljikov dioksid (CO_2), vendar vedno nastaja tudi CO, kar lahko pojasnimo z Boudouardovo reakcijo, ki je redukcijsko – oksidacijska reakcija ravnotežne zmesi CO in CO_2 pri določeni temperaturi. Pri tem poteka reakcija disproporcionacije CO v CO_2 in ogljik (C):



Pri temperaturi nad 900°C , je CO stabilnejši od CO_2 , pod temperaturo približno 700°C pa prevladuje CO_2 , delež CO pa je nižji. V temperaturnem območju med 600°C in 750°C sta prisotna oba plina. Iz slike 139 in podatkov v tabeli 25 je razvidno, da se oksidacija C s CO_2 prične pri temperaturi nad 430°C , pri temperaturi okoli 670°C pa sta deleža CO_2 in CO enaka, pri višjih temperaturah se delež CO povečuje, delež CO_2 pa pada.



Najbolj običajni viri CO v bivalnem prostoru so:

- kurilne in dimovodne naprave in z njimi povezani viri CO; običajno zaradi napačne vgradnje, vzdrževanja, rabe teh naprav, skladiščenja goriva ipd.,
- dekorativni kamini, dišeče palčke, vodne pipe in podobni dekorativni predmeti in naprave, katerih osnovni namen ni ogrevanje prostora ali priprava tople sanitarne vode,
- naprave za pripravo hrane (trajno vgrajene ali začasno postavljene v prostor),
- dizelski agregati, naprave in sistemi za ogrevanje vozil in prostorov na tekoče ali plinasto gorivo ter druge naprave, ki jih nameščamo v bližino bivalnih prostorov in v času delovanja sproščajo tudi CO.

Kurilne in dimovodne naprave in z njimi povezani viri CO

Kurilna naprava je generator toplote, v katerem se toplota za ogrevanje stavb oziroma pripravo tople sanitarne vode pridobiva z zgorevanjem trdnega, tekočega ali plinastega goriva. V bivalnem prostoru nameščena kurilna naprava mora imeti urejen ustrezen dovod zraka za zgorevanje goriva v kurišču in odvod dimnih plinov, ki nastajajo pri zgorevanju goriva, vse v skladu s tehnično smernico SZPV 407. Na nenadzorovano sproščanje CO v bivalni prostor pri namestitvi, delovanju in vzdrževanju kurilnih in dimovodnih naprav lahko vpliva vrsta dejavnikov:

- vrsta kurilne in dimovodne naprave,
- vrsta in količina goriva,
- čas kurjenja,
- način vgradnje/namestitve kurilne in dimovodne naprave in s tem povezan dovod svežega zraka za zgorevanje goriva,
- uporaba kurilnih naprav v bivalnem prostoru brez odvoda dimnih plinov,
- prisotnost gorljivih materialov v bližini ali na kurilni oziroma dimovodni napravi,
- prezračevalne naprave in sistemi v prostoru oziroma stavbi in s tem povezana koncentracija kisika in tlačne razmere v prostoru (npr. nape, ventilatorji, sistemi za prezračevanje),
- sočasno delovanje več oziroma različnih kurilnih naprav, priključenih na eno dimovodno napravo,
- tehnična okvara kurilne in/ali dimovodne naprave in/ali ostalih naprav, ki vplivajo na dovod ali odvod zraka iz bivalnega prostora (npr. prezračevalnega sistema),
- naknadni nepooblaščen posegi v kurilne, dimovodne in prezračevalne naprave, neredno vzdrževanje, servisiranje in/ali izvajanje dimnikarskih storitev, neupoštevanje opozoril dimnikarja (zlasti glede odprave pomanjkljivosti) ipd.,
- spremembe na stavbi, ki vplivajo na dovod zraka v bivalni prostor in/ali kurilno napravo in delovanje dimovodne naprave (npr. menjava oken, zatesnitev rešetk na vratih za dovod svežega zraka, zapiranje zračnikov, prenova fasade, zamenjava kurilnih naprav, ki so povezane na isto dimovodno napravo, spremembe naklona strehe, naknadna postavitve gradbenih elementov ali naprav v neposredno bližino ustja dimnika ipd.).

CO lahko v bivalni prostor pride tudi iz neustreznih peči vgrajenih v sosednjih prostorih (npr. iz kleti, sosednjega stanovanja ipd.).

Do zastrupitev s CO običajno pride zaradi kombinacije zgoraj navedenih negativnih dejavnikov; npr. v majhnih kopalnicah s plinskimi kurilnimi napravami za pripravo tople sanitarne vode, kjer se zaradi neurejenega dovoda zraka prekine naravni vlek v dimovodni napravi, dimni plini pa pričnejo uhajati v prostor.

Do kombinacije negativnih dejavnikov, ki povzroči povišanje koncentracije CO v bivalnem prostoru lahko pride sčasoma; npr. po določenem času delovanja kurilne naprave in prisilnem odvajanju zraka z ventilatorjem začne zaradi neustreznega prezračevanja zmanjkovati kisika, kar posledično vodi v nastajanje povečanih koncentracij CO v prostoru.

Aktualne energetske sanacije stavb in/ali naprav z namenom izboljšanja toplotne učinkovitosti (npr. zamenjava stavbnega pohištva, ko pride do izboljšanja zatesnitev oken in drugih odprtih ter tako do bistvenih sprememb pri zagotavljanju ustreznih tlačnih pogojev za varno delovanje kurilnih in dimovodnih naprav, zamenjava obstoječih kurilnih in dimovodnih naprav z novimi ipd.) lahko

bistveno vplivajo na delovanje kurilnih in dimovodnih naprav v celi stavbi. V praksi se pojavljajo problemi predvsem pri sanacijah večstanovanjskih stavb, kjer se dela izvajajo postopoma ali le delno in v primeru kombinacije zgoraj opisanih negativnih dejavnikov lahko prihaja do povečanih koncentracij CO npr. tudi v bivalnih prostorih brez kurilne naprave.

Dekoratívni kamini, dišeče palčke, vodne pipe

Do povišane koncentracije CO lahko pride tudi pri gorenju etanola (poimenovanem tudi bioetanol ali gorilni špirit) in podobnih goriv v okrasnih kaminih in podobnih dekoracijah, kjer običajno ni predviden odvod produktov gorenja iz prostora. Meritve laboratorijskih preskusov, opravljenih v okviru te RR naloge kažejo na praktično enako koncentracijo CO v zraku pri gorenju enake količine lesnih peletov in bioetanola.

Večje količine CO se sproščajo pri žarjenju pri kurjenju dišečih palčk in vodnih pip. V majhnih in neprezračevanih prostorih lahko tudi tak navidez majhen vir CO vpliva na počutje in povzroči blage ali zmerne zastrupitve s CO.

Naprave in pripomočki za pripravo in serviranje hrane

V bivalnih prostorih trajno ali občasno nameščamo naprave in pripomočke za pripravo in serviranje hrane, pri katerih uporabljamo različne vrste goriva. Do povečane koncentracije CO lahko pride pri rabi teh naprav v manjših oziroma neprezračevanih prostorih, še posebej ob sočasnem prisilnem odvajanju zraka iz prostora z ventilatorjem.

Dizelski agregati in podobne naprave ter motorji z notranjim izgorevanjem v bližini bivalnih prostorov

V bližino bivalnih prostorov občasno, včasih celo stalno nameščamo naprave, kot so dizelski agregati in podobne naprave za občasno ali stalno proizvodnjo električne energije. Stalno so take naprave nameščene npr. ob počitniških hišah, občasno pa se jih uporablja ob naravnih nesrečah, kot so poplave, potresi ipd. Pri delovanju teh naprav se sprošča CO, ki se lahko nabira tudi v bližnjih bivalnih prostorih (stanovanjih, počitniških apartmajih, bivalnih prikolicah, avtomobilih ipd.), če je izpušna cev motorja obrnjena proti bivalnemu prostoru, piha veter v smer bivalnega prostora ipd. Poleg stanovalcev in drugih običajnih uporabnikov bivalnih prostorov so tveganju zastrupitve v primerih naravnih in drugih nesreč izpostavljeni tudi reševalci in gasilci, ki lahko pri svojem delu uporabljajo tudi motorne žage. Gasilci morajo biti pri gašenju in reševanju skladno z delovnimi postopki sicer pozorni na povišano koncentracijo CO in opremljeni z dihalnimi aparati, zato do zastrupitev ne bi smelo prihajati.

Do zastrupitev s CO lahko prihaja tudi v t.i. počitniških nastanitvenih obratih, kot so na primer kampi in marine ter v rekreativnih vozilih in plovilih, kot na primer počitniške prikolice, avtomobili, jadrnice, jahte ipd. Smer izpuha na plovilih z motorji z notranjim izgorevanjem lahko povzročijo usmerjeno vpihovanje dimnih plinov in CO v notranjost sosednjega plovila, ali v avtokampih na motornih vozilih v notranjost šotora ali prikolice.

Bivalno v.s. delovno okolje in pravica do nedotakljivosti stanovanja v.s. pravica soseda do lastne varnosti

Rabo nevarnih kemikalij v delovnem okolju ureja vrsta zakonov in pravilnikov [13-17], ki med drugim določajo pristojnosti in odgovornosti delodajalca in delavca, predpisujejo način dela s posebno nevarnimi kemikalijami, najvišje dopustne koncentracije nevarne kemične snovi v delovnem okolju ter nudijo praktične napotke za ureditev delovnih razmer. Poleg navedenega zakonodaja, ki ureja promet z nevarnimi kemikalijami [18-20] določa, da mora proizvajalec kemikalije preveriti, ali je kemikalija nevarna, jo na osnovi fizikalno – kemijskih, toksikoloških in ekotoksikoloških lastnosti razporediti v ustrezen razred nevarnosti, kemikalijo pakirati v primerno embalažo ter na etiketi označiti nevarnosti z uporabo komunikacijskih elementov (piktogramov za nevarnost, stavkov o nevarnosti, previdnostnih stavkov). V delovnem okolju imamo na razpolago informacije o določeni nevarni kemikaliji, ki je v primerni embalaži, je označena, pred delom s kemikalijo pa se moramo usposobiti za delo z njo. Poleg tega je v podjetju oseba (običajno varnostni inženir), ki nam nudi dodatne informacije, opravi ali naroči meritve kemičnih škodljivosti v delovnem okolju, s katerimi preverimo koncentracije snovi. Kjer so nevarne snovi stalno prisotne oziroma pričakovane so detektorji nameščeni v posameznih delovnih prostorih in neprekinjeno merijo koncentracije, ne glede na dinamiko dela. Zakonsko predpisana mejna vrednost izpostavljenosti CO na delovnem mestu za obdobje 8 ur na dan, 40 ur na teden je 30 ppm ali 35 mg/m³.

V bivalnem okolju so razmere popolnoma drugačne. V prvi vrsti smo sami dolžni poskrbeti za lastno varnost, hkrati pa ne smemo ogrožati drugih. Nepoznavanje nevarnosti zastrupitve s CO nas ne odveže odgovornosti pri povzročitvi nezgode. Tveganju zastrupitve s CO se lahko izognemo z nakupom ustrezne kurilne in dimovodne naprave, z ustrezno (strokovno) vgradnjo v skladu s tehnično smernico SZPV 407, z rabo in (strokovno opravljenim) servisiranjem skladno z navodili proizvajalca, z naročanjem obveznih dimnikarskih storitev pri pooblaščenem dimnikarskem podjetju ipd.

Zaznavanje CO v bivalnem prostoru, obveščanje in opozarjanje na povišane koncentracije

Bivalni prostori morajo biti urejeni tako, da do povišanj koncentracij CO ne pride ob rabi kurilnih in dimovodnih naprav oziroma ob prisotnosti drugih virov CO. Namestitev javljalnikov CO je le dodaten ukrep, nikakor pa ne prvi ukrep preprečevanja zastrupitev s CO.

Javljalniki CO

CO lahko zazna le tehnični pripomoček – javljalnik ogljikovega monoksida.

Pravilnik o zahtevah za vgradnjo kurilnih naprav [21] zahteva vgradnjo tehnično brezhibne kurilne in dimovodne naprave in ureditev prostora na način, ki zagotavlja ustrezno prezračevanje. Navedeno se nanaša tudi na morebitne naknadne spremembe, popravila ali druge posege. Za kurilne naprave na tekoče ali plinasto gorivo je določeno, da smejo v bivalnih prostorih biti vgrajene le neodvisno od zraka v prostoru. Pravilnik dovoljuje izjemo le pri vgradnji kurilne naprave na trdo gorivo, ki je lahko vgrajena v bivalni prostor in je odvisna od zraka v prostoru, v kolikor se zagotovi ustrezen dovod zraka in je v prostor nameščen tudi javljalnik CO, ki izpolnjuje zahteve standarda SIST EN 50291-1 [22].

Namestitev javljalnikov CO

Izbiro, vgradnjo, uporabo in vzdrževanje javljalnikov CO podrobneje obravnava in določa standard SIST EN 50292 [23]. Rezultati meritev v testni komori v okviru te RR naloge so potrdili priporočila o nameščanju javljalnikov CO v omenjenem standardu.

Uporabnik lahko v primeru namestitve javljalnika CO v prostore kompleksnih dimenzij (razgiban tloris, različne višine prostorov ipd.) oziroma prostore z več kurilnimi napravami poišče nasvet o namestitvi javljalnika CO pri dobavitelju oziroma ustrezno usposobljeni osebi. Priporočamo torej vgradnjo javljalnikov CO v skladu s standardom SIST EN 50292. Odstopanja od standarda pri vgradnji javljalnikov CO lahko v določenih primerih posledično vodijo v kasnejšo zaznavo prisotnosti CO in možnost zastrupitve s CO.

Primerjava zahtev glede namestitve javljalnikov CO z zahtevami evropskih in severnoameriških držav

V okviru priprav nacionalnega programa preprečevanje zastrupitev s CO v bivalnih prostorih (v nadaljevanju NP) je bila narejena tudi kratka raziskava o stanju na področju preprečevanja zastrupitev s CO v evropskih in severnoameriških državah. Namen raziskave ni bil podrobno preučevanje posameznih nacionalnih sistemov ampak povzeti izkušnje oziroma usmeritve posameznih držav na področju preprečevanja zastrupitev s CO v bivalnih prostorih. Po analizi odgovorov smo ugotovili, da je stanje v večini evropskih držav podobno stanju pri nas: vgradnja javljalnikov CO v bivalnih prostorih ni predpisana, razen v prostorih, kjer ni urejenega ustreznega prezračevanja. Vgradnja javljalnikov CO je ponekod predpisana v bivalnih enotah, namenjeni oddaji (stanovanja, turistične kapacitete), v plinskih kotlovnica, večjih garažnih hišah in stavbah, kot so hoteli, vzgojno-varstvene ustanove, ipd. V večini evropskih držav posvečajo pozornost pravilni namestitvi kurilnih in dimovodnih naprav (in drugih virov CO v bivalnih prostorih), v primeru potrebe po javljalnikih pa tehnični ustreznosti in pravilni namestitvi javljalnikov CO. Osnova za ugotavljanje skladnosti in navodila za namestitev so evropski standardi EN 50291-1, EN 50291-2 in EN 50292.

