

# KeepWarm

*Ekološka održivost  
primene biomase u  
toplanama Republike  
Srbije*



This project is funded by the EU's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement N°784966, and lasts from April 2018 – September 2020.



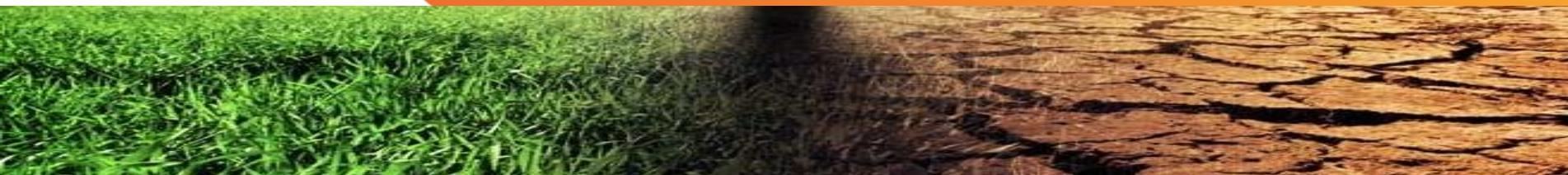
This project receives co-funding from the German Federal Ministry of Economic Cooperation and Development.



# Ekološki problemi



# Ekološka efikasnost



- **Biomasa se deklariše kao ekološko gorivo.**
- Hemijski sastav biomase vrlo povoljan, pa kao alternativno gorivo značajno manje zagađuje životnu sredinu od konvencionalnih energenata.
- Biomasa ne stvara efekat staklene bašte, tj. koliko se ugljendioksida sagorevanjem proizvede, toliko se asimilira pri rastu biljaka.
- U biomasi nema sumpora ili se nalazi u tragovima.
- Sagorevanjem biomase ne stvara se velika količina azotnih oksida.
- Pepeo od biomase ne zagađuje zemljište, vodu, floru i faunu, a može da se koristi i kao mineralno đubrivo, pod uslovom da se izdvoji lebdeći pepeo iz izduvnog trakta postrojenja koji može da sadrži teške metale koji su štetni po okolini.

# Ekološka efikasnost

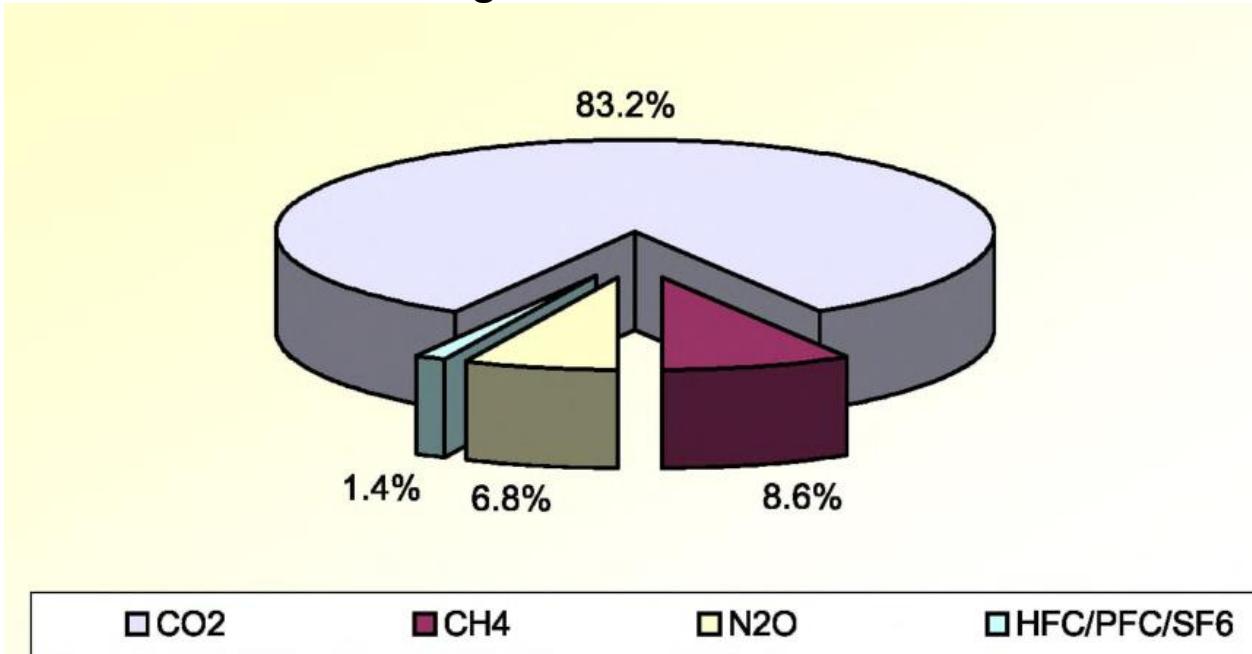
## Međutim, treba biti oprezan

- Treba posebno voditi računa o udelu poljoprivredne biomase koji se koristi za energetske svrhe, prvenstveno zbog smanjenje **sadržaja organske materije u zemljištu** (sabijanje zemljišta, zauzimanje tj. prenamena poljoprivrednog zemljišta u neke druge svrhe, zagađenje zemljišta).
- Proređivanje šuma - voditi računa o nadoknadi (**pošumljavanju**) posečenih stabala.
- Temperature sagorevanja moraju da se održavaju na nižim vrednostima zbog eventualnog **topljenja pepela**.
- Prilikom sagorevanja biomase **ugljenmonoksid** može da se pojavi u većim količinama pri sagorevanju biomase (zbog nekih tehničkih nedostataka postrojenja ili usled nestručnog rukovanja).
- kod postrojenja sa klasičnom tehnologijom sagorevanja mogu se pojaviti kritične količine **oksida azota** (i pri sagorevanju agro biomase zbog velikog sadržaja N u gorivu).
- U nekim slučajevima u postrojenjima za sagorevanje može doći i do pojave hlornih jedinjenja i cikličnih ugljovodonika (dioksana, furana i poliaromatskih ugljovodonika – **PAH** jedinjenja).

# Gasovi staklene bašte

Najzastupljeniji gasovi staklene bašte su: ugljendioksid  $\text{CO}_2$ , metan  $\text{CH}_4$ , azotsuboksid  $\text{N}_2\text{O}$  i perfluorkarbonati HFC/PFC/SF6.

