

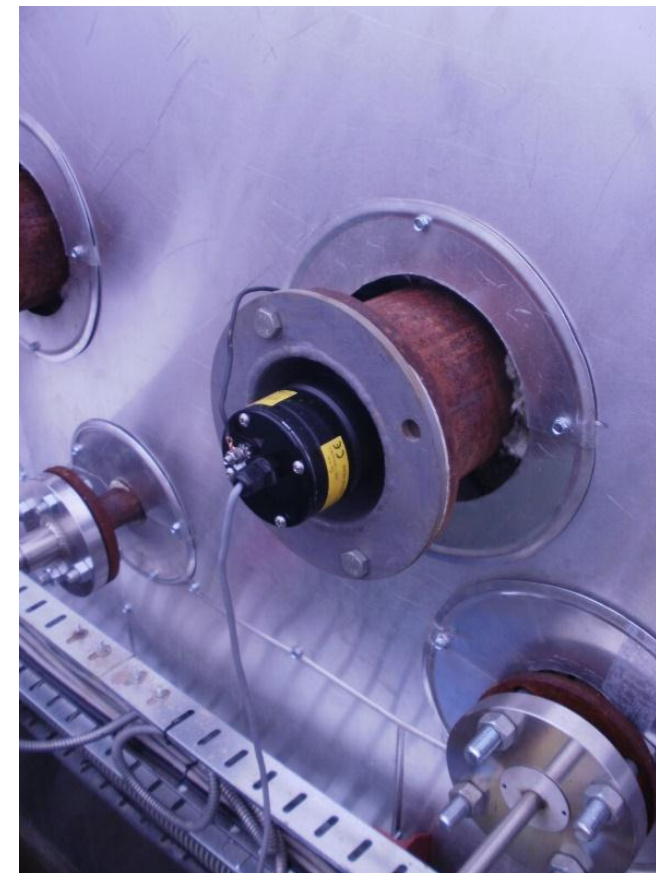
VISOKA ŠKOLA ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA STRUKOVNIH STUDIJA VIŠER, BEOGRAD