V ZDA in Kanadi je ponekod vgradnja javljalnikov CO obvezna, predvsem v hotelih in motelih, pa tudi v stanovanjih.

Stanje glede zastrupitev s CO v Sloveniji

Podobno kot v drugih primerljivih državah je beleženje podatkov o zastrupitvah s CO v Sloveniji pomanjkljivo. Navajamo podatke oziroma ugotovitve Centra za klinično toksikologijo in farmakologijo UKC Ljubljana.

Število zastrupitev

Število vseh nenamernih zastrupitev s CO, ki ne povzročijo smrti, ni znano ne v Sloveniji in tudi v tujini ne. V desetletju med letoma 2007 in 2016 so v UKC Ljubljana zdravili približno 3,5 zastrupljenec s CO na 100.000 prebivalcev iz Ljubljane in okolice. Vzrok nekajkrat manjšega števila ugotovljenih in zdravljenih nenamernih zastrupitev s CO v Sloveniji glede na tujino je predvsem neprepoznavanje blažjih zastrupitev [24, 25]. Pri nas diagnosticiramo pretežno težje oblike zastrupitve s CO, saj je bilo

med letoma 1990 in 1999 kar 50 % naših bolnikov nezavestnih, med letoma 2007 in 2016 pa je bilo med nenamerno zastrupljenimi bolniki takšnih še vedno 30 % zastrupljenecv s CO, medtem ko je v tujini nezavestnih le okoli 10 % zastrupljenecv s CO [26]. Bolnike, ki imajo samo blažje težave, npr. glavobol, slabost, omotico, in so oslabei ter zmedeni, pri nas prepoznamo manj pogosto kot v tujini.

Ugotavljanje blagih in kroničnih zastrupitev

Zastrupitev s CO ugotovimo s pomočjo podatka o nedavni izpostavi CO, prisotnosti ustreznih simptomov in znakov ter izmerjenega povišanega nivoja karboksihemoglobina. Merjenje nivoja karboksihemoglobina temelji na določevanju nivoja karboksihemoglobina v vzorcu krvi s plinskim analizatorjem s karboksioksimetrom, ki pa ni standardna oprema bolnišničnih laboratorijev pri nas, kar je pomemben dodaten razlog spregledanja blagih in kroničnih zastrupitev s CO. Nivo karboksihemoglobina se lahko določi tudi s pulznim karboksioksimetrom, ki omogoča hitro in neinvazivno diagnosticiranje zastrupitev s CO brez odvzema vzorca krvi, in je primeren za ugotavljanje zastrupitev s CO v urgentnih ambulantah in na mestih zastrupitev. Ob ugotovitvi povišanega nivoja karboksihemoglobina s pulznim karboksioksimetrom je sicer smiselno zastrupitev s CO potrditi še z meritvijo karboksihemoglobina z določitvijo nivoja karboksihemoglobina v vzorcu krvi s plinskim analizatorjem s karboksioksimetrom [6].



Slika 140: Pulzni karboksioksimeter

Gasilci, reševalci in urgentni zdravniki lahko zastrupitev s CO ugotovijo tudi z merilnikom CO v zraku v prostoru, kjer se nahaja zastrupljenec, npr. ob obisku na domu.

Ugotovitve laboratorijskih meritev

V okviru RR naloge smo opravili meritve nastajanja plinov v aparaturi za EGA analizo in v komori, ki je omogočala varno izvedbo eksperimentov.

Ugotovitve meritev nastajanja CO pri termični obremenitvi

V skladu z NIP 2.0 smo opravili EGA meritve dveh tipičnih trdnih goriv, ki sta komercialno dostopni v specializirani trgovini, vzorca suh bukov les in peleti iglavcev. Kriterij za izbiro sta bila velika količina

prodanega goriva in visoka kakovost goriva. Meritve so bile izvedene v treh atmosferah, oksidativni z 20 vol. % kisika, oksidativni s 17vol. % kisika in v inertni atmosferi v temperaturnem območju od 35 °C do 1100 °C, pri čemer smo spremljali spremembo mase, toplotne spremembe in analizirali sestavo razkrojnih, plinskih produktov.

Ugotovili smo, da se termični razpad pri obeh vzorcih goriv prične z odhlapevanjem vlage, obe gorivi vsebujeta manj kot 5 % vlage, kar je razvidno iz rezultatov TG in QMS analize.

Odgorevanje goriva v oksidativni atmosferi se prične pri temperaturi nad 230 °C, v kolikor je v nosilnem plinu nižja koncentracija kisika poteka odžig pri višji temperaturi. Bukov les je termično manj stabilen kot les iglavcev, saj je termična dekompozicija popolnoma končana pri temperaturi okoli 670 °C, peleti iglavcev pa so popolnoma razkrojeni pri 750 °C v atmosferi z 20 vol. % kisika. Obe analizirani gorivi pri sežigu proizvedeta zelo majhno količino pepela, manj kot 2 ut. %.

Pri termičnem razkroju v oksidativni atmosferi nastajajo predvsem ogljikov dioksid, vodna para in ogljikov oksid. V kolikor termični razkroj poteka v atmosferi z znižano koncentracijo kisika, proces odgorevanja poteka pri višji temperaturi. Ta efekt je bolj izrazit pri odgorevanju bukovega lesa kot pri lesu iglavcev.

Predpostavke, da v atmosferi z znižano vsebnostjo kisika nastaja večja količina ogljikovega oksida z meritvami nismo mogli potrditi, čeprav je bila količina sproščenega ogljikovega dioksida v atmosferi z nižjo koncentracijo kisika manjša, kot če je odžig potekal v atmosferi z 20 vol. % kisika.

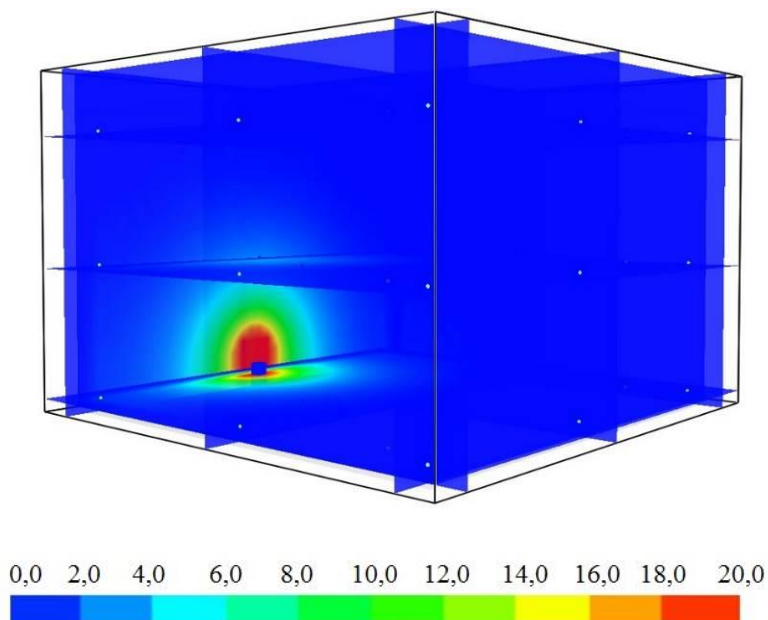
Ugotovitve nastajanja in gibanja CO v komori

V okviru RRN smo s pomočjo finančnih sredstev Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Ljubljani in donaciji negorljivih plošč (2 kosa plošče dim. plošče 2500 x 1200mm) podjetja Promat izdelali komoro za varno izvedbo predvidenih meritev sproščanja ogljikovega monoksida pri gorenju različnih goriv. Komoro, ki je nameščena v požarnem laboratoriju na UL FKKT, smo opremili s po 12 merilniki temperature in koncentracije ogljikove monoksida, ter referenčnima merilnikoma, sistemom zajemanja, spremljanja in vrednotenja podatkov in grelnikom, kar je razvidno iz naslednjih slik:

Ugotovitve na osnovi modelnih napovedi sproščanja in gibanja CO v prostoru

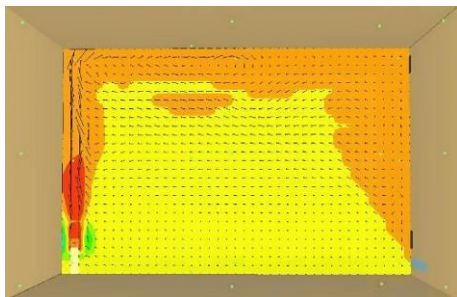
Na osnovi izvedene numerične analize gibanja CO po izbranem prostoru v primeru gorenja različnih goriv pri različnih pogojih lahko ugotovimo naslednje:

- Hladen CO, brez zagonskega momenta, se giblje po prostoru izredno počasi. Širjenje je sferično na vse strani.



Slika 145: Porazdelitev CO pri točkovnem vpihu CO brez izvora toplote (6 l/h 150 ppm) pri času 3600 s

- Gibanje toplega oziroma vročega vpihovanega CO po prostoru je odvisno od vzgona toplega zraka. CO se nad virom vertikalno dviga proti stropu prostora, nato pod stropom potuje proti stenam in ob stenah nato navzdol proti tloraju prostora. Od tal prostora se giblje nazaj proti izvoru. V relativno kratkem času je koncentracija CO dokaj enakomerna po prostoru komore.



Slika 146: Grafični prikaz gibanja toplega oziroma vročega vpihovanega CO po prostoru

- Vpliv količine vpihanega CO je pričakovano velik na koncentracijo CO, ne pa na samo gibanje CO. Ugotovimo, da je po določenem času koncentracija CO v vseh merilnih mestih sorazmerna v prostor vpihanemu CO. Torej, če je količina proizvedenega CO 10 x večja, bodo tudi koncentracije za približno toliko višje, in obratno.

- Vpliv spodnje odprtine ter delujočega ventilatorja je pomemben. Koncentracija CO se v večini primerov konkretno zmanjša, še posebno v bližini odprtine in ventilatorja. Odprtine ne vplivajo samo na koncentracijo CO, temveč tudi na samo gibanje CO.
- Vpliv samo spodnje odprtine je na količino in razporeditev CO v večini primerov zanemarljiv, z izjemo mesta v bližini odprtine.
- Vpliv odprtin je najbolj izrazit pri gorenju suhih bukovih sekancev. Ko deluje ventilator, so v zgornji plasteh manjše koncentracije CO kot pa v spodnjih. Razlika je bila v konkretnem primeru skoraj 50 ppm.
- Pri gorenju propana je razporeditev CO po prostoru zelo enakomerna.
- Simulacija z gorenjem bioetanola je pokazala zanimivo visoko koncentracijo CO. Koncentracije CO so primerljive tistim, ki nastanejo pri gorenju trdega goriva, kot so suhi bukov sekanci.

Povzetek ugotovitev in predlog ukrepov za izboljšanje stanja na področju nenamernih zastrupitev s CO v Sloveniji

V okviru RR projekta je pripravljen predlog vsebin NP za preprečevanje zastrupitev s CO v bivalnih prostorih. Predlog NP je treba dopolniti glede na zaključke razprave z deležniki, ki naj bi se aktivno vključili v izvajanje NP.

Predlog vsebine NP:

- predstavitev problema:
 - lastnosti ogljikovega monoksida (v nadaljevanju CO),
 - vplivi CO na zdravje ljudi,
 - viri nastanka CO,
 - stanje glede zastrupitev s CO v Sloveniji,
- evidentiranje ciljnih skupin za izvajanje NP;
- predlog ukrepov:
 - ozaveščanje, izobraževanje, usposabljanje,
 - tehnični ukrepi (ukrepi za preprečevanja nenadzorovanega sproščanja CO, aktivnosti s katerimi lahko laik preveri možnost nastanka CO v svojem domu itd.),
 - predlogi za dopolnitev zakonodaje in tehnične regulative.

NP naj bo usmerjen predvsem v preprečevanje okoliščin za pojav tveganja zastrupitve s CO.

Predlogi ukrepov so sistemske, organizacijske in tehnične narave:

- ureditev zakonodaje in tehnične regulative na področju načrtovanja, vgradnje, rabe in vzdrževanja kurilnih in dimovodnih naprav, predvsem s področja dimnikarskih storitev [28], ki naj sledi stanju tehnike in omogoča učinkovit nadzor nad izpolnjevanjem zahtev,
- izboljšava strokovnega nadzora nad načrtovanjem, vgradnjo, rabo in vzdrževanjem kurilnih in dimovodnih naprav in poostren nadzor nad izpolnjevanjem varnostnih zahtev proizvodov na trgu, ki lahko sproščajo CO v bivalnem prostoru (npr. okrasni kamini, premične naprave za kuhanje na trdna, tekoča in plinasta goriva v bivalnih prostorih),

- krepitev pomena rednega in strokovnega opravljanja dimnikarskih storitev v širši javnosti (npr. ugotovitve dimnikarskih družb vezati neposredno na izvajalce del, da se uporabniku olajša odpravljanje pomanjkljivosti),
- izobraževanje in usposabljanje ter
- ozaveščanje.

Potrebne spremembe oziroma dopolnitve zakonodaje in tehniških smernic

Zakonodaja določa ustreznost proizvodov in naprav, ne pa tudi samo vgradnjo. Nadzor nad kurilnimi in dimovodnimi napravami izvajajo dimnikarji (prvi pregled neposredno po vgradnji ali rekonstrukciji kurilne in dimovodne naprave) po že izvedeni vgradnji oziroma sanaciji. Zakonodajo bi bilo smiselno dopolniti z inštrumenti kontrole v času projektiranja in izvedbe, predvsem pa bi bilo smiselno v zakonodajo vključiti mnenje dimnikarske družbe pred projektiranjem in/ali izvedbo, da se uporabniku zagotovi ključne informacije pred sprejemanjem odločitev.

Gradbeno in zakonodajo s področja dimnikarskih storitev bi bilo treba dopolniti z inštrumenti za odpravo pomanjkljivosti, ki so posledica neupoštevanja pravil stroke in tehničnih predpisov s strani monterjev kurilnih in dimovodnih naprav. Pojasnilo: če izvajalec del ni pripravljen odpraviti pomanjkljivosti iz zapisnika dimnikarske družbe je trenutno uporabniku na voljo le civilna tožba. Pomanjkljivosti se zato pogosto ne odpravijo.