Struktura gasova staklene bašte



- Najzastupljeniji gas staklene bašte je ugljendioksid koji je u atmosferi zastupljen sa samo 370 ppm, odnosno čini 0,037% zemljine atmosfere.
- Koncentracija ugljendioksida u vazduhu porasla je 31% u odnosu na 1750. godinu.
- Oko 98% emisije ugljendioksida potiče od sagorevanja fosilnih goriva.

# Kjoto protokol

## Kyoto Protocol

- Japan, Kjoto, 11. XII 1997.
- Kriterijumi za stupanje na snagu:
  - min 55 država
  - min 55% zagađenja
- Stupio na snagu:
  - 16. II 2005. god.
- Važi do:
  - 2012. god.

Obaveza: od 2008. do 2012. smanjiti svoje emisije gasova da budu za oko 5% manje u odnosu na 1990. godinu.

- Srbija ratifikovala Kjoto protokol 24. IX 2007. god
- Amandman iz Dohe u decembru 2012. godine
  - Smanjiti emisije gasova za najmanje 18 posto ispod nivoa iz 1990. godine tokom perioda 2013 – 2020. godina.

Izmene iz Dohe još uvek nisu stupile na snagu.



# Mnogo se očekivalo od Samita u Kopenhagenu (7-18.12.2009)



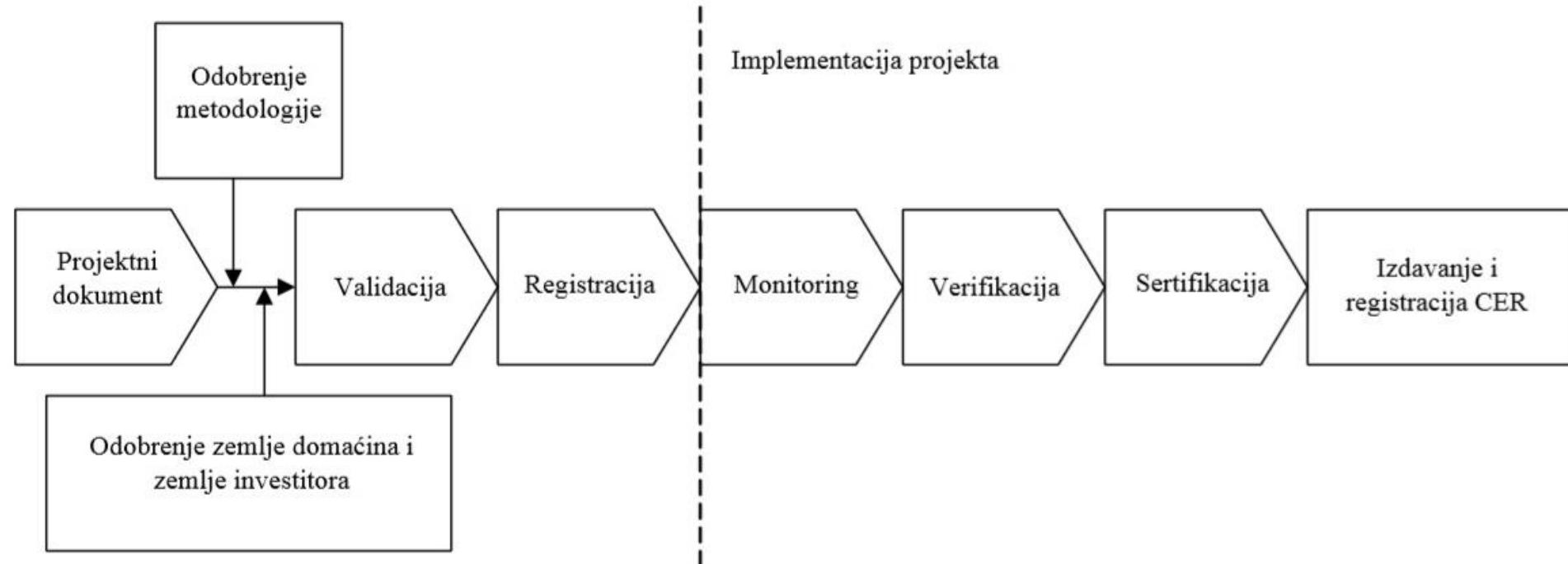


- Najveći deo energije u daljinskim sistemima grejanja, kako u svetu tako i kod nas, obezbeđuje se upotrebom fosilnih goriva (naftni derivati, ugalj i prirodni gas).
- Razloge treba tražiti u njihovoј dostupnosti i primenljivosti, razvijenim tehnologijama, dosadašnjoj relativno niskoj ceni, ali i uticaju ponekad snažnih interesnih grupa.
- Srbija ima značajan potencijal u obnovljivim izvorima energije koji je još uvek nedovoljno iskorišćen.
- Vlade Republike Srbije je prihvatile odluku Ministarskog saveta Energetske zajednice o promociji obnovljive energije i postavila Direktivu 2009/28/EC o obnovljivim izvorima energije.
- Ovom odlukom Republici Srbiji je postavljen ambiciozni cilj da poveća učešće obnovljive energije u ukupnoj potrošnji finalne energije na 27% u 2020. godini sa 21,2% u referentnoj 2009. godini.
- Najveći udeo mogla bi imati biomasa, od koje bi se moglo proizvoditi oko četvrtine ukupne energije.
- Biomasa u svom čvrstom i tečnom obliku predstavlja najznačajniji obnovljiv izvor energije u Srbiji (66% obnovljivih izvora energije).

- ❖ Mehanizam čistog razvoja - CDM (engl. clean development mechanism) je ključna komponenta protokola iz Kjota, koji predstavlja pravno obavezujući globalni sporazum u borbi protiv klimatskih promena, kroz smanjenje emisije gasova koji doprinose efektu staklene bašte.
- ❖ CDM obuhvata investiranje i transfer čistih tehnologija iz zemalja Aneksa I u zemlje van Aneksa I u zamenu za jedinice sertifikovanog smanjenja emisije CER.
- ❖ CER kao jedinica sertifikovanog smanjenja emisije GHG jeste tržišni finansijski instrument i ima svoju novčanu vrednost na međunarodnom tržištu.
- ❖ CDM ima dvostruku svrhu.
  - S jedne strane on omogućuje najrazvijenijim industrijskim zemljama sveta (zemlje Aneksa I) da ispunе obaveze u pogledu smanjenja emisije GHG na ekonomičan način.
  - S druge strane, prodavci, zemlje van Aneksa I na ovaj način postižu održivi razvoj i doprinose globalnom smanjenju emisije GHG uz koristi od transfera savremenih tehnologija, novih investicija, unapređenja proizvodnje i lokalnog održivog razvoja.