STUDIJSKI PROGRAM: EKOLOŠKI INŽENJERING, 2020/2021

PREDMET: SAVREMENE METODE PREČIŠĆAVANJA VAZDUHA U INDUSTRIJI-SMPVI



# MONITORING EMISIJA INDUSTRIJSKIH GASOVA

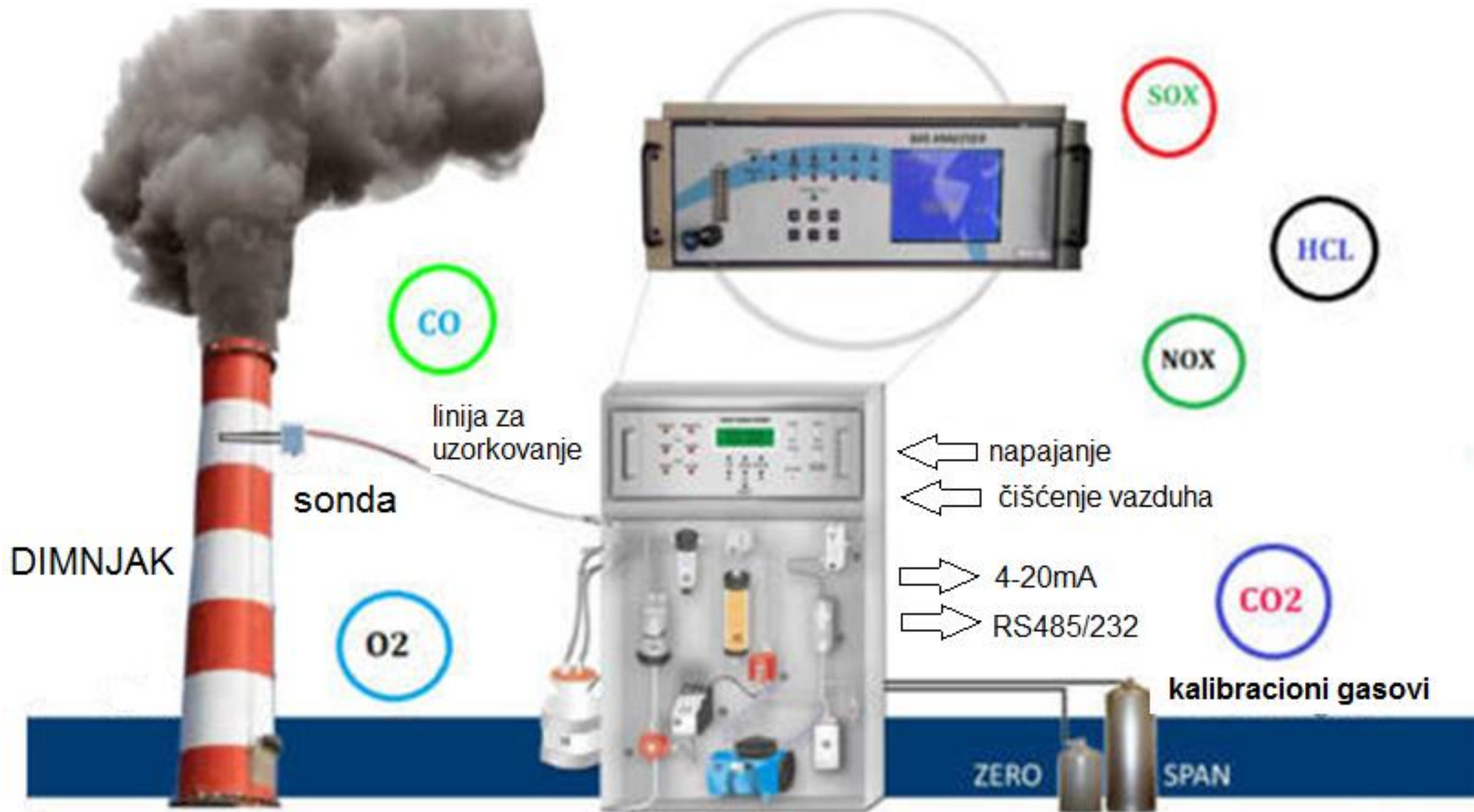


Predmetni profesor: Dr Željko Despotović, dipl.inž

# UVOD

- U eri velike industrijske aktivnosti i razvoja sve većeg broja industrijskih pogona, regulacija i kontinualno praćenje emisija polutanata vazduha ( zagađivača ) dobija na značaju
- Uprkos tome što je praćenje (monitoring) emisija standardan i relativno jednostavan proces, za sva industrijska postrojenja je od najveće važnosti da: (1) ovo praćenje obezbedi zaštitu prirode i čoveka proaktivno i (2) da ih osigura obostrano
- Štaviše, efikasnim postupkom optimizacije monitoringa može se uštedeti na mnogo drugih skupih resursa
- Ono što praćenje emisija čini izazovom je ustvari promenljivo okruženje u kome se procesi mogu menjati, a propisi i standardi se mogu prilagođavati, pa čak i menjati.
- Kao promene operativnog okruženja su ograničenja emisija i dozvoljenih koncentracija gasova.
- Ovo zahteva stalno prilagođavanje i sposobnost ponovne procene, procedura i tehnologija od strane zainteresovanih strana za praćenje emisija.
- U ovoj prezentaciji (predavanju) ćemo se upoznati sa raznim tehnologijama u praćenju emisija, kao što su FTIR, CVAF i sl., i biće objašnjeno šta treba uzeti u obzir u efikasnjoj postavci za njihovo praćenje.