Tehnično smernico SZPV 407 Požarna varnost pri načrtovanju, vgradnji in rabi kurilnih in dimovodnih naprav [29] je treba posodobiti in pripraviti poenostavljeno verzijo za uporabnike laike.

Izobraževanje in usposabljanje

Projektanti, gradbinci (fasaderji, vgrajevalci oken, vrat in dimnikov), pečarji, inštalaterji, serviserji, dimnikarji in drugi strokovnjaki so v času šolanja seznanjeni tudi z ukrepi za preprečevanje tveganj. Pregledati bi bilo treba kurikulumne izobraževalnih ustanov vseh ravni in dodati manjkajoče vsebine s področja preprečevanja tveganj zaradi pojava povečanih koncentracij CO. Podobno velja za izobraževanje prvih posredovalcev in zdravstvenih delavcev, ki se pri svojem delu srečujejo s posledicami zastrupitev. Opozarjanje na tveganja in znake zastrupitve s CO spada med splošno izobrazbo, zato bi bilo smiselno pregledati tudi kurikulume na tej ravni. Prav tako je treba tematiko prej omenjenim skupinam vključiti v dodatna usposabljanja, ki jih poslušajo oz. morajo poslušati v okviru osveževanja znanj. Za dimnikarje so redna usposabljanja uvedena z novim zakonom.

Zaradi razvoja tehnologije in vedno novih proizvodov na tržišču, ki lahko predstavljajo nova tveganja, so se strokovnjaki dolžni redno usposablјati. V primeru prepoznavanja tveganja zastrupitev s CO in preprečevanja le-tega je nujno dodatno (periodično) usposabljanje predvsem projektantov, pečarjev, inštalaterjev, serviserjev in dimnikarjev. Slednji opravljajo tudi svetovanje uporabnikom kurilnih in dimovodnih naprav, zato je smiselno, da so usposobljeni tudi za to.

Ozaveščanje

Kljub urejenosti zakonodaje in izobraženosti ter usposobljenosti izvajalcev lahko pride do tveganj zastrupitve s CO; lahko tudi zaradi neznanja ali neodgovornega ravnanja posameznika. Lastnik oziroma uporabnik bivalnega prostora naj bo seznanjen z možnimi viri in simptomi zastrupitve, možnostjo preverjanja prekomerno povečane koncentracije CO v bivalnem prostoru, kjer je to potrebno in s podobnimi preventivnimi ukrepi ter samozaščitnim ravnanjem. Cilj ozaveščanja je, da se posameznik zaveda, da ima lahko njegovo neodgovorno ravnanje (npr. lastna nestrokovna vgradnja in pomanjkljivo vzdrževanje kurilne naprave, izgradnja kamina oziroma namestitvev in raba kurilne naprave, ki nima odvoda dimnih plinov, nepravilna izgradnja in pomanjkljivo vzdrževanje dimovodnih naprav, namestitvev gorljivih materialov na ali v bližino kurilne ali dimovodne naprave, posegi, ki vplivajo na dovod zraka v prostor v katerem je nameščena kurilna naprava, nepremišljeno kajenje v prostoru, nenadzorovana priprava hrane) nepopravljive posledice.

Uporabnika je treba seznaniti s preprostimi metodami za prepoznavanje prisotnosti CO v prostoru (tudi brez javljalnikov CO in podobnih pripomočkov); npr. s prepoznavanjem znakov neustreznih razmer v prostoru s kurilno napravo (prisotnost vlage na oknih in drugih hladnejših površinah, obarvanost sten nad kuriščem, rumenkast plamen pri gorenju plinastega goriva ipd.).

Med ozaveščanje spada tudi promocija kvalitetnih mojstrov, poudarjanje pomembnosti rednega vzdrževanja in servisiranja kurilnih in dimovodnih naprav, pozitivne vloge dimnikarske službe in prizadevanja za večji ugled oziroma spoštovanja le-te.

Namernih zastrupitev s CO v samomorilne namene ni smiselno obravnavati v okviru NP za preprečevanje zastrupitev s CO.

Oprema zdravstvenega osebja in gasilcev z merilniki CO

V Sloveniji zastrupljence s CO, ki imajo samo blažje težave npr. glavobol, slabost, omotico in so oslabei ter zmedeni, prepoznamo redkeje kot v tujini. V prihodnosti bomo morali biti tako bolj pozorni na lažje zastrupitve s CO, ki prav tako potrebujejo zdravljenje s kisikom, predvsem pa moramo vedno ugotoviti vir CO in preprečiti nadaljnjo izpostavljenost.

Na blage zastrupitve s CO bi morali tako pomisliti pri vseh bolnikih z znaki viroze, na primer gripe, saj so znaki pogosto zelo podobni. Zastrupitev s CO lahko pri teh bolnikih ugotovimo, če se njihove zdravstvene težave izboljšajo izven stanovanja in povrnejo ob vrnitvi v stanovanje, pri virozi pa se težave ne spreminjajo. Prav tako moramo na kronično zastrupitev s CO pomisliti pri vseh bolnikih z glavobolom in migreno, posebno če se le-ta pojavlja tekom kurilne sezone. Na CO pomislimo tudi ob sočasnem pojavu zdravstvenih težav pri več ljudeh, ki se zadržujejo v istem prostoru, predvsem med kurilno sezono.

V prihodnje bi morali vse urgentne centre opremiti s pulznimi karboksioksimetri, ki omogočajo hitro in neinvazivno diagnosticiranje zastrupitev s CO brez odvzema vzorca krvi, s čimer bi lahko hitro ugotovili blage in kronične zastrupitve s CO ter jih ločili od drugih bolezni, npr. viroz in migren. V zimskih mesecih bi bilo tako potrebno vsem bolnikov v urgentnih ambulantah, poleg običajne pulzne oksimetrije, narediti še pulzno karboksioksimetrijo, kar že omogočajo sodobni aparati.

Prve posredovalce in zdravstvene delavce, ki obiskujejo bolnike na domovih, pa bi morali opremiti z merilniki CO v zraku, s čimer bi lahko takoj ugotovili povišan nivo CO v zraku in s tem tudi blage in kronične zastrupitve s CO kot vir težav, ki jih imajo bolniki. Na ta način bi lahko bistveno pripomogli k

temu, da se s pomočjo hitro ugotovljenega vzroka nastalih težav pri bolnikih čas zdravljenja skrajša. Posledično se tako tudi privarčuje porabljen sredstva za dolgotrajno neučinkovito zdravljenje bolnikov.

Ciljne skupine za izvajanje NP za preprečevanje zastrupitev s CO

Identificirane so naslednje ciljne skupine za izvajanje NP za preprečevanje zastrupitev s CO: medicinsko osebje, prostovoljne gasilske enote, uslužbenci MNZ in nekaterih drugih ministrstev, njihove inšpekcijske službe, zavarovalnice, sodni izvedenci, Statistični urad Slovenije, dimnikarske družbe, instalaterji kurilnih in dimovodnih naprav, institucije, ki se ukvarjajo z požarno preventivo in izobraževalne ustanove, strokovne sekcije pri Obrtno podjetniški zbornici Slovenije (dimnikarji, gradbinci, pečarji, inštalaterji).

Vsebina programov izobraževanja in usposabljanja

Programi izobraževanja, usposabljanja, v najširšem pomenu pa ozaveščanja se prilagajajo glede na ožjo skupino znotraj ciljne skupine, ki so:

- strokovna javnost - prvi posredovalci (so vsi tisti, ki se sicer aktivno ukvarjajo z reševanjem, vendar po svoji osnovni izobrazbi niso zdravstveni delavci - sem lahko uvrstimo največkrat gasilce bolničarje kot prostovoljni gasilci, poklicne gasilce, policiste, gorske reševalce, reševalce na smučiščih, reševalce iz vode, vodnike reševalnih psov...) in zdravstveni delavci (zdravstveno osebje, interventne ekipe, osebje v zdravstvenih domovih, otroški in družinski zdravniki, osebje v urgentnih ambulantah);
- laična javnost - odrasli občani: starostniki in druge specifične skupine
- laična javnost - otroci in mladina

Vsebina programa za strokovno javnost

1. Opis programa:	Usposabljanje strokovne javnosti pred zastrupitvami z ogljikovim monoksidom v bivalnih prostorih.
2. Trajanje usposabljanja:	6 ur
3. Kraj usposabljanja:	Izobraževalni center za zaščito in reševanje oziroma razpoložljivi prostori MORS in ostalih sodelujočih.
4. Namen:	Seznanitev udeležencev usposabljanja - prvih posredovalcev in zdravstvenih delavcev - z različnimi možnostmi zastrupitve z ogljikovim monoksidom (ob vstopanju v bivalne prostore, pri obisku zastrupljenca v zdravstveni ordinaciji ipd.).
5. Ciljna publika:	Prvi posredovalci in zdravstveni delavci.
6. Predhodno potrebno znanje:	Ni potrebno.

7. Cilji (kaj udeleženci pridobijo z usposabljanjem):	<p>Po zaključenem usposabljanju bodo udeleženci:</p> <ul style="list-style-type: none"> - poznali fizikalne in kemijske lastnosti ogljikovega monoksida (gibanje CO po prostoru); - prepoznali simptome zastrupitve s CO pri akutnih in kroničnih zastrupitvah; - prepoznali zastrupitve s CO zaradi neustrezne rabe kurilnih in dimovodnih naprav; - znali svetovati ljudem in predlagati ustrezne preventivne ukrepe pred zastrupitvijo s CO; - seznanjeni z zakonodajo (Pravilnik o zahtevah za vgradnjo kurilnih naprav [31]); - seznanjeni z zahtevami za izbiro javljalnika CO, skladnega s standardom SIST EN 50291; - seznanjeni z neustreznimi javljalniki CO; - seznanjeni s priporočili standarda SIST EN 50292 o ustrezni namestitvi javljalnikov CO; - znali pravilno in učinkovito svetovati ter ukrepati v primeru sprožitve javljalnika CO.
8. Vsebine programa (teme):	<ul style="list-style-type: none"> - Kemijske in fizikalne lastnosti CO; - sproščanje CO v primeru različnih virov gorenja; - gibanje CO po prostoru (prikaz rezultatov meritev v testni komori); - predstavitev primerov iz prakse (uhajanje CO v prostor); - analiza tragičnih primerov zastrupitev s CO; - statistika zastrupitev v tujini in Sloveniji; - ukrepi za preprečevanje zastrupitve s CO; - Pravilnik o zahtevah za vgradnjo kurilnih naprav [31] (pojasnila); - tehnična smernica SZPV 407 [30] (pojasnila); - javljalniki CO: <ul style="list-style-type: none"> - predstavitev bistvenih zahtev standarda SIST EN 50291-1, - stanje na trgu in pasti pri nakupu (predstavitev sistema RAPEX), - ustrezna in neprimerna mesta namestitve javljalnikov (predstavitev priporočil standarda SIST EN 50292)), - ukrepi ob sprožitvi alarma javljalnika CO. - Praktični prikaz nastajanja CO in alarmiranje z javljalnikom CO.
9. Standardi, smernice in RR naloge, na katere se program usposabljanja navezuje	<p>SIST EN 50291-1 (Električne naprave za odkrivanje ogljikovega monoksida v gospodinjstvih - 1. del: Preskusne metode in zahtevane lastnosti);</p> <p>SIST EN 50291-2 (Električne naprave za odkrivanje ogljikovega monoksida v gospodinjstvih - 2. del: Električne</p>

	<p>naprave za stalno delovanje v nepremičnih inštalacijah na rekreacijskih vozilih in na sorodnih področjih, vključno na rekreacijskih plovilih - Dodatne preskusne metode in zahtevane lastnosti);</p> <p>SIST EN 50292 (Električni aparati za zaznavanje ogljikovega monoksida v stanovanjskih prostorih, bivalnih prikolicah in čolnih - Navodilo za izbiro, vgradnjo, uporabo in vzdrževanje);</p> <p>Tehnična smernica SZPV 407 [30];</p> <p>Razvojno raziskovalna naloga RS, MORS: Nastajanje ogljikovega monoksida med gorenjem.</p>
10. Preskus znanja (da/ne, v kakšnem obsegu, na kakšen način, ...)	Priporočamo izvedbo samoocenitvenega testa na koncu usposabljanja. Rezultati testa ne pogojujejo pridobitve potrdila o opravljenem usposabljanju temveč služijo izvajalcem in naročniku usposabljanj za oceno uspešnosti in razumevanja izvedenega usposabljanja.
11. Vrsta potrdila oziroma nivo usposabljanja (certifikat/diploma/potrdilo)	Udeleženci prejmejo potrdilo o udeležbi na usposabljanju.
12. Države, ki izvajajo program usposabljanja	Slovenija*

* V primeru umestitve usposabljanja med programe CFPA-EUROPE tudi ostale države članice CFPA-EUROPE.

Laična javnost: odrasli občani

Ozaveščanje po opisanem programu je namenjena več skupinam odraslih občanov. Vsebinsko je treba prilagoditi življenjskemu okolju oziroma stilu življenja posamezne skupine (npr. starostnikom, ki živijo sami, lastnikom stavb s kurilnimi napravami na trda, tekoča ali plinasta goriva) in času oziroma obdobju usposabljanja (npr. v času naravnih nesreč, ko so uporabljajo agregati za generiranje električne energije).