# CDM projektni ciklus

- ❖ Sertifikate o redukciji emisije GHG danas izdaje jedino Izvršni odbor mehanizma održivog razvoja pri Ujedinjenim Nacijama (UN CDM EB – United Nations Clean Development Mechanism Executive Board), i da bi se došlo do CER potrebno je proći određenu proceduru.
- ❖ CDM projekti obuhvataju različite oblasti kao što su: obnovljiva energija, iskorišćenje biomase, biogas, biogoriva, energetska efikasnost, prelaz sa goriva na gorivo itd., ali imaju jasno definisane faze i korake.



90% registrovanih CDM projekata u svetu realizuje u Indiji, Kini, Brazilu i Meksiku.

Do sada je u svetu izdato preko 1.973.000.000 CER sertifikata (<http://cdm.unfccc.int>)

# Ekološka održivost proizvodnje poljoprivredne biomase u Srbiji

Biomasa se koristi, u prvom redu, u cilju zamene fosilnih izvora energije, kao i zbog manje emisije štetnih gasova u odnosu na klasične energetske resurse.

Emisija CO<sub>2</sub> tokom životnog ciklusa iz postrojenja koja koriste biomasu za proizvodnju električne energije

Tip biomase	Min. (g CO <sub>2</sub> /kWh)	Max. (g CO <sub>2</sub> /kWh)	Min. (t CO <sub>2</sub> /TJ)	Max. (t CO <sub>2</sub> /TJ)
Poljoprivredni ostaci	67	845	19	237
Energetski zasadi	17	1086	5	304
Biomasa iz šumarstva	10	82	3	23
Biomasa iz industrije	7	66	2	18

Pored manje emisije štetnih gasova, pozitivan efekat korišćenja biomase iz prerađnih kapaciteta (klanice, mlekare, šećerane i sl.) se dodatno ispoljava i u sprečavanju zagađenja okoline.

# Koeficijent emisije CO<sub>2</sub>

Koeficijent emisije ugljendioksida različitih goriva



Gorivo	Emisija (kg CO <sub>2</sub> /GJ)
Biomasa	109,6
Treset	106,0
Kameni ugalj	101,2
Mrki ugalj	97,1
Lignite	96,4
Dizel	77,4
Sirova nafta	74,1
Kerozin	73,3
Benzin	71,5
Tečni naftni gas	63,1
Prirodni gas	56,1

# Potencijali uštede u trajnoj emisiji CO<sub>2</sub> korišćenjem poljoprivredne biomase u energetske svrhe



Od ukupne količine biomase iz ostataka poljoprivredne proizvodnje namenjene za toplotne svrhe (nešto preko 3 miliona tona) može da se uštedi ekvivalentna količina od oko  $1,317 \cdot 10^6$  tona lakog ulja za loženje.

Identična masa dizel goriva koristi se u celokupnoj poljoprivrednoj proizvodnji u Srbiji.

Količina tečnog fosilnog goriva koja se može zameniti raspoloživom poljoprivrednom biomasom u Srbiji  $1,317 \cdot 10^6$  t

Toplotna moć 41 MJ/kg

Ukupna toplotna energija koja se može dobiti sagorevanjem ove količine lož-ulja 52000 TJ

Koeficijent emisije CO<sub>2</sub> 74.1 t/TJ

**Količina CO<sub>2</sub> koju emituje fosilno gorivo a može se neutralisati sagorevanjem poljoprivredne biomase 3,95 Mt**

**Pregled mogućnosti uštede u emisiji CO<sub>2</sub> kod toplana koje su predmet aktivnosti KeepWarm projekta.**

DHS Network	Fuel	Energy input, TJ	Conversion factor (t/TJ)	CO2 emissions in tons
Bajina Bašta	Oil	38.712	77.40	2996
	Sub-Bituminous Coal	18.29	96.10	1758
Majdanpek	Oil	110.10	77.4	8521
Nova Varoš	Oil	35.56	77.4	2753
	Biomass	1.81	-	0
Pirot	Oil	112.05	77.40	8673
Šabac	Gas	230.34	56.10	12922
Valjevo	Oil	155.48	77.40	11718

Dati su usrednjeni podaci za period 2013-2017. god.

- Treba voditi računa o udelu poljoprivredne biomase koji se koristi za energetske svrhe, prvenstveno zbog smanjenje **sadržaja organske materije u zemljištu**.
- Pri nekim uslovima **ugljenmonoksid** može da se pojavi u većim količinama pri sagorevanju biomase.
- Mogu se pojaviti kritične količine **oksida azota** (inaročito pri sagorevanju agro biomase zbog velikog sadržaja N u gorivu).
- U nekim slučajevima u postrojenjima za sagorevanje može doći i do pojave hlornih jedinjenja i cikličnih ugljovodonika (dioksana, furana i poliaromatskih ugljovodonika – **PAH** jedinjenja).

# Ekološka održivost proizvodnje / potrošnje drvne biomase u Srbiji



# Ekološka održivost proizvodnje drvne biomase u Srbiji

- Ekološka održivost proizvodnje drvne biomase u najvećoj meri je zavisna od održivog korišćenja šumskih resursa u Srbiji.
- Održivo korišćenje šumskih resursa predstavlja jedan od najvažnijih principa njihovog gazdovanja.
- Pod okriljem Ujedinjenih Nacija kao i drugih procesa u Evropi kao što su MCPFE (Ministerial Conference for Protection of Forests in Europe) definisane su liste indikatora na osnovu kojih se prati i analizira stanje šumskih resursa i njihovo korišćenje.
- Ovakve vrste analiza vrše se u kontinuitetu i ukazuju na promene, njihov uzrok i značaj za stanje resursa.
- **Šumski resursi jesu obnovljiv, ali ne i neiscrpan izvor energije** ukoliko se ne vodi računa o intenzitetu njihovog korišćenja.
- Jedan od načina sagledavanja održivog korišćenja šumskih resursa predstavlja analiza odnosa dostignutog nivoa korišćenja postojećih šumskih potencijala i potrošnje drvne biomase u Srbiji.

# Ekološka održivost proizvodnje drvne biomase u Srbiji

- Kada su u pitanju bilansi gasova sa efektima staklene bašte, proizvodnja energije iz drvne biomase daje pozitivan doprinos smanjenju emisija takvih gasova.
- Zamenom fosilnih goriva sa drvnim biomasom količina emitovanog CO<sub>2</sub> se smanjuje.