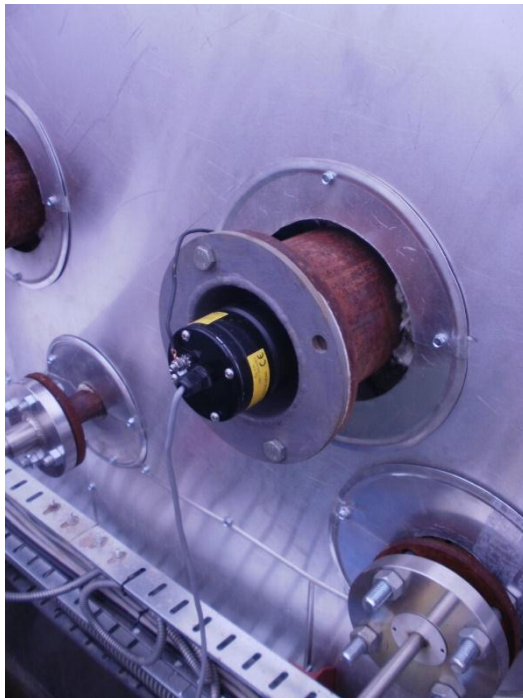
# OSNOVNA STRUKTURA SISTEMA ZA MONITORING EMISIJA INDUSTRIJSKIH GASOVA





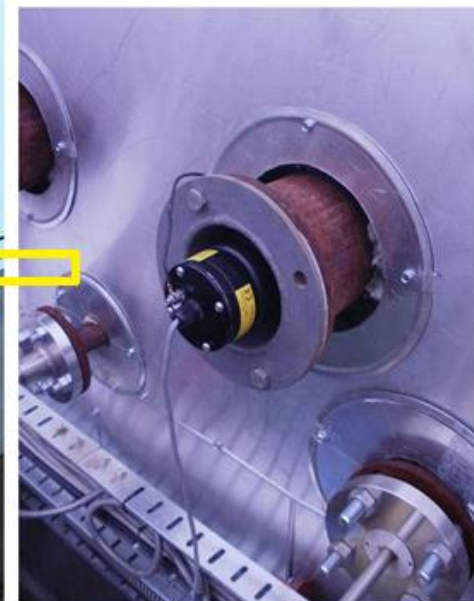
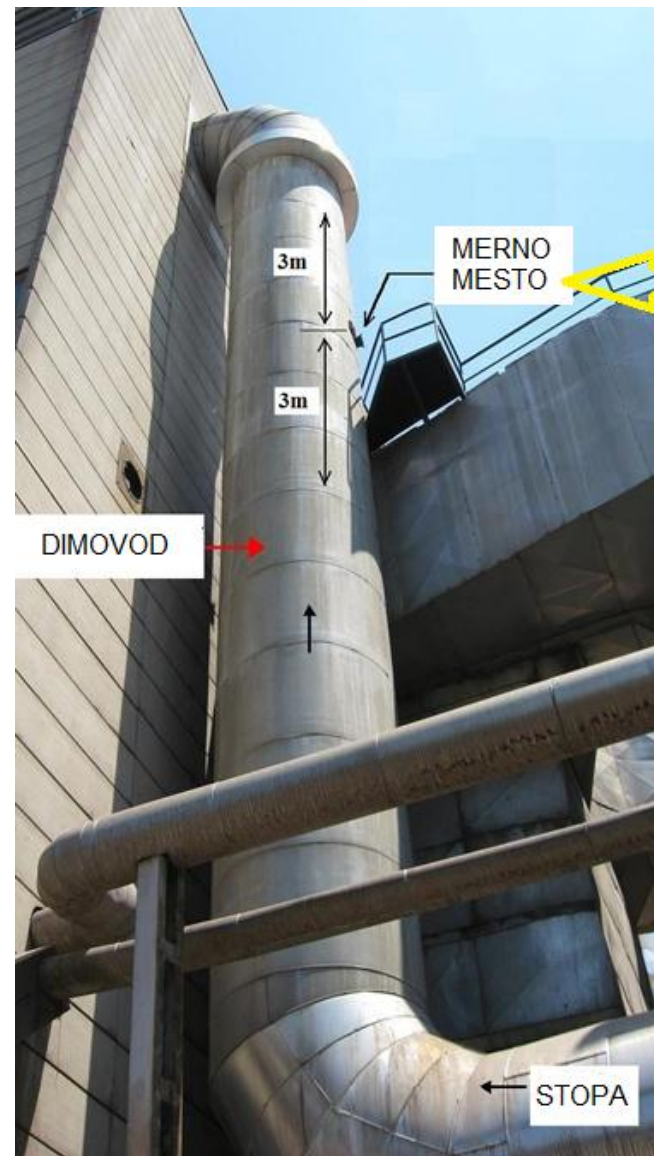
## KAKO FUNKCIONIŠE MONITORING EMISIJA??

- Veoma je bitno precizirati reperezentativno mesto postavljanja i merno mesto
- Za dobijanje pouzdanih i uporedivih rezultata merenja emisije neophodni su odgovarajući merni elementi (senzori, davači, transponderi ,....) i merna mesta.
- Zbog toga će se prilikom projektovanja postrojenja morati isplanirati odgovarajući merni delovi i merne lokacije.