1. Opis programa:	Ozaveščanje laične javnosti pred zastrupitvami z ogljikovim monoksidom v bivalnih prostorih
2. Trajanje usposabljanja:	2 uri
3. Kraj usposabljanja:	Gasilski domovi v popoldanskem času
4. Namen:	Seznaitvev udeležencev programa ozaveščanja z različnimi možnostmi zastrupitve z ogljikovim monoksidom v bivalnem okolju.
5. Ciljna publika:	Občani, upokoenci in ostala zainteresirana javnost

6. Predhodno potrebno znanje:	Ni potrebno.
7. Cilji (kaj udeleženci pridobijo s programom ozaveščanja):	<p>Po zaključenem programu ozaveščanja bodo udeleženci:</p> <ul style="list-style-type: none"> - poznali osnovne fizikalne in kemijske lastnosti ogljikovega monoksida (gibanje CO po prostoru); - prepoznali simptome zastrupitve s CO pri akutnih in kroničnih zastrupitvah; - znali oceniti možnosti zastrupitve s CO zaradi neustrezne rabe kurilnih in dimovodnih naprav; - seznanjeni s preventivnimi ukrepi; - seznanjeni z osnovami zakonodaje RS (Pravilnik o zahtevah za vgradnjo kurilnih naprav [31]); - seznanjeni z osnovami ustrezne izbire javljalnika CO; - seznanjeni z neustreznimi javljalniki CO; - seznanjeni s priporočili standarda SIST EN 50292 o ustrezni namestitvi javljalnikov CO; - znali pravilno in učinkovito ukrepati v primeru sprožitve javljalnika CO.
8. Vsebine programa (teme):	<ul style="list-style-type: none"> - Kemijske in fizikalne lastnosti ogljikovega monoksida; - Gibanje CO po prostoru; - Predstavitev primerov iz prakse (uhajanje CO v prostor); - Izvajanje preventivnih ukrepov; - Povzetek pojasnil Pravilnika o zahtevah za vgradnjo kurilnih naprav [31] in tehnične smernice SZPV 407 [30]; - Javljalniki CO: Stanje na trgu in pasti pri nakupu (predstavitev sistema RAPEX, ki je namenjen potrošnikov); - Ustrezna in neprimerna mesta namestitve javljalnikov CO; - Izvajanje ukrepov ob sprožitvi alarma javljalnika CO; - Praktični prikaz nastajanja CO in alarmiranje z javljalnikom CO; - Na katero institucijo se lahko obrnejo, če sumijo, da je v prostoru prisoten CO.
9. Standardi, smernice in RR naloge, na katere se program ozaveščanja navezuje	<p>SIST EN 50291-1 (Električne naprave za odkrivanje ogljikovega monoksida v gospodinjstvih - 1. del: Preskusne metode in zahtevane lastnosti);</p> <p>SIST EN 50291-2 (Električne naprave za odkrivanje ogljikovega monoksida v gospodinjstvih - 2. del: Električne naprave za stalno delovanje v nepremičnih inštalacijah na rekreacijskih vozilih in na sorodnih področjih, vključno na rekreacijskih plovilih - Dodatne preskusne metode in zahtevane lastnosti);</p>

	<p>SIST EN 50292 (Električni aparati za zaznavanje ogljikovega monoksida v stanovanjskih prostorih, bivalnih prikolicah in čolnih - Navodilo za izbiro, vgradnjo, uporabo in vzdrževanje); Tehnična smernica SZPV 407 [30]; Razvojno raziskovalna naloga RS, MORS: Nastajanje ogljikovega monoksida med gorenjem;</p>
10. Preskus znanja (da/ne, v kakšnem obsegu, na kakšen način, ...)	Priporočamo izvedbo samoocenitvenega testa na koncu programa ozaveščanja. Rezultati testa služijo izvajalcem in naročniku usposabljanj za oceno uspešnosti in razumevanja izvedenega ozaveščanja. Izpolnjevanje testa se lahko stimulira z žrebom za praktične nagrade, ki jih priskrbijo sponzorji.
11. Vrsta potrdila oziroma nivo usposabljanja (certifikat/diploma/potrdilo)	Izda se potrdilo o udeležbi na posebno zahtevo udeleženca programa. Druga dokazila niso predvidena.
12. Države, ki izvajajo program ozaveščanja	Slovenija

Laična javnost: otroci in mladina

Posebej prilagojen program usposabljanja je smiseln za otroke in mladino, ki lahko dolgoročno vplivajo na velik del populacije. Vsebino programa izobraževanja oziroma usposabljanja se prilagodi starostni skupini, okolju ipd.

1. Opis programa:	Ozaveščanje laične javnosti (učenci vzgojnoizobraževalnih ustanov) pred zastrupitvami z ogljikovim monoksidom v bivalnih prostorih.
2. Trajanje usposabljanja:	3 šolske ure
3. Kraj usposabljanja:	Vzgojnoizobraževalne ustanove
4. Namen:	Seznanitev udeležencev programa ozaveščanja z različnimi možnostmi zastrupitve z ogljikovim monoksidom v bivalnem okolju, ki je vsebinsko predstavljen na način, primeren za vzgojnoizobraževalne ustanove.
5. Ciljna publika:	Učenci vzgojnoizobraževalnih ustanov
6. Predhodno potrebno znanje:	Ni potrebno.

7. Cilji (kaj udeleženci pridobijo s programom ozaveščanja):	<p>Po zaključenem programu ozaveščanja bodo udeleženci:</p> <ul style="list-style-type: none"> - poznali osnovne fizikalne in kemijske lastnosti ogljikovega monoksida (gibanje CO po prostoru); - prepoznali simptome zastrupitve s CO pri akutnih in kroničnih zastrupitvah; - predvidevali možnosti zastrupitve s CO zaradi neustrezne rabe kurilnih in dimovodnih naprav; - seznanjeni s preventivnimi ukrepi (pred zastrupitvijo s CO); - seznanjeni z osnovnimi zahtevami o ustrezni izbiri javljalnika CO; - seznanjeni z neustreznimi javljalniki CO; - seznanjeni s priporočili o ustrezni namestitvi javljalnikov CO (po standardu SIST EN 50292); - znali pravilno in učinkovito ukrepati v primeru sprožitve javljalnika CO.
8. Vsebine programa (teme):	<ul style="list-style-type: none"> - kemijske in fizikalne lastnosti ogljikovega monoksida ; - gibanje CO po prostoru; - primeri uhajanja CO v prostor iz prakse; - preventivni ukrepi (pred zastrupitvijo s CO); - javljalniki CO: kako rokujemo z javljalniki? Na kaj moramo biti pozorni? - Ustrezna in neprimerna namestitev javljalnikov CO; - ukrepi ob sprožitvi alarma javljalnika CO; - praktični prikaz nastajanja CO in proženje javljalnika CO;
9. Standardi, smernice in RR naloge, na katere se program ozaveščanja navezuje	<p>SIST EN 50291-1 (Električne naprave za odkrivanje ogljikovega monoksida v gospodinjstvih - 1. del: Preskusne metode in zahtevane lastnosti);</p> <p>SIST EN 50291-2 (Električne naprave za odkrivanje ogljikovega monoksida v gospodinjstvih - 2. del: Električne naprave za stalno delovanje v nepremičnih inštalacijah na rekreacijskih vozilih in na sorodnih področjih, vključno na rekreacijskih plovilih - Dodatne preskusne metode in zahtevane lastnosti);</p> <p>SIST EN 50292 (Električni aparati za zaznavanje ogljikovega monoksida v stanovanjskih prostorih, bivalnih prikolicah in čolnih - Navodilo za izbiro, vgradnjo, uporabo in vzdrževanje);</p> <p>Tehnična smernica SZPV 407 [30];</p> <p>Razvojno raziskovalna naloga RS, MORS: Nastajanje ogljikovega monoksida med gorenjem;</p>
10. Preskus znanja (da/ne, v kakšnem obsegu, na kakšen način, ...)	<p>Priporočamo izvedbo samoocenitvenega testa na koncu programa ozaveščanja med vsemi učenci. Rezultati testa služijo izvajalcem in naročniku usposabljanj za oceno uspešnosti in razumevanja izvedenega ozaveščanja.</p>

	Izpolnjevanje testa se lahko stimulira z žrebom za praktične nagrade, ki jih priskrbijo sponzorji.
11. Vrsta potrdila oziroma nivo usposabljanja (certifikat/diploma/potrdilo)	Dokazila o udeležbi niso predvidena.
12. Države, ki izvajajo program ozaveščanja	Slovenija

Gradivo za zloženko

Zloženska naj bo namenjena ozaveščanju širše javnosti. Informacije naj ne bodo preveč zahtevne. Navedeni naj bodo drugi viri informacij.

5. stran**Kako ukrepamo ob sprožitvi alarma za CO?**

7. **Ob alarmu nemudoma odpremo okna in vrata.** S tem pričnemo hitro zmanjševati koncentracijo CO v prostoru.
8. **Ugasnemo kurilno napravo, če je to mogoče in preverimo sočasno delovanje naprav, ki odsesujejo zrak iz prostora..**
POZOR! Do uhajanja CO iz kurilne ali dimovodne naprave lahko pride tudi **zaradi sočasne uporabe kurilne naprave z napravo, ki sesa zrak iz prostora** (kuhinske nape, ventilatorji). Koncentracijo CO v prostoru bomo hitro zmanjšali, če bomo napravo ugasnili ter odprli okna in vrata.
9. **Prostor zapustimo,** če vrednosti koncentracije CO na javljalnikih hitro narastejo nad 50 ppm (kjer to javljalnik omogoča).
Ne vstopamo v prostor, dokler nevarnost ne mine – ugasniti mora zvočni signal alarma. Javljalniki oddajajo zvočne signale toliko časa, dokler je prisotna nevarna koncentracija CO.
10. **Center za obveščanje (112) pokličemo:**
 - če se javljalnik CO dolgo časa ne izklopi oz. se sploh ne izklopi
 - če se javljalnik CO aktivira ponavljajoče
 - če javljalnik ob aktiviranju kaže visoke koncentracije CO
- a) **Če smo bili dlje časa izpostavljeni (visokim) koncentracijam CO nad 30 ppm,** moramo v najkrajšem možnem času poiskati ustrezno zdravstveno oskrbo, da preprečimo trajne posledice zastrupitve s CO. Ob klicu centra za obveščanje je treba nujno opozoriti na možno prisotnost CO, da se lahko prvi posredovalci in zdravstveni delavci ustrezno zaščitijo!
- b) **Če gre za večstanovanjsko stavbo** je priporočljivo, da se umaknemo iz stavbe, saj smo ogroženi tudi, če je prišlo do uhajanja CO v sosednjem stanovanju. Ta nevarni plin se lahko razširi na hodnik, stopnišče in sosednja stanovanja. Gasilci bodo znali pravilno ukrepati in zaščititi vse uporabnike stavbe.

6. stran

11. Obvestimo izbrano dimnikarsko družbo, da ugotovi in evidentira vzroke uhajanja CO, odpravo ugotovljenih pomanjkljivosti pa prepustimo strokovno usposobljenim izvajalcem. Vsako kurilno, dimovodno ali prezračevalno napravo je treba v primeru sprožitve signala alarma na javljalnikih CO skrbno preveriti. Možno je, da je prišlo do tehnične okvare, poškodbe ali kateregakoli drugega vzroka za uhajanje CO v prostor.

12. Ponastavimo javljalnik na novo zaznavanje CO!

VSAK ZVOČNI ALARM JAVLJALNIKA CO JE TREBA OBRAVNAVATI KOT PRAVI ALARM! NIKOLI NE PREDVIDEVAJMO, DA GRE ZA LAŽNI ALARM!

Klic v sili: 112

Na številko 112 lahko pokličete ali pošljete kratko sporočilo (SMS), če potrebujete pomoč gasilcev, nujno medicinsko pomoč, druge reševalne službe ali policijo. Na številko 112 lahko brezplačno kličete s stacionarnega ali mobilnega telefona (čeprav je račun prazen) v vseh državah Evropske unije.

Ob klicu na številko 112 povejte ali sporočite:

- **kdo** kliče,
- **kaj** se je zgodilo,
- **kje** se je zgodilo,
- **kdaj** se je zgodilo,
- **koliko** je ponesrečencev,
- **kakšne** so poškodbe,
- **kakšne** so okoliščine na kraju nesreče,
- **kakšna** pomoč je potrebna.



Besedilo o klicu na številko 112 je smiselno prirejeno v brajco.

KLICNI CENTER ZA OSEBE Z OKVARO SLUHA,
Zavod Združenje tolmačev za slovenski znakovni jezik, www.tolmac.si

REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OBRAMBO

UPRAVA RS ZA ZAŠČITO IN REŠEVANJE, Vojkova cesta 61, 1000 Ljubljana,
tel.: (01) 471 33 22, faks: (01) 431 81 17, e-naslov: urz@urz.si, www.sos112.si

REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OBRAMBO

GASILSKA ZVEZA SLOVENIJE, Trislika cesta 221, 1000 Ljubljana,
tel.: (01) 241 97 50, faks: (01) 241 97 64, e-naslov: gasilska.zveza-slo@iol.net, www.gasilci.net
SLOVENSKO ZDRUŽENJE ZA POŽARNO VARSTVO,
Dunajska cesta 369, 1231 Ljubljana Črnuče, gsm: 051 378 109, e-naslov: info@szpcc.si, www.szpcc.si

1. stran - Naslovna stran

»POZOR, nevidni morilec je med nami!«

**KAKO SE USTREZNO ZAŠČITIMO PRED ZASTRUPITVIJO Z
OGLJIKOVIM MONOKSIDOM?**

2. stran

Kaj je ogljikov monoksid?

Kemijski simbol za ogljikov monoksid ali ogljikov oksid je CO. Je **življenjsko nevaren** in zelo strupen plin zaradi svojih lastnosti: **je neviden, brez vonja in brez okusa!**

Kje nastaja in kdaj?

CO je v naravi prisoten v majhnih, sprejemljivih količinah. V bivalnih prostorih se pojavlja v nevarnih koncentracijah kot posledica gorenja trdnih, tekočih in plinastih goriv v kaminih, pečeh, gorilnikih, svetilih, štedilnikih, žarih ipd., v bližini bivališč pa v izpuhkih avtomobilov, generatorjev elektrike z motorji z notranjim izgorevanjem (agregatov) ipd.

Kako vem, da se zastrupljam s CO?

Prvi znak zastrupitve s CO je glavobol. Sledi omotica, slabost, bruhanje, bolečine v prsih in zmedenost. Začetni simptomi so podobni simptomom gripe, zato se pogosto ne zavemo pravega vzroka. Pri vdihavanju večjih količin CO sledi nezavest in smrt.

Med spanjem lahko človek umre zaradi zastrupitve s CO, ne da bi prej zaznal zgoraj naštetih simptomov. Reševalca, zdravnika je treba opozoriti na možnost zastrupitve s CO.

Se lahko tudi jaz zastrupim s CO?

Vsak se lahko zastrupi s CO. Bolj občutljivi so otroci, starejši, ljudje s kroničnimi obolenji srca in težavami z dihanjem. Vseh zastrupitev s CO v Sloveniji sploh ne zabeležimo. Predvidevamo, da prepoznane zastrupitve predstavljajo le vrh ledene gore, zagotovo pa vemo, da zaradi zastrupitve s CO umre več ljudi kot zaradi npr. požarov.

Posledice izpostavljenosti ogljikovega monoksida

CO ppm*	Čas izpostavljenosti (približno) in simptomi
35	Največja dovoljena koncentracija neprekinjene izpostavljenosti v obdobju 8ih ur po OSHA**.
150	Rahel glavobol po 90 minutah.
200	Rahel glavobol, utrujenost, vrtoglavica in slabost po 2-3 urah.
400	Glavobol v srednjem delu glave v roku 1-2 ur. Nevarno za življenje po 3 urah.
800	Vrtoglavica, slabost, krči v 45 minutah. Nezavest v roku 2 ur. Smrt nastopi v 2-3 urah.
1.600	Glavobol, vrtoglavica in krči v 20 minutah. Smrt v roku 1 ure.
3.200	Glavobol, vrtoglavica in krči v 5-10 minutah. Smrt v roku 25-30 minut.
6.400	Glavobol, vrtoglavica in krči v 1-2 minutah. Smrt v roku 10-15 minut.
12.800	Smrt nastopi v roku 1-3 minut.