## Kogeneracija u termoelektranama

- Mešavina od 15% drvne biomase i 85% uglja smanjuje emisiju CO<sub>2e</sub> za 14,1%, odnosno za 141 kg CO<sub>2e</sub> za 1 MWh proizvedene električne energije
- Uoliko bi se 100.000 tona drvne biomase iskoristilo u termoelektranama, emisija gasova sa efektom staklene bašte bi bila za 200.000 t manja nego kada se koristi samo ugalj (First Biennial Update Report, 2016).

# Emisije štetnih materija



# Azotni oksidi



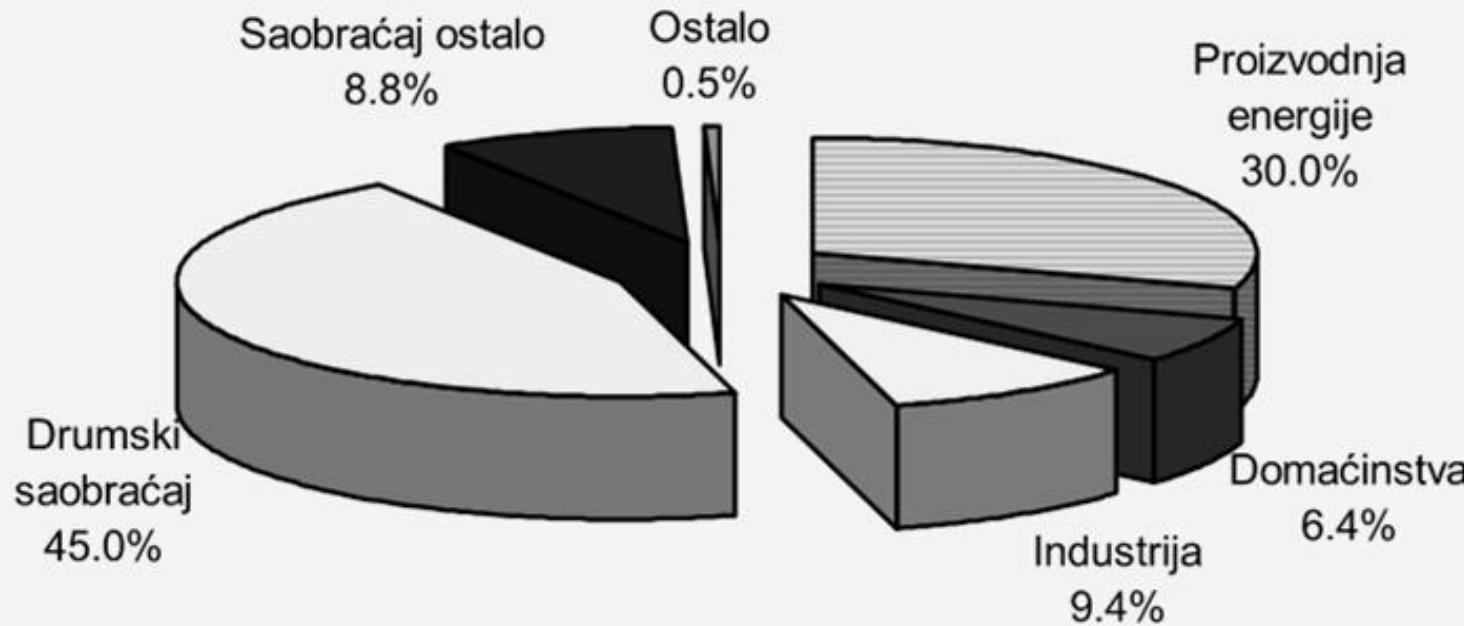
- Biomasa, kao i svako drugo gorivo, pri sagorevanju emituje izvesne polutante, od kojih su **azotni oksidi posebno problematični**.
- Njihov negativan efekat je višestruk i to pre svega u formirajući foto hemijskog smoga, prizemnog ozona, kiselih kiša, pogoršanja vidljivosti, oštećenja prirodnih ekosistema i useva, kao i zbog formiraju otrovnih i iritirajućih hemikalija u atmosferi koje uzrokuju respiratorne zdravstvene probleme.
- Među oksidima azota identifikovanim u atmosferi, azot monoksid ( $\text{NO}$ ) i azot dioksid ( $\text{NO}_2$ ) su najdominantniji zagađivači.
- Preko 90% oksida azota emitovanih u procesu sagorevanja čini  $\text{NO}$ , dok ostatak čine  $\text{NO}_2$  i  $\text{N}_2\text{O}$ , pri čemu je  $\text{N}_2\text{O}$  emitovan u procesima sagorevanja zanemarljiv u odnosu na  $\text{NO}$  i  $\text{NO}_2$  i ne podleže zakonskim ograničenjima.
- $\text{NO}$  se u atmosferi konvertuje u  $\text{NO}_2$  pa propisi iz oblasti zaštite životne sredine tretiraju sve okside azota kao  $\text{NO}_2$

# Emisija NOx

Sagorevanje  
fosilnih  
goriva  
42.4%



## Struktura porekla NOx



## Struktura NOx nastalog kao posledica ljudskih aktivnosti

# Koeficijenti emisije NOx po jedinici proizvedene energije

Energent	Emisija g NOx/GJ
Ugalj	
Široka potrošnja	1.5
Industrija	1.5
Toplana	1.5
Mazut	
Široka potrošnja	0.6
Industrija	0.6
Toplana	0.6
Prirodni gas	
Široka potrošnja	0.1
Industrija	0.1
Toplana	0.1
Ogrevno drvo	
Široka potrošnja	<b>3.2</b>
Industrija	<b>3.2</b>
Toplana	<b>3.2</b>

Posmatrano po energentima najveći doprinos emisiji NOx potiče od sagorevanja ogrevnog drveta, što se objašnjava hemijskim sastavom drvne biomase u čijem se sastavu nalazi azot pa je mehanizam oksidacije azota iz goriva značajan emitent oksida azota.

Takođe uzrok je i u načinu odvijanja procesa sagorevanja biomase.

Mogućnost dobrog mešanja goriva sa vazduhom sprečava stvaranje zona bogate smeše, koja stimuliše promptni mehanizam.

# Emisija čestica

Koliko će se čestica emitovati u atmosferu zavisi pre svega od vrste korišćenog energenta, a zatim i od sektora upotrebe, što uslovjava režim sagorevanja, postojanje filtera itd.

Postrojenja u industriji obično ne rade sa optimalnim opterećenjem, često menjaju opterećenje, ili se gase, pa sve to utiče na porast emisije.

Generalno, sa stanovišta emisije čestica najpovoljnije je korišćenje prirodnog gasa, a najnepovoljnije korišćenje čvrstih goriva, u prvom redu uglja.