# POZICIJE MERNIH MESTA

- Merno mesto će se odabrati na osnovu lokacije na kojoj je „poremećaj“ protoka gasa najmanji.
- Veoma bitna stvar koju treba uzeti u obzir je homogenost uzorka gasa.
- Iz ovih razloga, stopa, odnosno osnova dimnjaka (ili dimovodnog kanala) nije nužno najpovoljnije mesto za merenje, jer na protok i nadzor gasa mogu uticati turbulentne okolnosti nastale uticajem podnožja dimnjaka, odnosno stope.
- Usled ovih okolnosti, raspodela posmatranog gasa može biti neuniformna



MERNA  
ELEKTRONIKA  
i TRANSMITER



# MERNI PRILJUČCI I RADNE PLATFORME

- Merenja emisija zahtevaju odgovarajuće merne priključke i radne platforme.
- Jedna tipična radna platforma sa podestom na termoenergetskom postrojenju (termoelektrani) je prikazana na slici
- Zbog toga se u fazi planiranja mernog dela mora uzeti u obzir njihovo adekvatno i korektno postavljanje.



# OPREMA I BEZBEDNOSNI USLOVI -1

- Na mestu merenja moraju biti instalirani potrebni i zaštićeni priključci za napajanje u skladu sa standardnim zahtevima.
- Po potrebi treba razmotriti i dovod komprimovanog vazduha, priključke za vodu i odlaganje otpadnih voda.
- Merna mesta moraju biti u skladu sa nacionalnim zahtevima koji se odnose na zaštitu na radu.



# OPREMA I BEZBEDNOSNI USLOVI -2

Operatori postrojenja i proizvođači (obično i isporučioци) merne opreme treba da uzmu u obzir sledeće aspekte:

- Jednostavan i siguran pristup mestu merenja
- Osiguravanje osoblja koje vrši merenja emisija i zaštitu od bilo kakvih operativnih kvarova koji bi ga mogli ugroziti
- Zaštita radnog prostora od povišene temperature (toplote) i prašine
- Zaštita od vremenskih neprilika i zagrevanja kako bi se osigurali neophodni uslovi okoline za osoblje i opremu
- Primena pravila i propisa bezbednosti i zaštite na radu (BZNR)



# OSOBI NE SISTEMA ZA „VRUĆE“ UZORKOVANJE

- Često uzorak gasa sadrži veliki broj gasnih jedinjenja, zagreva se i vlaži, kada dolazi i do kondenzacije.
- Da bi se sprečila kondenzacija u analizatoru ili mernim senzorima, koriste se grejne sonde za uzorkovanje i grejne linije za uzorkovanje.
- Merni orman **CEM (Clean Emission Module)** treba da sadrži grejni sistem za uzimanje uzoraka (koji omogućava da se mokri gasovi uzorka ubacuju u analizator) i analizator.
- Ovo sprečava kondenzaciju i gubitak uzorka i pojednostavljuje njegovu pripremu.



# IZBOR ADEKVATNOG SISTEMA ZA MONITORING

- Prema Evropskoj komisiji, Direktiva 2010/75/EU Evropskog parlamenta i Saveta o industrijskim emisijama (Direktiva o industrijskim emisijama ili [IED](#)) je glavni instrument EU kojim se regulišu emisije zagađujućih materija iz industrijskih postrojenja.
- Za oko 50.000 industrijskih postrojenja potreban je rad u skladu sa dozvolom (koju su izdale vlasti u državama članicama).
- Ova dozvola treba da sadrži uslove postavljanje monitoring sistema u skladu sa principima i odredbama [IED](#).
- Merene veličine zavise od različitih faktora: tipa industrijskog postrojenja, sagorelog goriva, nus produkata, kao i veličine postrojenja.
- Ekološka dozvola postrojenja definiše koji gasovi i komponente su potrebni za nadgledanje (monitoring) i koja su njihova ograničenja.
- Tako na primer i za male i velike elektrane na ugalj važe odvojeni propisi.
- Najvažnije je da se za postrojenja biraju optimalne i odgovarajuće tehnologije, kao i merni uređaji za praćenje emisija.
- Treba obezbediti da je uređaj dovoljno osetljiv da detektuje i najmanje nivoe emisije, jer neka industrijska postrojenja imaju vrlo niske i stroge granične vrednosti emisije za određene gasove.
- Jednom kada se donese odluka o kupovini i pusti u pogon najprikladniji sertifikovani sistem za kontinualno praćenje emisija, operator treba da sledi postupak osiguranja kvaliteta i verifikuje rezultate merenja za svaku od komponenti emisije.