3. stran

Kako se zaščitimo?

- **Z monterjem kurilne in dimovodne naprave se posvetujete o skladnosti vgradnje s tehnično smernico SZPV 407!** Tehnična smernica določa varno vgradnjo kurilnih in dimovodnih naprav.
- **Poskrbite za redno letno servisiranje kurilnih naprav** na trdna, tekoča ali plinasta goriva. Servis vedno opravi strokovnjak oziroma pooblaščen oseba!
- **Dimnikar naj očisti dimnik vsaj enkrat na leto, pri kurilnih napravah na drva tudi večkrat letno.** Pri gorenju se na stenah dimnika nabirajo saje, ki preprečujejo učinkovit odvod dima, zaradi česar se lahko CO nabira v prostorih ob dimovodu.
- **Redno zračite bivalne prostore, tudi večkrat dnevno.**
- **V bivalnem prostoru ne kurite z odprtim kuriščem, če nimate urejenega dovoda svežega zraka in odvoda dimnih plinov.** Če ni urejenega ustreznega prezračevanja ne uporabljajte niti gorilnikov etanola (okrasnih kaminov), dišečih palčk, vodnih pip ipd.
- Če vas pogosto boli glava, če vaši bližnji tožijo zaradi glavobola ali slabosti, **če zaznate neobičajen vonj v bližini kurilnih naprav** ipd. pokličite serviserja kurilne naprave ali dimnikarja. Neprijeten vonj drugih plinov je lahko tudi pokazatelj prisotnosti CO.
- **Plinskega štedilnika ali plinske pečice nikoli ne uporabljajte za ogrevanje.** Zaradi zgorevanja plina se lahko prekomerno poveča koncentracija CO v vašem domu, na vikendu, v prikolici ali avtodomu.
- **Ne uporabljajte dizelskih agregatov in drugih naprav z motorji z notranjim zgorevanjem ali žarov na oglje v zaprtih prostorih!** Pri motorjih z notranjim izgorevanjem in odgorevanju oglja se namreč sproščajo večje količine CO!

Zadnji, ki vas lahko opozori na prisotnost CO v vašem bivalnem okolju, je javljalnik CO!

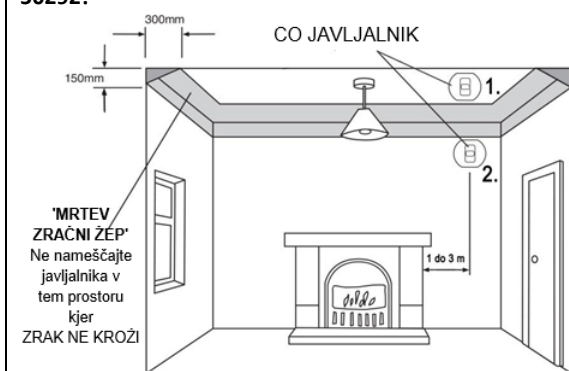
Pravilnik o zahtevah za vgradnjo kurilnih naprav določa, da je v prostore s kurilnimi napravami, odvisnimi od zraka v prostoru treba namestiti javljalnike ogljikovega monoksida najpozneje do 1. 1. 2017.

4. stran

Javljalnik ogljikovega monoksida

- Edini ustrezen javljalnik CO je tisti, ki je skladen s standardom **SIST EN 50291-1**.
- Bodite pozorni na ustreznost namestitve javljalnika v skladu s priporočili standarda **SIST EN 50292!**
- V primeru, da niste prepričani o ustreznem mestu namestitve javljalnika CO se posvetujte s strokovnjakom. Neustrezno nameščen javljalnik lahko aktivira zvočni alarm prepozno!
- V bivalni prostor namestite javljalnik CO povsod tam, kjer so možni viri uhajanja CO v prostor.
- Redno preverjajte delovanje javljalnika oziroma stanje baterij.
- Namestite javljalnik tako, da boste slišali zvočni alarm tudi iz svoje spalnice. Če to ni mogoče poskrbite za prenos signala alarma do spalnih prostorov.
- Priporočamo izbiro javljalnika z zaslonom, ki vam v primeru sprožitve signala alarma prikaže tudi koncentracijo CO.
- Ne pozabite, da ima vsak javljalnik CO določeno življenjsko dobo, po kateri je potrebno javljalnik zamenjati z novim.

Namestitev javljalnika CO v skladu s priporočili standarda SIST EN 50292!



slika

Postavitev javljalnika CO v prostoru s kaminom / odprtim kuriščem

3. Primarno mesto namestitve je na stropu, 1 do 3 metre od kurilne naprave v smeri proti spalnim prostorom
4. Če to ni možno je lahko nameščen javljalnik na steni, več kot 15cm oddaljen od tropa in nad nivojem podboja vrat ali preklade oken.

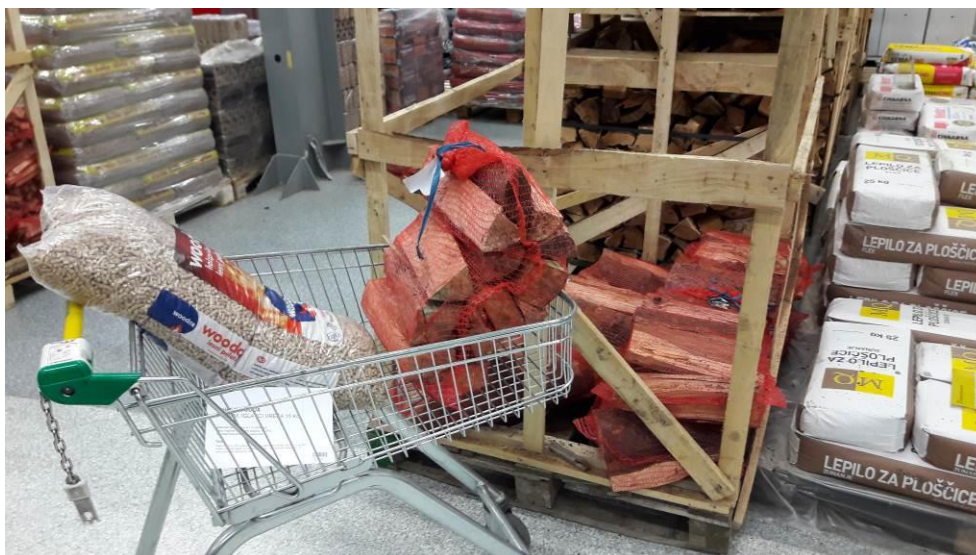
Avtorji RR naloge in sodelujoči pri projektni nalogi:

Tim za vodenje in usklajevanje projektne skupine		
1	Barbara Novosel	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo (UL, FKKT)
2	Gašper Golob	Slovensko združenje za požarno varstvo (SZPV)
3	Mateja Gris	Slovensko združenje za požarno varstvo (SZPV)

Sodelujoči člani		
4	Marko Radak	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo (UL, FKKT)
5	Simon Schnabl	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo (UL, FKKT)
6	Marjan Lukežič	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo (UL, FKKT)
7	Marija Bešter Rogač	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo (UL, FKKT)
8	Andrej Papež	Predsednik sekcije instalaterjev-energetikov pri Obrtni zbornici Slovenije (OZS)
9	Jurij Hrovat	Predsednik odbora pečarjev pri sekciji gradbincev pri Obrtni zbornici Slovenije (OZS)
10	Simon Dovrtel	Predsednik sekcije dimnikarjev pri Obrtni zbornici Slovenije (OZS)
11	Miran Brvar	Klinični center Ljubljana (KC Ljubljana)
12	Mojca Dobaja	Klinični center Ljubljana (KC Ljubljana)
13	Aleš Jug	Slovensko združenje za požarno varstvo (SZPV)
14	Milan Hajduković	Slovensko združenje za požarno varstvo (SZPV), ZAG Ljubljana



Slika 147: Člani projektne skupine na delovnem sestanku



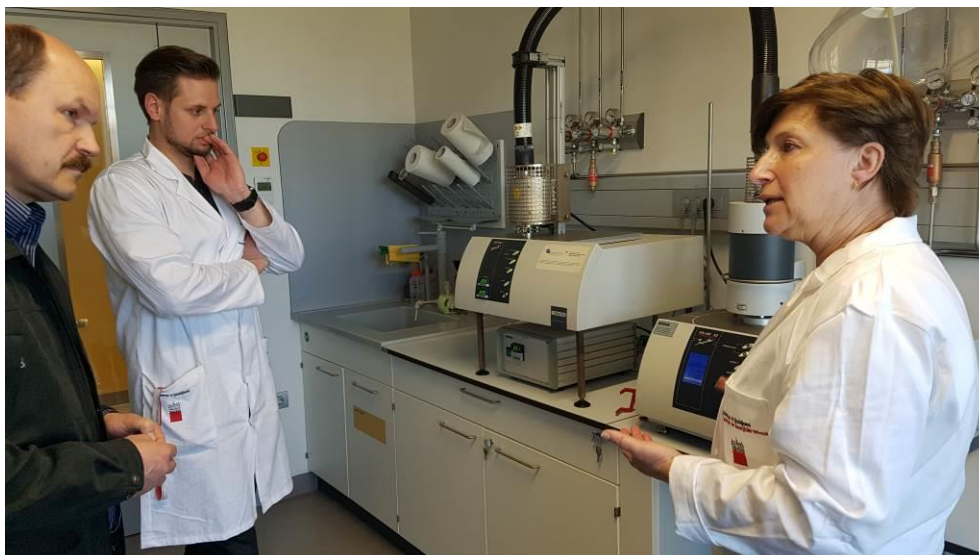
Slika 148: Bukova drva in lesni peleti za EGA meritve



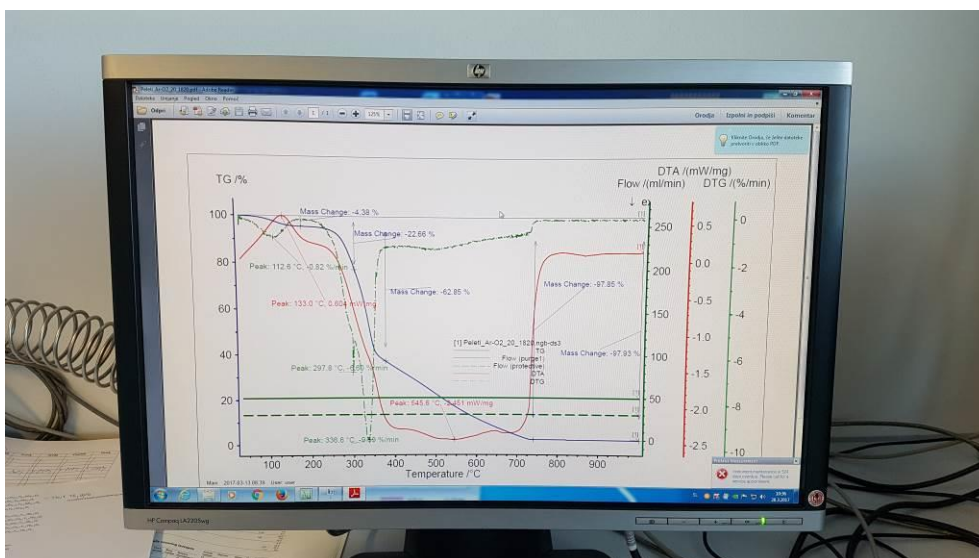
Slika 149: Aparatura za simultano termično analizo STA 449 F3 Jupiter



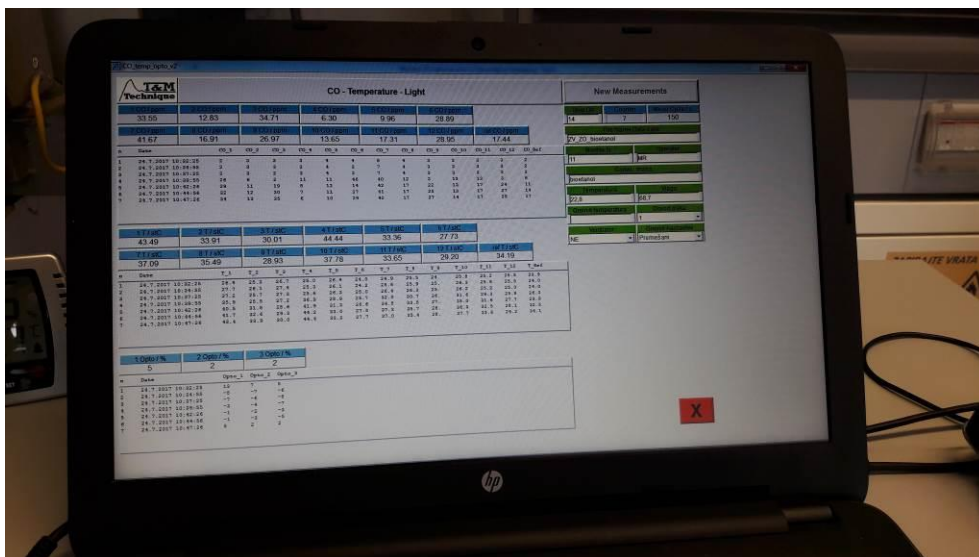
Slika 150: Pregled vmesnih faz projekta s strani naročnika



Slika 151: Predstavitev izvajanja EGA meritev



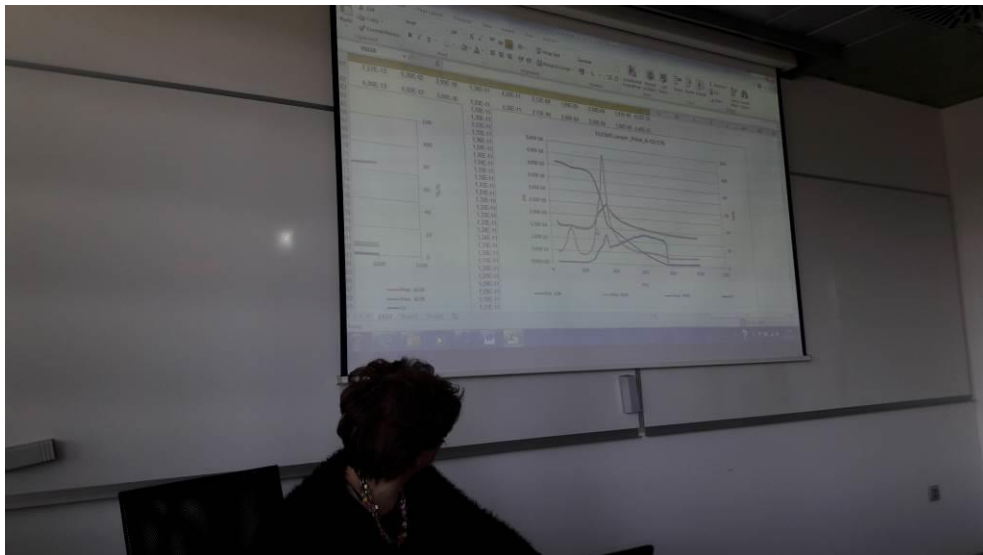
Slika 152: Prikaz zajemanja podatkov o temperaturi in koncentraciji CO v komori