Koeficijenti emisije čestica po jedinici proizvedene energije

Energent	Emisija g čestica/GJ
Ugalj	
Široka potrošnja	400
Industrija	180
Toplana	120
Mazut	
Široka potrošnja	2
Industrija	30
Toplana	1
Prirodni gas	
Široka potrošnja	0
Industrija	0
Toplana	0
Ogrevno drvo	
Široka potrošnja	200
Industrija	90
Toplana	60

# Granične vrednosti emisije za ložišta na biomasu

Granične vrednosti emisije (GVE) za mala postrojenja za sagorevanje čvrstog goriva (Uredba, "Sl. glasnik R.Srbije", br. 71/2010)

Parametar	Vrednost
Dimni broj	< 1
Ugljen monoksid, CO (500 kW do 1 MW)	1.000 mg/ <sub>N</sub> m <sup>3</sup>
Oksidi azota, kao NO <sub>2</sub> (100 kW do 1 MW)	250 mg/ <sub>N</sub> m <sup>3</sup>
Zapreminska udeo O <sub>2</sub> (ostala čvrsta goriva (biomasa))	13%
Dozvoljeni gubici toplove (50 kW do 1 MW)	12%

Granične vrednosti dozvoljenih emisija (GVE) pri sagorevanju biogoriva u čvrstom stanju u Nemačkoj

Snaga postrojenja	Referentna količina  Vol. %O <sub>2</sub>	Ograničenje emisije			
		CO (eg)	Ukupni C (b)	NO <sub>2</sub> (cn)	Prašina
		g/ <sub>N</sub> m <sup>3</sup>	mg/ <sub>N</sub> m <sup>3</sup>	mg/ <sub>N</sub> m <sup>3</sup>	mg/ <sub>N</sub> m <sup>3</sup>

Vrednost emisije za sagorevanje drveta u prirodnom stanju

1 - 2,5 MW	11	0,15	10	250	100
2,5 - 5 MW	11	0,15	10	250	50
5 - 50 MW	11	0,15	10	250	20

Vrednost emisije za sagorevanje slame i sličnih biljnih materijala

1 - 50 MW	11	0,25	50	400	20
-----------	----	------	----	-----	----

- b - emisija isparljivih organskih jedinjena ugljenika (VOC), tzv. volatili
- eg - granična vrednost važi samo pri uslovima rada sa nazivnim opterećenjem

# Granične vrednosti emisije za ložišta na biomasu

- Kod ložišnih postrojenja sa više pojedinačnih ložišta, za ograničenje emisije svakog pojedinačnog ložišta merodavna je ukupna toplotna snaga ložišnog postrojenja.
- Ukupnu toplotnu snagu ložišnog postrojenja predstavlja zbir toplotnih snaga svih pojedinačnih ložišta u sastavu ložišnog postrojenja.
- Propis bitan za dozvole za rad i eksploataciju postrojenja za sagorevanje biomase za snage manje od 1 MW je SRPS M.E6.110
- U Srbiji je uobičajena praksa da se u nedostatku domaćih propisa primenjuju nemački standardi DIN ili evropske norme EN sa pratećim propisima.
- Približavanjem i pristupanjem Evropskoj uniji i u Srbiji će biti obavezno ponašanje u skladu sa tim propisima.

# Granične vrednosti emisije za ložišta na biomasu

Granične vrednosti dozvoljenih emisija (GVE) ugljenmonoksida i prašine pri normalnom učinku i smanjenom opterećenju kotla za vreme testiranja kotlovskega postrojenja **u Danskoj**

Gorivo	Ložište	CO-emisija pri 10% O <sub>2</sub> , <b>30% opterećenje kotla</b>	CO-emisija pri 10% O <sub>2</sub> , nominalni učinak	Emisija prašine pri 10% O <sub>2</sub>
Drvo za loženje, pelete, isečeno drvo, drveni čips, zrno žitarica	Šaržno (ručno) loženje	0,50%	0,50%	300 mg/ <sub>N</sub> m <sup>3</sup>
Drvo za loženje, pelete, isečeno drvo, drveni čips, zrno žitarica	Automatsko	0,15%	0,10%	300 mg/ <sub>N</sub> m <sup>3</sup>
Slama	Šaržno (ručno) loženje	0,80%	0,80%	600 mg/ <sub>N</sub> m <sup>3</sup>
Slama	Automatsko	0,40%	0,30%	600 mg/ <sub>N</sub> m <sup>3</sup>

Dozvoljena količina prašine približno 6 puta veća kod sagorevanja drveta, a približno 12 puta kod sagorevanja slame u odnosu na podatke emisija gasova.

# Ostali uticaji koji su stetni po termoenergetska postrojenja i okolinu

Okvirne granične vrednosti sadržaja najvažnijih elemenata u biomasi, koji mogu imati štetan uticaj na rad postrojenja kao i na okolinu.

## Mogući štetni uticaj pojedinih elemenata i korektivne tehnološke mere

Element	Okvirna granična vrednost	Limitirajući parametar	Biomasa kod koje se mogu očekivati problemi	Tehnoloske mogućnosti u slučaju prekoračenja graničnih vrednosti
N*	<0,6	Emisija NO <sub>x</sub>	Slama, Žitarice, trava, kora drveta	Višestepeni dovod vazduha, redukciono ložište
Cl*	<0,1	Korozija Emisija HCl	Slama, zuarice, trava	Protiv korozije: kontrola temperature, automatsko čišćenje grejnih površina, zaštitne prevlake na cevima. Protiv emisije HCl: prečišćavanje dimnih gasova
S*	<0,1	Korozija	Slama, žitarice, trava	Proliv korozije: videti za Cl
Ca**	< 15	Obrazovanje naslaga	Slama, Žitarice, trava	Kontrola temperatura u ložištu
Mg**	>2,5	Obrazovanje naslaga	Retke vrste	Videti za Ca
K**	<7,0	Obrazovanje naslaga Korozija	Slama, žitarice, kukuruzovina, trava	Protiv korozije: videti za Cl. Protiv obrazovanja naslaga: videti za Ca
Na**	<0,6	Zašljakivanje Stvaranje naslaga Korozija	Slama, žitarice, trava	Protiv korozije: videti za Cl. Protiv obrazovanja naslaga: videti za Ca
Zn**	<0,08	Recikliranje pepela	Kora, đrvna masa	Frakciona separacija teških metala
Cd**	< 0,0005	Recikliranje pepela	Kora,drvna masa	Frakciona separacija teških metala

\* Dato na osnovu suvo gorivo

\*\* Dato na osnovu pepeo

# Granične vrednosti koncentracije zagađujućih materija

Ocenjivanje kvaliteta vazduha u skladu sa članom 8. Zakona o zaštiti vazduha (Službeni glasnik Republike Srbije, broj 36/2009) vrši se za: sumpor dioksid, azotne okside i azot dioksid, suspendovane čestice (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>), ugljen monoksid, prizemni ozon, olovo, benzene, arsen, kadmijum, nikl i benzo(a)piren.