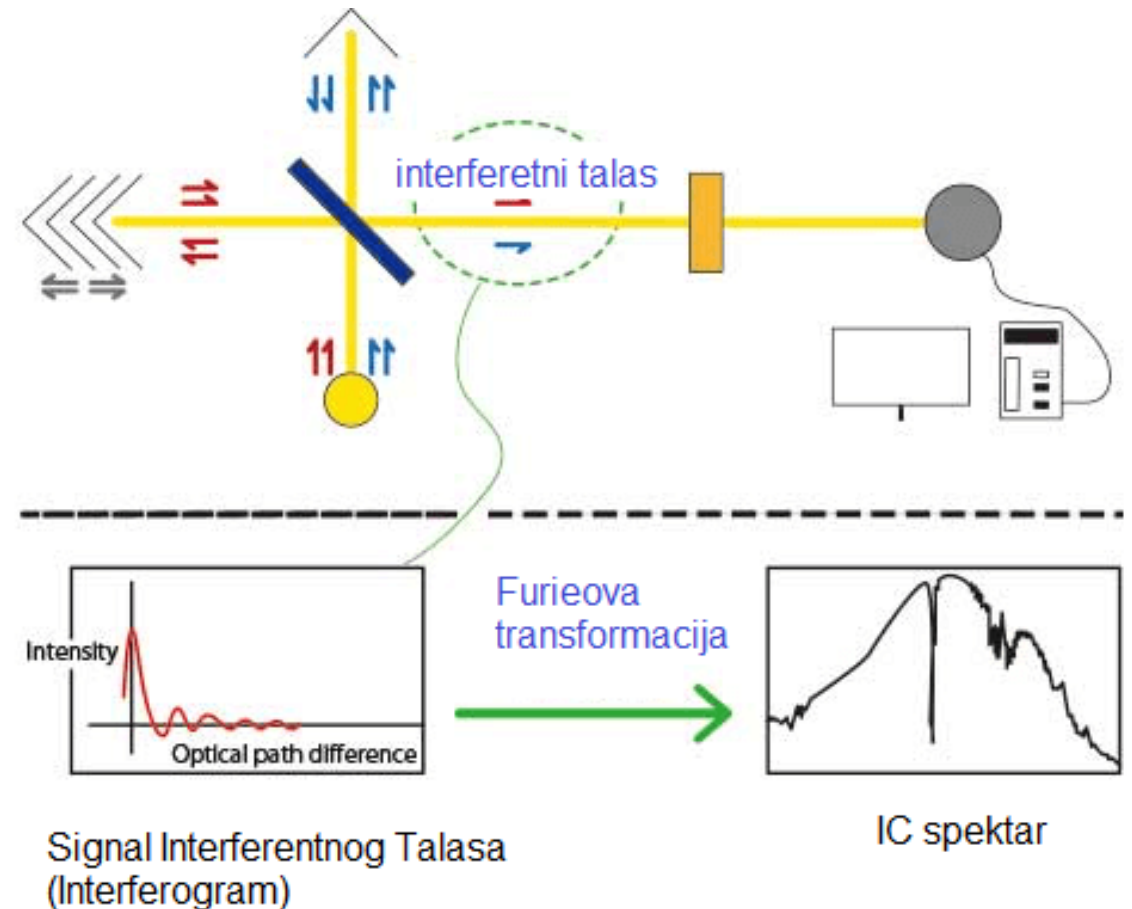
# FTIR tehnologija u MONITORINGU EMISIJA

- **FTIR (Fourier Transform Infrared)** je jedna od najpouzdanijih i najefikasnijih tehnologija za praćenje emisija.
- To je najsnažnija tehnologija za simultano merenje više gasova i industrijski standard u mnogim aplikacijama monitoringa emisija
- Štaviše, fleksibilnost i svestranost ovog sistema, ga čine vrlo ekonomičnim i višenamenskim alatom za merenje širokog spektra komponenti gasa u različitim industrijskim procesima koji zahtevaju kontinualno praćenje emisija.
- Neki primeri primene u industrijskim procesima bi bili: (1) Spaljivanje otpada, (2) Termoelektrane, (3) Cementare, (4) Merenja „sirovih“ gasova u industrijskim postrojenjima, (5) Postrojenja za proizvodnju aluminijuma, (6) Postrojenja za proizvodnju veštačkih đubriva i azotne kiseline, (7) Merenja usaglašenosti, itd...