Slika 153: Prikaz zajemanja podatkov o temperaturi in koncentraciji CO v komori



Slika 154: Sestanek članov tima za vodenje in usklajevanje projektne skupine



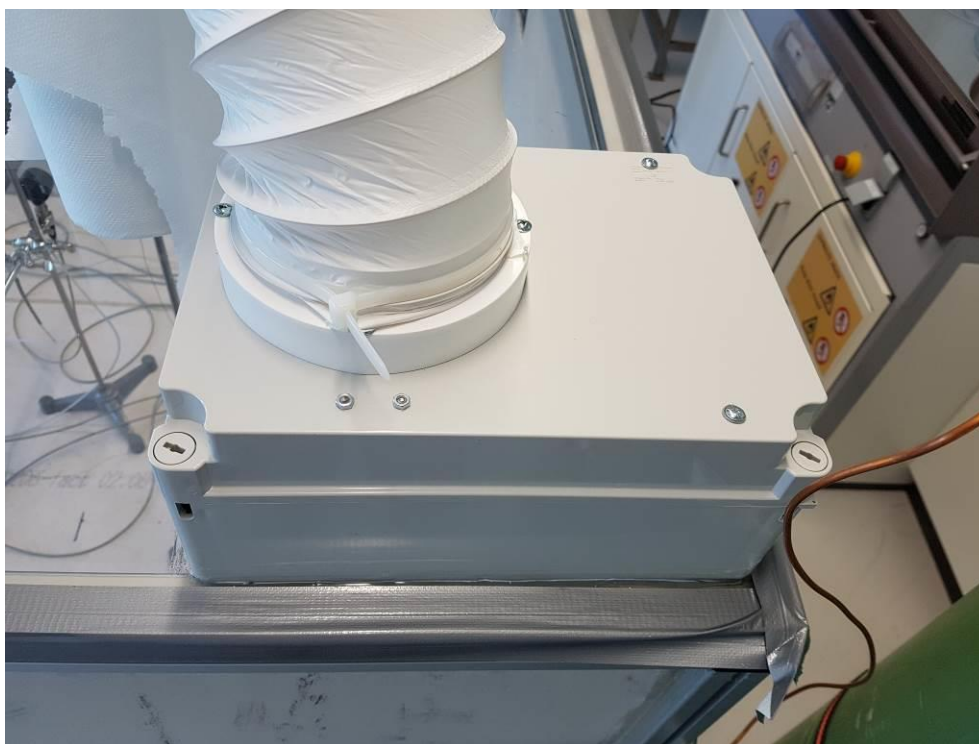
Slika 155: Predstavitev posameznih podfaz projekta



Slika 156: Kontrolni pregledi delovanja komore



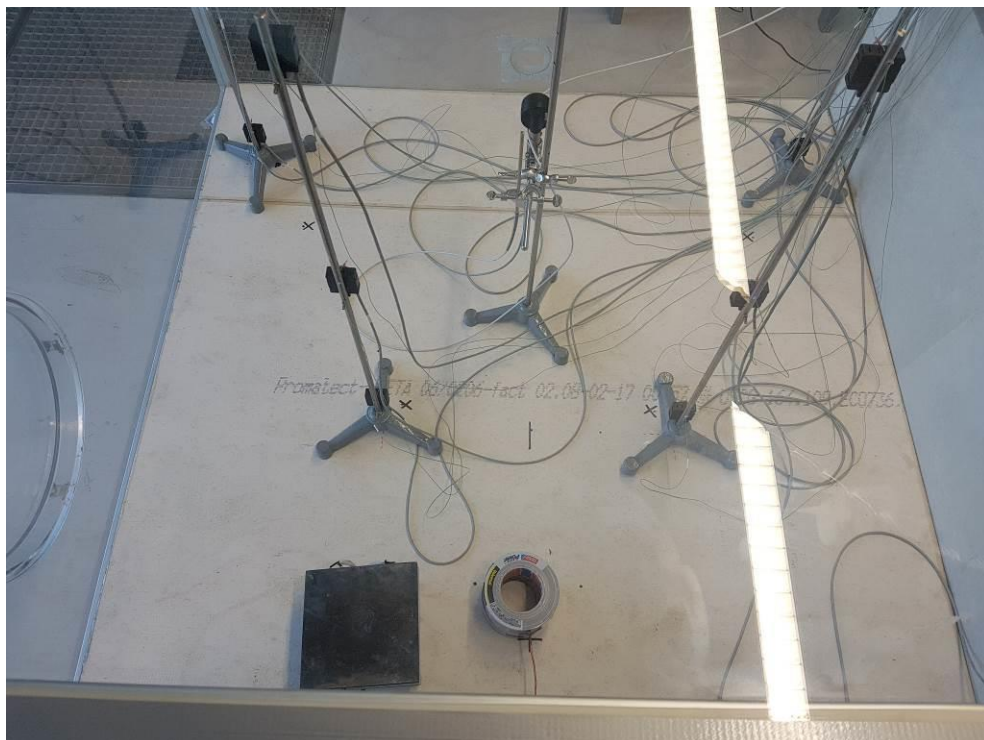
Slika 157: Priklučevanje merilnih instrumentov na računalnik



Slika 158: Ventilator z odvodom dimnih plinov



Slika 159: Tesna komora za izvajanje meritev



Slika 160: Namestitev merilnikov in grelnika

Viri in literatura:

- [1] Varnostni list CO: https://www.boconline.co.uk/internet.lg.lg.gbr/en/images/sg-019-carbon-monoxide-v1.2410_39621.pdf?v=4.0
- [2] Linde AG, Gases & Applications, 2010 Edition, 2009.
- [3] Uredba o izvajanju Uredbe (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006 (Uradni list RS, št. [56/10](#))
- [4] Brvar M, Šarc L, Jamšek M, Grenc D, Finderle Ž. Smernice zdravljenja zastrupitev z ogljikovim monoksidom. Zdrav Vestn 2014; 83: 7–17.
- [5] Brvar M, Jamšek M, Možina M, Horvat M, Gorjup V. Epidemiološki pregled zastrupitev z ogljikovim monoksidom v Ljubljani od 1990 do 1999. Zdrav Vestn 2002; 71: 87-90.
- [6] Roth D, Herkner H, Schreiber W, Hubmann N, Gamper G, Laggner AN, et al. Accuracy of noninvasive multiwave pulse oximetry compared with carboxyhemoglobin from blood gas analysis in unselected emergency department patients. Ann Emerg Med 2011; 58: 74-9.
- [7] Wright J. Chronic and occult carbon monoxide poisoning: we don't know what we're missing. Emerg Med J 2002; 19: 386-90.
- [8] Kanburoglu MK, Cizmeci MN, Akelma AZ. A Rare Cause of Chronic Headache that May Be Misdiagnosed as Migraine: Chronic Carbon Monoxide Poisoning. Turk J Emerg Med 2016; 14: 132-4.
- [9] Bauer I, Pannen BH. Bench-to-bedside review: Carbon monoxide-from mitochondrial poisoning to therapeutic use. Crit Care 2009; 13: 220.
- [10] Yarar C, Yakut A, Akin A, Yildiz B, Dinleyici EC. Analysis of the features of acute carbon monoxide poisoning and hyperbaric oxygen therapy in children. Turk J Pediatr 2008; 50: 235-41.
- [11] Pepe G, Castelli M, Nazerian P, Vanni S, Del Panta M, Gambassi F, et al. Delayed neuropsychological sequelae after carbon monoxide poisoning: predictive risk factors in the Emergency Department. A retrospective study. Scand J Trauma Resusc Emerg Med 2011; 19: 16.
- [12] Trojar J., Oksidacija ogljikovih nanosov na anodnih materialih SOFC gorivnih celic z vodno paro, diplomsko delo. Ljubljana, junij 2011
- [13] Zakon o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1), Uradni list RS, št. 43/2011
- [14] Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti kemičnim snovem pri delu (Uradni list RS, št. 100/01, 39/05, 53/07, 102/10, 43/11 – ZVZD-1 in 38/15.
- [15] Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti rakotvornim in/ali mutagenim snovem, Uradni list RS št. 75/05.
- [16] Praktične smernice za delo z nevarnimi kemičnimi snovmi, Uradni list RS št. 50/2003.
- [17] Zakon o kemikalijah (ZKem), Uradni list RS št. 110/03, 47/04, 61/06 in 16/08.
- [18] Uredba o izvajanju Uredbe (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006 (Uradni list RS, št. [56/10](#))
- [19] Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o kemikalijah (ZKem-C) (Uradni list RS, št. 9/11).
- [20] Praktične smernice za oceno tveganja pri delu z nevarnimi kemičnimi snovmi, Uradni list RS, št. 56/2007
- [21] Pravilnik o zahtevah za vgradnjo kurilnih naprav (Uradni list RS, št. 100/2013)
- [22] Standard SIST EN 50291-1 Električne naprave za odkrivanje ogljikovega monoksida v gospodinjstvih, 1. del: Preskusne metode in zahtevane lastnosti

-
- [23] Standard SIST EN 50292 Električni aparati za zaznavanje ogljikovega monoksida v stanovanjskih prostorih, bivalnih prikolicah in čolnih - Navodilo za izbiro, vgradnjo, uporabo in vzdrževanje
- [24] Lavigne E, Weichenthal S, Wong J, Smith-Doiron M, Dugandzic R, Kosatsky T. Mortality and hospital admission rates for unintentional nonfire-related carbon monoxide poisoning across Canada: a trend analysis. *CMAJ Open* 2015; 3: E223-30.
- [25] Iqbal S, Law HZ, Clower JH, Yip FY, Elixhauser A. Hospital burden of unintentional carbon monoxide poisoning in the United States, 2007. *Am J Emerg Med* 2012; 30: 657-64
- [26] Brvar M, Jamšek M, Možina M, Horvat M, Gorjup V. Epidemiološki pregled zastrupitev z ogljikovim monoksidom v Ljubljani od 1990 do 1999. *Zdrav Vestn* 2002; 71: 87-90
- [27] Brvar M, Bunc M, Ambrožič J, Možina M. Novo neinvazivno diagnosticiranje zastrupitev z ogljikovim monoksidom s pulznim CO-oksometrom. In: Gričar M, Vajd R, ed. *Urgentna medicina: izbrana poglavja. 13 mednarodni simpozij o urgentsni medicini; 2006 jun 14.-17.; Portorož, Slovenija. Ljubljana: Slovensko združenje za urgentno medicino; 2006: 224-6.*
- [28] Zakon o dimnikarskih storitvah (Ur. l. RS, št. 68/2016)
- [29] SZPV 407 Požarna varnost pri načrtovanju, vgradnji in rabi kurilnih in dimovodnih naprav, Izdaja 01/2012: <http://www.szpv.si/wp-content/uploads/2017/05/SZPV-407.pdf>
- [30] Tehnična smernica SZPV 407 Požarna varnost pri načrtovanju, vgradnji in rabi kurilnih in dimovodnih naprav, Izdaja 01/2012: <http://www.szpv.si/wp-content/uploads/2017/05/SZPV-407.pdf>
- [31] Pravilnik o zahtevah za vgradnjo kurilnih naprav (Uradni list RS, št. 100/2013)

KONČNO POROČILO PROJEKTA

Naslov projekta:	Nastajanje ogljikovega monoksida med gorenjem
Kratice projekta:	CO
Številka pogodbe:	MORS 112/2016-JNNV
Vrednost projekta po pogodbi:	23.391,81 € z DDV
Trajanje projekta:	14. 11. 2016 do 10. 10. 2017
Izvajalec:	UL, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
Vodja projekta:	doc. dr. Barbara Novosel
Sodelujoča podjetja:	
Sodelujoče inštitucije znanja:	Slovensko združenje za požarno varstvo UKC, Center za klinično toksikologijo in farmakologijo

1. Predstavitev rezultatov projekta

Predstavite vsebinske rezultate projekta v obliki povzetka, v slovenskem in angleškem jeziku (največ dve A4 strani)!

Povzetek: RR projekt obravnava področje zastrupitev z ogljikovim monoksidom (v nadaljevanju CO), ki nastaja pri gorenju. V okviru RR projekta smo se osredotočili na nenamerne zastrupitve v bivalnem okolju, želeli smo ugotoviti razsežnost zastrupitev s CO v Sloveniji, vire sproščanja CO, zakonsko ureditev v Sloveniji in drugih primerljivih državah ter opravili meritve nastajanja CO pri gorenju različnih goriv (plinastih, tekočih in trdnih) v komori in aparaturi za analizo sproščenih plinov pri termični obremenitvi. Glede na ugotovitve smo predlagali ukrepe za izboljšanje stanja na področju nenamernih zastrupitev s CO v Sloveniji. Pripravili smo tudi gradivo za zgbanko za gospodinjstva in programe izobraževanja/usposabljanja za več različnih ciljnih skupin.

Abstract:

The research project deals with poisoning with carbon monoxide (hereinafter CO), produced by burning. In the framework of the project, we focused on inadvertent poisonings in the living environment, we wanted to determine the extent of poisoning with CO in Slovenia, sources of CO release, Slovenian legislation addressing poisoning with CO and of other comparable countries, and made measurements of CO formation at burning of various fuels (gaseous, liquid and solid) in a chamber and an apparatus for analyzing released gases at a thermal load. Based on the findings, we proposed measures to improve the situation of accidental poisoning with CO in Slovenia. We also prepared materials for households and educational programs for several different target groups.

2. Doseženi rezultati in izdelki projekta

Opišite skladnost doseženih rezultatov in izdelkov projekta z Načrtom izvedbe projekta!

V skladu z NIP so bili doseženi predvideni rezultati.

Pripravili smo osnutek zloženke za ozaveščanje prebivalstva o zastrupitvah s CO in program ozaveščanja za različne ciljne skupine in programe usposabljanja za strokovnjake z različnih področij.

Rezultati raziskave so pokazali, da je število akutnih zastrupitev s CO večje kot kaže uradna statistika, neznan je število oseb, ki so dolgotrajno izpostavljene nizkim koncentracijam CO, saj zdravstvene težave zaradi izpostavljenosti prekomernim koncentracijam CO niso specifične ampak podobne simptomom prehlada, gripe ipd.