Zagađujuće materije ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Period usrednjavanja	GVI
Sumpor dioksid	1h	350
	24h	125
	God.	50
Azot dioksid	1h	150
	24h	80
	God.	45
Suspendovane čestice PM <sub>10</sub>	24h	50
	God.	40
Suspendovane čestice PM <sub>2.5</sub>	God.	25
Prizemni ozon	8h maksimalno	120
Ugljen monoksid	8h maksimalno	10
	24h	5
	God.	3
Olovo	24h	1
	God.	0,5
Benzen	God.	5

# Propisana ograničenja emisije NOx pri sagorevanju biomase

- Maksimalne vrednosti dozvoljene emisije za zemlje članice EU, značajno variraju od zemlje do zemlje.
- Dozvoljene vrednosti emisije iz stacionarnih izvora u EU zavise i od karakteristika postrojenja.
- Za zemlje članice EU granice emisije shodno propisima koji proističu iz Large Combustion Plants (LCP) (2001/80/EG, PB L 309), kao i Waste Incineration Directive (WID) (2000/76/EG, PB L 332).
- 2001/80/EG primenjuje za biomasu koja se definiše kao produkt agrarne proizvodnje i šumarstva, otpad iz povrtarske proizvodnje, otpad iz drvno-prerađivačke i prehrambene industrije, netretirandrvni i otpad od kore, plute.
- Guideline 2000/76/EG se primenjuje na sav otpad.

Pregled granica NOx emisije prema LCP i WID (mg/m<sup>3</sup>) za čvrstu

	LCP (clean biomass)				Waste Incineration Directive			
	a	b	a	b				
O2ref, %		6			11		6	
MWth	< 50	50-100	100-300	>300	<6t/h	>6t/h	50-100	100-300
NOx, mg/m <sup>3</sup>	200	400	300	200	200	400	350	300 (350 za FS)

a - kosagorevanje; b - samostalno sagorevanje

Izvor: Milica Mladenović, Stevan Nemoda , Milijana Paprika, Ana Marinković, Branislav Repić, Analiza propisanih ograničenja emisije NOx pri sagorevanju biomase u odabranim EU zemljama i u Srbiji, SPT, 2016

# Granične vrednosti emisije azotnih oksida u Republici Srbiji

Veličina	Kapacitet, MWth	Gorivo	Ref. O2 %vol	NOx mg/m <sup>3</sup>
Velika	50 - 100	Čvrsta biomasa	6	400
	100 - 300			300
	> 300			200
	50 - 100	Tečna goriva	3	400
	100 - 300			200
	> 300			200
Srednja	>50	Gasovi različiti od prirodnog gase	3	200
	1-50	Drvo idrvni otpatci	11	250
	1-50 (SFS)			300
	5-50	Tečna goriva	3	350
Mala	10-50	Gasovi različiti od prirodnog gase	3	200
	0.1-1	Druga čvrsta goriva različita od uglja i briketa od uglja i koksa	13	250
	<5	Postrojenja sa temperaturom vode <110°C i nadpritiskom <0.05 MPa	3	100
		Postrojenja sa temperaturom vode >110°C i <210°C i nadpritiskom >0.05 MPa i <1.8 MPa		200
		Postrojenja sa temperaturom vode >210°C i nadpritiskom >1.8 MPa		250

# Propisana ograničenja emisije NOx pri sagorevanju biomase

U većini evropskih zemalja uglavnom su velika i srednja postrojenja podvrgnuta strogim propisima emisije NOx pri sagorevanje biomase. Izuzetak su zemlje kao što su Austrija, Nemačka, Belgija i Norveška, koje definišu GVE za postrojenja manja od 1 MW.

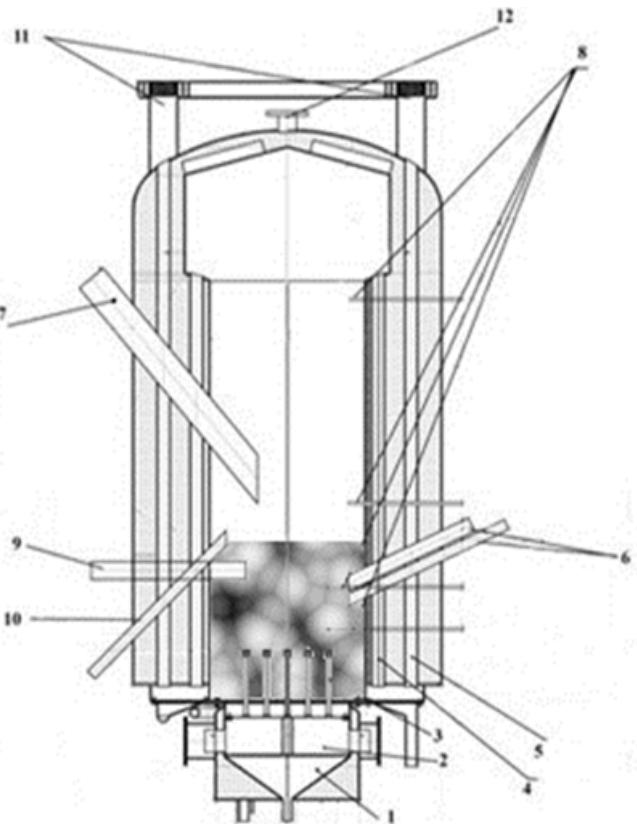
Srbija je jedna od zemalja sa strožim ograničenjima po pitanju emisije NOx pri sagorevanje biomase u malim postrojenjima.

Uredba o GVE zagađivača vazduha ne definiše GVE NOx za sagorevanje biomase koja nije od drvne prirode.

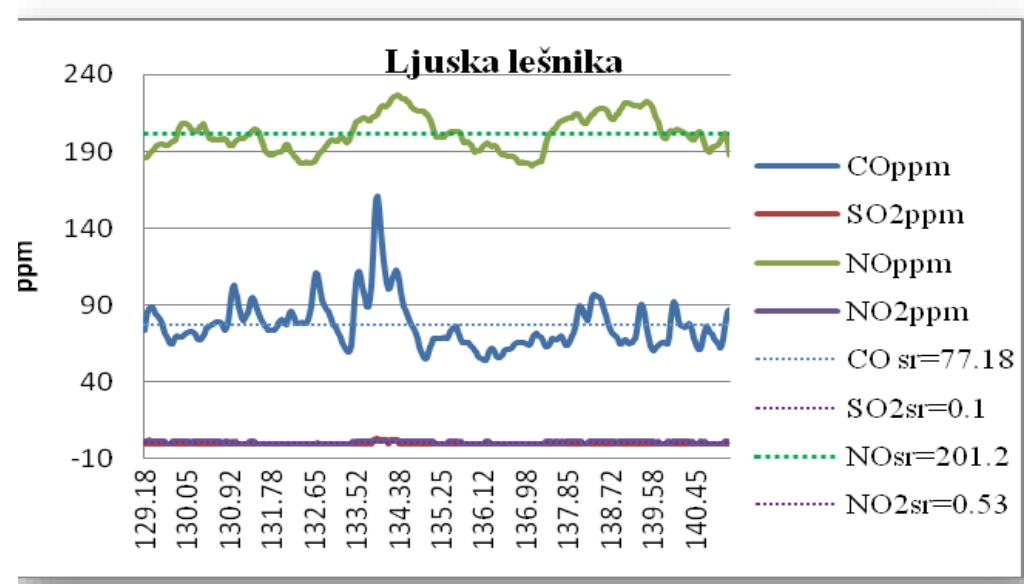
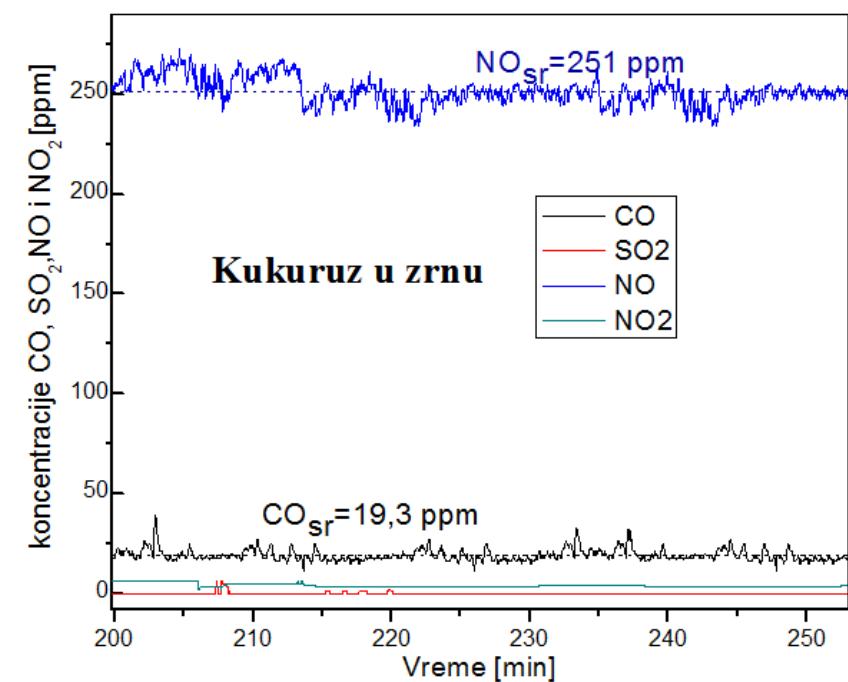
- Visok sadržaj proteina implicira i visok sadržaj azota – poljoprivredna biomasa.
- U Srbiji su značajne rezerve agro biomase i po pravilu se pri njenom sagorevanju emituje veća količina azotnih oksida.
- Za mala postrojenja uvođenje sistema sa sekundarnim merama denitrifikacije obično ekonomski neisplativo,
- Neophodno je, da se definišu blaža ograničenja emisije za sagorevanje poljoprivredne biomase.

Uredba o graničnim vrednostima zagađivača vazduha. (Službeni list RS, No. 71/2010, 6/2011-correction, 2010/11)

# Merenja na poluindustrijskom eksperimentalnom kotlu od 500 kW u Institutu za nuklearne nauke Vinča – Laboratorija za termotehniku i energetiku



Organizacija sagorevanja u FS je bila dobra, što je i potvrđeno malom emisijom ugljen monoksida, povoljnim temperaturama sagorevanja i povoljnim viškom vazduha

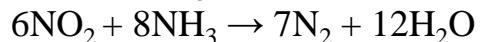
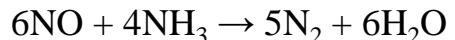


- Izmerene koncentracije NOx za date eksperimente sagorevanja, svedene na referentnu vrednost kiseonika u dimnim gasovima od 13%, su za kukuruz u zrnu  $634 \text{ mg/m}^3$ , odnosno lešnikovu lјusku  $329 \text{ mg/m}^3$ .
- Prema Uredbi o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh, za postrojenja snage 100 kW do 1 MWth, granica je  $250 \text{ mg/m}^3$ . Izmerena emisija ostalih gasova je bila daleko od zakonom propisanih limita.
- Upravo ove navedene činjenice, kao i zastupljenost poljoprivredne biomase u ukupnom potencijalu biomase u Srbiji, bila je podsticaj da se detaljnije ispitaju mere denitrifikacije dimnih gasova pri sagorevanju poljoprivredne biomase.
- Pri sagorevanju biomase uticaj sadržaja azota u gorivu dominantno utiče na emisiju NOx, pa primarne mere denitrifikacije - tehnike kontrole sagorevanja, same po sebi, često nisu dovoljne za zadovoljenje strogih granica emisije i/ili su neprimenljive u postojećim ložištima.
- Potrebna redukcija azotnih oksida se postiže primenom efikasnijih sekundarnih mera, a za biomasu agrarnog porekla, bogatu azotom, to je neophodna mera denitrifikacije.