Poleg predvidenih rezultatov smo dodatno izvedli meritve v testni komori še pri uporabi goriva bioetanol, ki se ga uporablja pri dekorativnih kaminih. Presenetljivo smo ugotovili povečane količine koncentracije CO. Meritve laboratorijskih preskusov, opravljenih v okviru te RR naloge, kažejo na praktično enako koncentracijo CO v zraku pri gorenju enake količine lesnih peletov in bioetanol.

Rezultati meritve gibanja ogljikovega monoksida po prostoru so bili v skladu s pričakovanji, kar je potrdilo ustreznost priporočil standarda SIST EN 50292 o nameščanju javljanikov CO v bivalnih prostorih. Gibanje CO je torej odvisno vira nastanka in od delovanja termodinamike v prostoru.

Raziskava je pokazala sistemske pomanjkljivosti: nezadostno zavedanje možnosti sproščanja CO v bivalno okolje, pomena pravilne vgradnje in vzdrževanja kurilnih in dimovodnih naprav, nesistematičnega preverjanja prisotnosti CO pri vstopanju prvih posredovalcev v bivalne enote, podajanje nezadostnih informacij pacientov, ki imajo zdravstvene težave, ki bi bile lahko posledica izpostavljenosti CO, zdravstveno osebje v nezadostni meri preveri možnost zastrupitve in nedosledno vodi evidence o zastrupitvah s CO (razen v osrednji slovenski regiji). V zaključku poročila smo predlagali ukrepe za izboljšanje stanja na področju zastrupitev s CO.

Opišite morebitna odstopanja od Načrta izvedbe projekta!

Doseženi rezultati so v skladu z NIP 2.0. Odstopanj ni bilo.

3. Financiranje projekta po letih:

	Vrednost
Leto 1 - (faza 1+2)	12.436,87 € z DDV
Leto 2 –(faza 3)	10.954,94 € z DDV
Leto 3 – faza 4 + 5	/
SKUPAJ:	23.391,81 € z DDV

4. Vrednost projekta glede na:

- stroške osebja,
- materialne stroške,
- stroške svetovanja in drugih storitev,
- dodatne skupne stroške.

	Vrednost
Stroški osebja	18.062,85 €
Materialni stroški	5.328,96 €
Stroški svetovanja in drugih storitev	/
Dodatni skupni stroški	/
SKUPAJ:	23.391,81 € z DDV

5. Vrednost projekta glede na TRL:

- TRL 3
- TRL 4
- TRL 5
- TRL 6

	Vrednost subvencije celotnega projekta
TRL 3 (faza ...)	
TRL 4	
TRL 5	
TRL 6	
SKUPAJ:	

6. Ekonomski učinki projekta na izvajalca projekta ter vpliv projekta na tržni potencial izvajalca

Ekonomske učinke projekta na izvajalca projekta vpišite v spodnjo tabelo!

	Stanje ob začetku projekta	Stanje ob zaključku projekta	Pričakovani učinki projekta po treh letih po zaključku projekta
Število zaposlenih			
Čisti prihodi od prodaje			
Vlaganje v R&R (% od celotnih prihodkov)			
Število zaposlenih v R&R			
Čisti dobiček/izguba			

Opišite sedanje in pričakovane ekonomske učinke projekta na izvajalca projekta, in sicer:

Prihodki od prodaje:

Število zaposlenih:

Vlaganje v R&R:

Število zaposlenih v R&R:

Donosnost poslovanja (čisti dobiček/celotni prihodek):

Ostalo:

Opišite neposredne tehnološke učinke projekta!

Kako bodo uporabljeni rezultati projekta?

Vojaška uporaba: /

Civilna uporaba:

Z distribucijo zloženke o nevarnosti CO in predavanji se lahko izboljša ozaveščanje prebivalstva in strokovnjakov na področju neprofesionalne, nenamerne izpostavljenosti CO in posledic te izpostavljenosti.

Ali so bili rezultat projekta novi patenti ali inovacije? Ne

Ali so bile za potrebe projekta že med potekom projekta potrebne nove zaposlitve? Zaposlitve v R&R? Stopnja izobrazbe? Ne

Ostalo:

Opišite učinke projekta na tržni potencial izvajalca!

Ali so bili razviti novi izdelki, nove tehnološke rešitve?

V okviru RR projekta smo s pomočjo finančnih sredstev Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Ljubljani in donaciji negorljivih plošč (2 kosa plošče dim. plošče 2500 x 1200mm) podjetja Promat d.o.o. izdelali komoro za varno izvedbo predvidenih meritev sproščanja CO pri gorenju različnih goriv. Komoro, ki je nameščena v požarnem laboratoriju na UL FKKT smo opremili s po 12 merilniki temperature in koncentracije CO, ter referenčnima merilnikoma, sistemom zajemanja, spremljanja in vrednotenja podatkov in grelnikom.

Ali je/bo rezultat projekta predmet tržne komercializacije? Kako je projekt doprinesel k tržni komercializaciji?

Ne.

Možnost povečanja tržnega deleža, prodora na nove trge.

Ne

Ostalo:

Poročilo pripravil:

doc. dr. Barbara Novosel, 10/10/2017

(ime in priimek, datum in podpis)

Kazalo slik

Slika 1. Število zastrupitev s CO v Ljubljani in okolici med letoma 2007 in 2016.....	54
Slika 2. Porazdelitev zastrupitev s CO po mesecih.....	55
Slika 3. Število zastrupitev s CO v Ljubljani in okolici med letoma 2007 in 2016 glede na spol.....	55
Slika 4: Aparatura za simultano termično analizo STA 449 F3 Jupiter, ki je preko kvarčne (SiO ₂) kapilare sklopljena s štiripolnim masnim spektrometrom (QMS)	58
Slika 5: Bukova drva in lesni peleti za EGA meritve.....	59
Slika 6: Komora za opravljanje meritev nastajanja in gibanja CO po prostoru, merjenje temperature in ostalih izbranih parametrov pri gorenju različnih goriv pri različnih pogojih	80
Slika 7: Skica stranskega pogleda na ploščo komore s tremi odprtiniami dovoda zraka ($\phi=0,94$ mm).....	80
Slika 8: Elektro-uporovni senzor CO in termočlen tipa K	81
Slika 9: Skica postavitve trinožnih stojal v komori	81
Slika 10: Skica postavitve senzorjev na trinožna stojala (Primer za lokacijo LI)	81
Slika 11: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih zgornje ravnine v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm: zaprt dovod in izključen ventilator	83
Slika 12: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih srednje ravnine v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm - zaprt dovod in izključen ventilator	84
Slika 13: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih spodnje ravnine v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm- zaprt dovod in izključen ventilator	84
Slika 14: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LI v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm- zaprt dovod in izključen ventilator	85
Slika 15: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DI v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm- zaprt dovod in izključen ventilator	85
Slika 16: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LII v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm - zaprt dovod in izključen ventilator.....	86
Slika 17: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DII v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm - zaprt dovod in izključen ventilator.....	86
Slika 18: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih zgornje ravnine v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm: odprt dovod in vključen ventilator	87
Slika 19: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih srednje ravnine v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm - odprt dovod in vključen ventilator	87
Slika 20: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih spodnje ravnine v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm - odprt dovod in vključen ventilator	88
Slika 21: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LI v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm - odprt dovod in vključen ventilator.....	88
Slika 22: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DI v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm - odprt dovod in vključen ventilator.....	89
Slika 23: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LII v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm - odprt dovod in vključen ventilator.....	89
Slika 24: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DII v primeru vpihovanja hladnega CO – 150 ppm - odprt dovod in vključen ventilator.....	89
Slika 25: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih zgornje ravnine v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm: zaprt dovod in izključen ventilator	90
Slika 26: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih srednje ravnine v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm - zaprt dovod in izključen ventilator	90
Slika 27: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih spodnje ravnine v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm- zaprt dovod in izključen ventilator	91

Slika 28: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LI v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm- zaprt dovod in izključen ventilator	91
Slika 29: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DI v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm- zaprt dovod in izključen ventilator	92
Slika 30: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LII v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm - zaprt dovod in izključen ventilator.....	92
Slika 31: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DII v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm - zaprt dovod in izključen ventilator.....	93
Slika 32: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih zgornje ravnine v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm: odprt dovod in vključen ventilator	93
Slika 33: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih srednje ravnine v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm - odprt dovod in vključen ventilator	94
Slika 34: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih spodnje ravnine v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm - odprt dovod in vključen ventilator	94
Slika 35: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LI v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm - odprt dovod in vključen ventilator.....	95
Slika 36: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DI v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm - odprt dovod in vključen ventilator.....	95
Slika 37: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LII v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm - odprt dovod in vključen ventilator.....	96
Slika 38: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DII v primeru vpihovanja hladnega CO – 400 ppm - odprt dovod in vključen ventilator.....	96
Slika 39: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih zgornje ravnine v primeru gorenja lesnih peletov (40 g) - zaprt dovod in izključen ventilator.....	97
Slika 40: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih srednje ravnine v primeru gorenja lesnih peletov (40 g) - zaprt dovod in izključen ventilator.....	97
Slika 41: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih spodnje ravnine v primeru gorenja lesnih peletov (40 g) - zaprt dovod in izključen ventilator.....	98
Slika 42: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LI v primeru gorenja lesnih peletov (40 g)- zaprt dovod in izključen ventilator	98
Slika 43: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DI v primeru gorenja lesnih peletov (40 g)- zaprt dovod in izključen ventilator	99
Slika 44: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LII v primeru gorenja lesnih peletov (40 g)- zaprt dovod in izključen ventilator	99
Slika 45: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DII v primeru gorenja lesnih peletov (40 g)- zaprt dovod in izključen.....	100
Slika 46: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih zgornje ravnine v primeru gorenja lesnih peletov (40 g) - odprt dovod in vključen ventilator.....	100
Slika 47: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih srednje ravnine v primeru gorenja lesnih peletov (40 g) - odprt dovod in vključen ventilator.....	101
Slika 48: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih spodnje ravnine v primeru gorenja lesnih peletov (40 g) - odprt dovod in vključen ventilator.....	101
Slika 49: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LI v primeru gorenja lesnih peletov (40 g)- odprt dovod in vključen ventilator	102
Slika 50: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DI v primeru gorenja lesnih peletov (40 g)- odprt dovod in vključen ventilator	102

Slika 51: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LII v primeru gorenja lesnih peletov (40 g)- odprt dovod in vključen ventilator	103
Slika 52: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DII v primeru gorenja lesnih peletov (40 g)- odprt dovod in vključen ventilator	103
Slika 53: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih zgornje ravnine v primeru gorenja bukovih drv (40 g) - zaprt dovod in izključen ventilator	104
Slika 54: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih srednje ravnine v primeru gorenja bukovih drv (40 g) - zaprt dovod in izključen ventilator	104
Slika 55: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih spodnje ravnine v primeru gorenja bukovih drv (40 g) - zaprt dovod in izključen ventilator	105
Slika 56: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LI v primeru gorenja bukovih drv (40 g)- zaprt dovod in izključen ventilator	105
Slika 57: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DI v primeru gorenja bukovih drv (40 g)- zaprt dovod in izključen ventilator	106
Slika 58: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LII v primeru gorenja bukovih drv (40 g)- zaprt dovod in izključen ventilator	106
Slika 59: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DII v primeru gorenja bukovih drv (40 g)- zaprt dovod in izključen	107
Slika 60: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih zgornje ravnine v primeru bukovih drv (40 g) - odprt dovod in vključen ventilator	107
Slika 61: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih srednje ravnine v primeru gorenja bukovih drv (40 g) - odprt dovod in vključen ventilator	108
Slika 62: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih spodnje ravnine v primeru gorenja bukovih drv (40 g) - odprt dovod in vključen ventilator	108
Slika 63: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LI v primeru gorenja bukovih drv (40 g)- odprt dovod in vključen ventilator	109
Slika 64: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DI v primeru gorenja bukovih drv (40 g)- odprt dovod in vključen ventilator	109
Slika 65: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LII v primeru gorenja bukovih drv (40 g)- odprt dovod in vključen ventilator	110
Slika 66: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DII v primeru gorenja bukovih drv (40 g)- odprt dovod in vključen ventilator	110
Slika 67: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih zgornje ravnine v primeru gorenja bioetanola (40 g) - zaprt dovod in izključen ventilator	111
Slika 68: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih srednje ravnine v primeru gorenja bioetanola (40 g) - zaprt dovod in izključen ventilator	111
Slika 69: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih spodnje ravnine v primeru gorenja bioetanola (40 g) - zaprt dovod in izključen ventilator	112
Slika 70: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LI v primeru gorenja bioetanola (40 g)- zaprt dovod in izključen ventilator	112
Slika 71: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DI v primeru gorenja bioetanola (40 g)- zaprt dovod in izključen ventilator	113
Slika 72: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LII v primeru gorenja bioetanola (40 g)- zaprt dovod in izključen ventilator	113
Slika 73: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DII v primeru gorenja bioetanola (40 g)- zaprt dovod in izključen	114

Slika 74: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih zgornje ravnine v primeru bioetanola (40 g) - odprt dovod in vključen ventilator	114
Slika 75: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih srednje ravnine v primeru gorenja bioetanola (40 g) - odprt dovod in vključen ventilator	115
Slika 76: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih spodnje ravnine v primeru gorenja bioetanola (40 g) - odprt dovod in vključen ventilator	115
Slika 77: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LI v primeru gorenja bioetanola (40 g)- odprt dovod in vključen ventilator	116
Slika 78: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DI v primeru gorenja bioetanola (40 g)- odprt dovod in vključen ventilator	116
Slika 79: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LII v primeru gorenja bioetanola (40 g)- odprt dovod in vključen ventilator	117
Slika 80: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DII v primeru gorenja bioetanola (40 g)- odprt dovod in vključen ventilator	117
Slika 81: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih zgornje ravnine v primeru gorenja propan/butana - zaprt dovod in izključen ventilator	118
Slika 82: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih srednje ravnine v primeru gorenja propan/butana - zaprt dovod in izključen ventilator	118
Slika 83: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih spodnje ravnine v primeru gorenja propan/butana - zaprt dovod in izključen ventilator	119
Slika 84: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LI v primeru gorenja propan/butana - zaprt dovod in izključen ventilator	119
Slika 85: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DI v primeru gorenja propan/butana - zaprt dovod in izključen ventilator	120
Slika 86: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih LII v primeru gorenja propan/butana - zaprt dovod in izključen ventilator	120
Slika 87: Časovna razporeditev CO v merilnih mestih DII v primeru gorenja propan/butana - zaprt dovod in izključen	121
Slika 88: Časovna razporeditev CO v LI_CO_01 v primeru gorenja različnih tipov goriv. Zaprta odprtina in izključen ventilator.	121
Slika 89: Časovna razporeditev CO v LI_CO_03 v primeru gorenja različnih tipov goriv. Zaprta odprtina in izključen ventilator.	122
Slika 90: Časovna razporeditev CO v DI_CO_04 v primeru gorenja različnih tipov goriv. Zaprta odprtina in izključen ventilator.	122
Slika 91: Časovna razporeditev CO v LI_CO_01 v primeru gorenja različnih tipov goriv. Odprta odprtina in vključen ventilator.	123
Slika 92: Časovna razporeditev CO v LI_CO_03 v primeru gorenja različnih tipov goriv. Odprta odprtina in vključen ventilator.	123
Slika 93: Časovna razporeditev CO v DI_CO_04 v primeru gorenja različnih tipov goriv. Odprta odprtina in vključen ventilator.	124
Slika 94: Neustrezna namestitve javljalnika CO[4]	127
Slika 95: Tip javljalnika CO, ki je bil v sistemu RAPEX objavljen že 6x [5]	127
Slika 96: Pulzni karboksioksimeter	142
Slika 97: Geometrija matematičnega modela ter merilna mesta in izvor CO in toplote pri numeričnem modeliranju s programskim orodjem FDS in Pyrosim	145
Slika 98: Skica stranskega pogleda na ploščo komore s tremi odprtinami dovoda zraka ($\phi=9.4$ cm)	148
Slika 99: Skica postavitve trinožnih stojal v komori	149