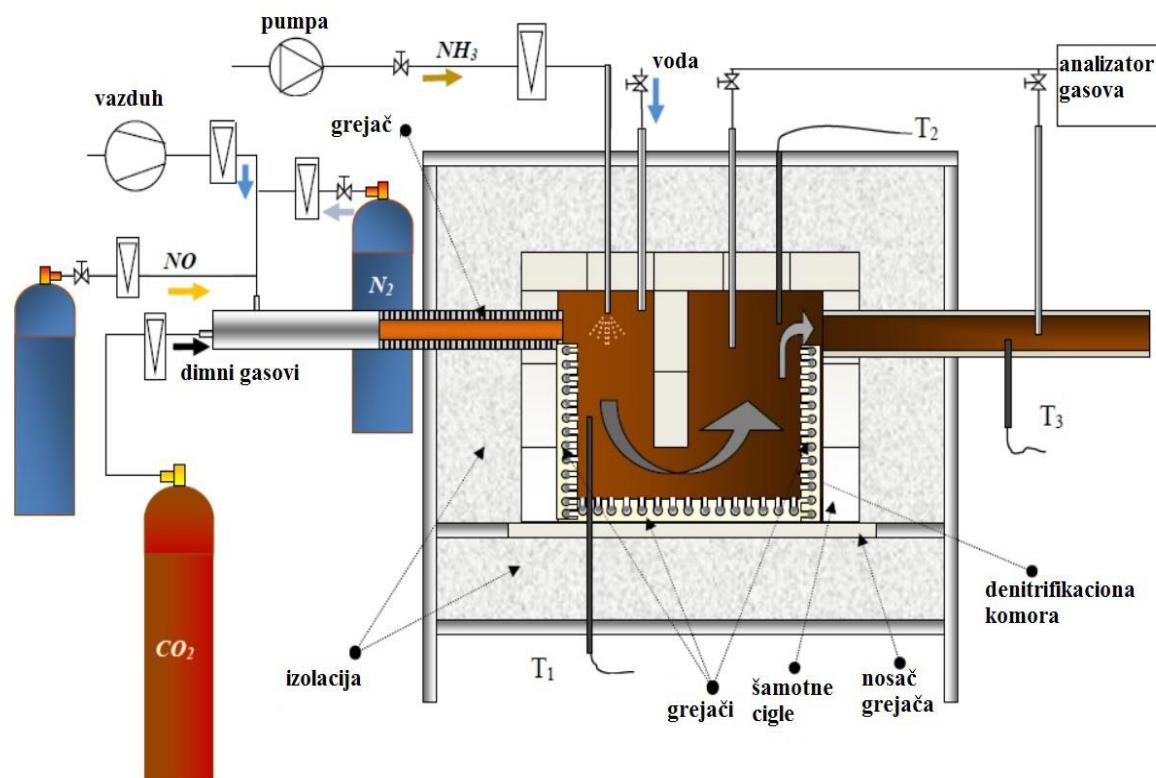
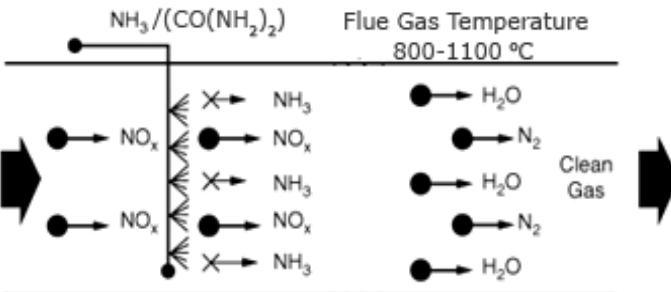
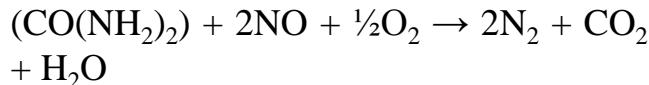
# Selektivna nekatalitička redukcija NOx

Selektivna nekatalitička redukcija (SNCR) je redukcija NOx na azot, N<sub>2</sub>, u prisustvu kiseonika, O<sub>2</sub>, u reakcijama sa reagensima na amino-bazi, bilo amonijakom (NH<sub>3</sub>) ili ureom (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>) na temperaturama od 800-1100°C, sa većom temperaturom potrebnom za ureu.

U slučaju amonijaka kao reagensa:



U slučaju uree kao reagensa:



# Ispitivanje emisije PAH jedinjenja

- Pri sagorevanju biomase pored emisija CO, NOx i čestica, neophodno je obezbediti redovnu kontrolu procesa sagorevanja kako bi se smanjila emisija isparljivih i delimično isparljivih organskih zagađivača poput PAH-ova.
- Postoji niz mera za smanjenje emisije CO i NOx prilikom sagorevanja biomase u energetske svrhe (cigaretno sagorevanje, fluidizaciona ložišta)
- U zadnje vreme sve veća pažnja se posvećuje ispitivanju **policikličnih aromatičnih ugljovodonika** (PAH-ova) zbog njihovog potencijalnog toksičnog, kancerogenog ili mutagenog delovanja (spadaju u prioritetne hazardne supstance).
- Intenzivnoj emisiji PAH-ova najviše doprinosi nepotpuno sagorevanje biomase.
- Policiklični aromatični ugljovodonici mogu nastajati u gasovitoj fazi (PAH-ovi sa manje od 4 prstena), u čvrstoj fazi (PAH-ovi sa više od 6 prstenova) ili u obe faze (PAH-ovi sa četvoročlanim i petočlanim prstenovima).
- Na sadržaj i količinu PAH-ova tokom sagorevanja goriva utiču brojni faktori: sadržaj isparljivih jedinjenja, sadržaj vezanog ugljenika, odnosi H/C i O/C, temperatura sagorevanja (reakcije sinteze PAH-ova su endotermne, i više PAH-ova može nastati na višim temperaturama), prisustvo metala (mogu delovati kao katalizatori za reakcije sinteze - npr. gvožđe i bakar), protok vazduha (dostupnost kiseonika), kao i tip ložišta koje se koristi.

**Tečna hromatografija u kombinacijama sa različitim tipovima detektora primenjuje se za razdvajanje, identifikaciju i kvantifikaciju velikog broja organskih jedinjenja.**

# Ispitivanje emisije PAH jedinjenja



U Institutu za nuklearne nauke Vinča – Laboratorija za termotehniku i energetiku se nalazi ispitna hemijska laboratorijska snabdevena sa visokokvalitetnim tečnim hromatografom sa UV i PDA detektorima.

Vrhunska oprema za precizno određivanje PAH jedinjenja u dimnim gasovima i pepelu kotlova na biomasu.



Rad postrojenja u Srbiji treba uskladiti sa visokim zahtevima EU zemalja u pogledu energetske efikasnosti i emisije gasova zagađivača, što treba da obuhvati i vrednosti: PAH, PCDD/F i HCl. Pri tome se mora imati u vidu da ekonomski, socijalni i uslovi zaštite životne sredine u regionu Južne Evrope su specifični i različiti od uslova u severnijim državama EU. Zbog toga je veoma važno da se to respektuje u domaćim zakonskim propisima i normama.



# HVALA NA PAŽNJI!