Slika 100: Skica postavitve senzorjev po višini v simulaciji (primer za lokacijo LI)	149
Slika 101: Porazdelitev CO pri točkovnem vpihu CO brez izvora toplote (6 l/h 150 ppm) pri času 3600 s.....	153
Slika 102: Časovno spreminjanje koncentracije CO za merilna mesta na mestu LI v primeru absolutno zaprtega prostora (Z).....	153
Slika 103: Časovno spreminjanje koncentracije CO za merilna mesta na mestu LII v primeru absolutno zaprtega prostora (Z) in vpihu segretega CO 6 l/h 150 ppm	154
Slika 104: Časovno spreminjanje koncentracije CO za merilni mesti LI_3 in LII_9 v primeru absolutno zaprtega prostora (Z) in vpihu segretega CO 6 l/h 150 ppm	154
Slika 105: Časovno spreminjanje koncentracije CO za merilni mesti LI_1 in LII_7 v primeru absolutno zaprtega prostora (Z) in vpihu segretega CO 6 l/h 150 ppm	155
Slika 106: Časovno spreminjanje koncentracije CO za merilni mesti LI_1 in DII_4 v primeru absolutno zaprtega prostora (Z) in vpihu segretega CO 6 l/h 150 ppm	155
Slika 107: Časovno spreminjanje koncentracije CO za merilno mesto LI_1v primeru absolutno zaprtega prostora (Z) in pa odprte odprtine 2 (O) in vpihu segretega CO 6 l/h 150 ppm	156
Slika 108: Časovno spreminjanje koncentracije CO za merilno mesto LII_8v primeru absolutno zaprtega prostora (Z) in pa odprte odprtine 2 (O) in vpihu segretega CO 6 l/h 150 ppm	156
Slika 109: Vpliv odprtine 2 na razpored CO po prostoru pri vpihu segretega CO 6 l/h 150 ppm	161
Slika 110: Časovna spreminjanje koncentracije CO na merilnem mestu LI_1 za dve različni količini vpihanega CO, to je 150 in 1500 ppm	161
Slika 111: Časovna spreminjanje koncentracije CO na merilnem mestu LII_9 za dve različni količini vpihanega CO, to je 150 in 1500 ppm	162
Slika 112: Časovno spreminjanje koeficienta CO[1500ppm]/CO[150ppm] za merilni mesti LI_1 in LII_9 in sicer v primeru zaprtega prostora (Z)	162
Slika 113: Časovno spreminjanje koeficienta CO[1500ppm]/CO[150ppm] za merilni mesti LI_1 in LI_3 in sicer v primeru zaprtega prostora (Z)	163
Slika 114: Časovna porazdelitev CO (150 ppm in 2000 l/h) brez izvora toplote in sicer v zgornji ravnini merilnih mest v primeru zaprte (Z) komore	163
Slika 115: Časovna porazdelitev CO (150 ppm in 2000 l/h) brez izvora toplote in sicer v na mestu LI v primeru zaprte (Z) komore	164
Slika 116: Časovna porazdelitev CO (150 ppm in 2000 l/h) brez izvora toplote in sicer v zgornji ravnini merilnih mest v primeru odprte (OV) komore	164
Slika 117: Časovna porazdelitev CO (150 ppm in 2000 l/h) brez izvora toplote in sicer v na mestu LI v primeru odprte (OV) komore	165
Slika 118: Primerjava časovne razporeditve CO (150 ppm in 2000 l/h) na merilnem mestu LI_01 in sicer za zaprto (Z) in odprto (OV) komoro.....	165
Slika 119: Časovna razporeditev CO na zgornjih merilnih mestih pri gorenju 40 g sušenih bukovih sekancev v primeru zaprte (Z) komore	170
Slika 120: Časovna razporeditev CO na merilnih mestih pozicije LI pri gorenju 40 g sušenih bukovih sekancev v primeru zaprte (Z) komore	171
Slika 121: Časovna razporeditev CO na zgornjih merilnih mestih pri gorenju 40 g sušenih bukovih sekancev v primeru odprte komore in delujočega ventilatorja (OV)	171
Slika 122: Časovna razporeditev CO na merilnih mestih pozicije LI pri gorenju 40 g sušenih bukovih sekancev v primeru odprte komore in delujočega ventilatorja (OV)	172
Slika 123: Časovna razporeditev CO na merilnem mestu LI_01 pri gorenju 40 g sušenih bukovih sekancev v primeru zaprte (Z) in odprte (OV) komore.....	172
Slika 124: Časovna razporeditev CO na zgornjih merilnih mestih pri gorenju 40 g bioetanola v primeru zaprte (Z) komore	176

Slika 125: Časovna razporeditev CO na merilnih mestih pozicije DI pri gorenju 40 g bioetanola v primeru zaprte (Z) komore	176
Slika 126: Časovna razporeditev CO na zgornjih merilnih mestih pri gorenju 40 g bioetanola v primeru odprte (OV) komore	177
Slika 127: Časovna razporeditev CO na merilnih mestih pozicije DI pri gorenju 40 g bioetanola v primeru odprte (OV) komore	177
Slika 128: Časovna razporeditev CO na merilnem mestu LI_01 pri gorenju 40 bioetanola v primeru zaprte (Z) in odprte (OV) komore	178
Slika 129: Časovna razporeditev CO na zgornjih merilnih mestih pri gorenju propana v primeru zaprte (Z) komore	178
Slika 130: Časovna razporeditev CO na merilnih mestih pozicije LI pri gorenju propana v primeru zaprte (Z) komore	179
Slika 131: Časovna razporeditev CO na zgornjih merilnih mestih pri gorenju propana v primeru odprte (OV) komore	179
Slika 132: Časovna razporeditev CO na merilnih mestih pozicije LI pri gorenju propana v primeru odprte (OV) komore	180
Slika 133: Časovna razporeditev CO na merilnem mestu LI_01 pri gorenju propana v primeru zaprte (Z) in odprte (OV) komore	180
Slika 134: Časovna razporeditev koncentracije CO za različna goriva v primeru zaprte komore za merilno mesto DI_04	182
Slika 135: Časovna razporeditev koncentracije CO za različna goriva v primeru odprte komore za merilno mesto DI_04	182
Slika 136: Piktogrami za nevarnost	187
Slika 137: Boudouardovo ravnotežje	190
Slika 138: Piktogrami za nevarnost	211
Slika 139: Boudouardovo ravnotežje	214
Slika 140: Pulzni karboksioksimeter	219
Slika 141: Tesna komora za izvajanje meritev	221
Slika 142: Namestitev merilnikov in grelnika	221
Slika 143: Priključitev merilnikov na računalnik	221
Slika 144: Računalniška obdelava podatkov.....	221
Slika 145: Porazdelitev CO pri točkovnem vpihu CO brez izvora toplote (6 l/h 150 ppm) pri času 3600 s.....	222
Slika 146: Grafični prikaz gibanja toplega oziroma vročega vpihovanega CO po prostoru.....	222
Slika 147: Člani projektne skupine na delovnem sestanku	235
Slika 148: Bukova drva in lesni peleti za EGA meritve	235
Slika 149: Aparatura za simultano termično analizo STA 449 F3 Jupiter	235
Slika 150: Pregled vmesnih faz projekta s strani naročnika	236
Slika 151: Predstavitev izvajanja EGA meritev	237
Slika 152: Prikaz zajemanja podatkov o temperaturi in koncentraciji CO v komori	237
Slika 153: Prikaz zajemanja podatkov o temperaturi in koncentraciji CO v komori	237
Slika 154: Sestanek članov tima za vodenje in usklajevanje projektne skupine	238
Slika 155: Predstavitev posameznih podfaz projekta.....	238
Slika 156: Kontrolni pregledi delovanja komore	238
Slika 157: Priključevanje merilnih instrumentov na računalnik	239
Slika 158: Ventilator z odvodom dimnih plinov	239
Slika 159: Tesna komora za izvajanje meritev.....	240
Slika 160: Namestitev merilnikov in grelnika	240

Kazalo tabel

Tabela 1: Scenariji pri gorenju zemeljskega plina (O-odprto, Z-zaprto, P-predhodno premešani plamen, D-difuzijski plamen)	49
Tabela 2: Scenariji pri gorenju lesnih peletov (O-odprto, Z-zaprto).....	50
Tabela 3: Scenariji pri gorenju bukovih drv (O-odprto, Z-zaprto)	50
Tabela 4. Število zastrupitev s CO v Ljubljani in okolici med letoma 2007 in 2016 glede na okoliščine	56
Tabela 5: Seznam izvedenih meritev z navedbo vzorca in pogojev pri EGA analizi	61
Tabela 6: Podatki o količini sproščenih plinov pri termični obdelavi vzorca bukov les in peleti iglavcev v različnih atmosferah.....	77
Tabela 7: Smrtne žrtve zaradi CO	139
Tabela 8: Smrtne žrtve zaradi CO	140
Tabela 9: Kasne nevropsihološke posledice zastrupitve z ogljikovim monoksidom [8].....	141
Tabela 10: Sekvenčno zaporedje ravnine ($X_{os}=0,8$ m) s koncentracijami CO za popolnoma zaprto in odprto komoro vpihu segretega CO 6 l/h 150 ppm	157
Tabela 11: Točkovni vpih CO (150 ppm in 2000 l/h) brez izvora toplote – sekvence slik pri različnih časih v primeru zaprte komore	166
Tabela 12: Primerjava razporeda CO po preseku komore v primeru zaprte (Z) in odprte (OV) komore v primeru vpiha hladnega CO (2000 l/h 150 ppm).....	167
Tabela 13: Primerjava razporeda CO po preseku komore v primeru zaprte (Z) in odprte (OV) komore v primeru vpiha hladnega CO (2000 l/h 400 ppm).....	168
Tabela 14: Primerjava razporeda CO po preseku komore v primeru odprte (OV) komore v primeru vpiha hladnega CO (2000 l/h 150 in 400 ppm)	169
Tabela 15: Sekvenčno zaporedje ravnine ($X_{os}=0,8$ m) s koncentracijami CO za popolnoma zaprto (Z) in odprto komoro (OV) v primeru gorenja 40 g suhih bukovih sekancev	173
Tabela 16: Časovna porazdelitev CO po prostoru komore pri gorenju 40 g bioetanola.....	174
Tabela 17: Sekvenčno zaporedje ravnine ($X_{os}=0,8$ m) s koncentracijami CO za popolnoma zaprto (Z) in odprto komoro (OV) v primeru gorenja propana.....	180
Tabela 18: Fizikalno-kemijske lastnosti CO [1, 2]	186
Tabela 19: Znaki zastrupitev z ogljikovim monoksidom glede na stopnjo zastrupitve	188
Tabela 20: Kasne nevropsihološke posledice zastrupitve z ogljikovim monoksidom [11].....	189
Tabela 21: Podatki Boudouardovega ravnotežja [12]	190
Tabela 22: Fizikalno-kemijske lastnosti CO [1, 2]	210
Tabela 23: Sestava in molekulske ali atomske mase nekaterih komponent zraka	211
Tabela 24: Kasne nevropsihološke posledice zastrupitve z ogljikovim monoksidom [11].....	213
Tabela 25: Podatki Boudouardovega ravnotežja [12]	214

Kazalo Diagramov

Diagram 1: TG/DTA/DTG sample _Bukov_les_Ar-O2 20 %	62
Diagram 2: TG/QMS sample _Bukov_les_Ar-O2 20 %	63
Diagram 3: TG/DTA/DTG sample _Bukov_les_Ar-O2 17 %	64
Diagram 4: TG/QMS sample _Bukov_les_Ar-O2 17 %	64
Diagram 5: TG/DTA/DTG sample _Bukov_les_Ar	65
Diagram 6: TG/QMS sample _Bukov_les_Ar	66
Diagram 7: TG/DTA/DTG sample _Peleti_Ar-O2 20 %	67
Diagram 8: TG/QMS sample _Peleti_Ar-O2 20 %	67
Diagram 9: TG/DTA/DTG sample _Peleti_Ar-O2 17%	68
Diagram 10: TG/QMS sample _Peleti_Ar-O2 17%	69
Diagram 11: TG/DTA/DTG sample _Peleti_Ar	70
Diagram 12: TG/QMS sample _Peleti_Ar	70
Diagram 13: Intenzitete kisika pri EGA meritvah v različnih atmosferah	71
Diagram 14: Razpad suhega bukovega lesa v različnih atmosferah	72
Diagram 15: Razpad peletov iglavcev v različnih atmosferah	72
Diagram 16: Primerjava masnih sprememb pri termičnem razkroju bukovega lesa in peletov iglavcev v različnih atmosferah	73
Diagram 17: Primerjava toplotnih sprememb pri termičnem razkroju bukovega lesa in peletov iglavcev v različnih atmosferah	74
Diagram 18: Sproščanje vode pri EGA meritvah vzorca bukovega lesa v različnih atmosferah	74
Diagram 19: Sproščanje vode pri EGA meritvah vzorca Peleti iglavcev v različnih atmosferah	75
Diagram 20: Nastajanje ogljikovega dioksida pri vzorcu bukov les in peleti v različnih atmosferah	76
Diagram 21: Nastajanje ogljikovega oksida pri vzorcu bukov les v različnih atmosferah	76
Diagram 22: Nastajanje ogljikovega oksida pri vzorcu Peleti iglavcev v različnih atmosferah	77