# Kako radi FTIR?

- Skoro svi molekuli se mogu identifikovati po karakterističnom spektru apsorpcije, jer svaki molekul apsorbuje infracrveno zračenje na karakterističnim frekvencijama (ili talasnim dužinama).
- Svaka molekularna struktura ima jedinstvenu kombinaciju atoma i njihovih međusobnih veza, što stvara jedinstveni spektar kada je izložen infracrvenoj svetlosti.
- Jedini izuzeci su plemeniti gasovi i dvoatomni elementi poput  $O_2$ , koji ne apsorbuju infracrvenu (IC) svetlost.
- IC spektar apsorpcije može se smatrati „otiskom prsta“ odnosno jedinstvenim kodom za svaki molekul.
- Infracrveni spektar je grafikon veličina povezanih sa infracrvenim zračenjem u funkciji talasne dužine (ili učestanosti) ili talasnog broja.
- Prema Lambert-Beer-ovom zakonu, apsorpciona snaga (visina vrha) je direktno proporcionalna koncentraciji, a na taj način IC spektar se može koristiti za određivanje koncentracije gasova u uzorku.



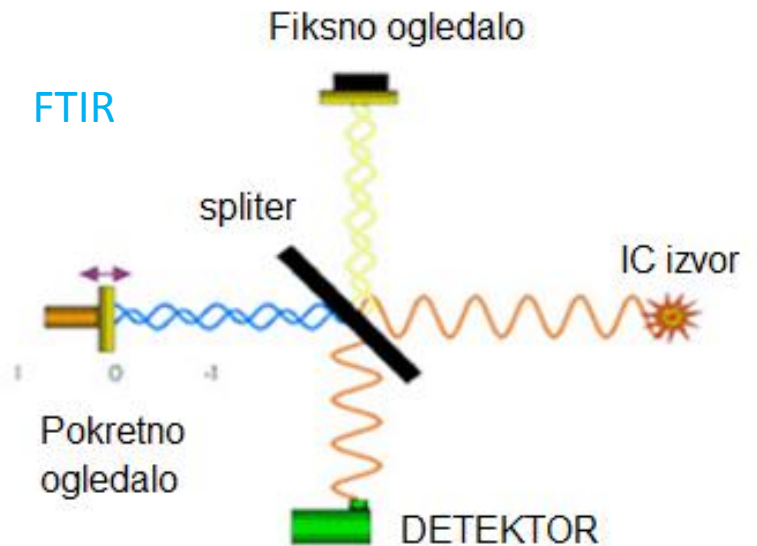
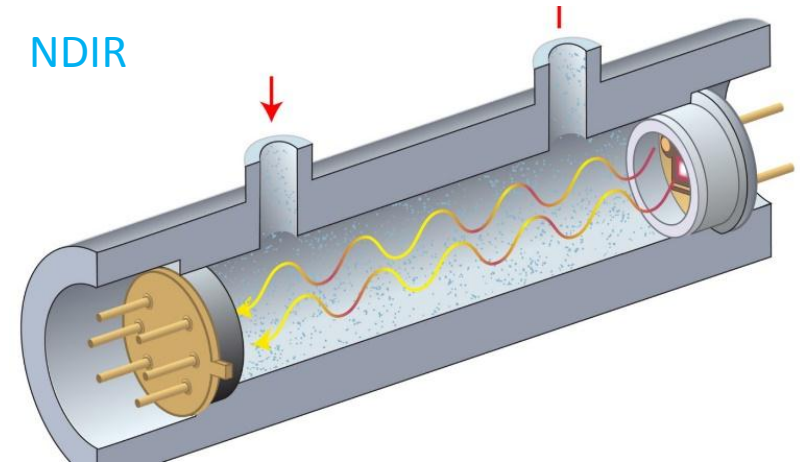
# Razlika između NDIR i FTIR- UKRATKO

- **Ne-disperzivni infra-crveni instrumenti (NDIR)** mere samo odvojene talasne dužine, bez podataka iz drugih delova spektra.

Iz jednog merenja može se analizirati samo jedna komponenta, a smetnje pri ovom merenju se ne mogu kompenzovati.

- **FTIR spektrometar** istovremeno meri sve IC talasne dužine i daje puni spektar.

- Sve komponente se mogu analizirati iz jednog merenja i smetnje se mogu kompenzovati.



# Prednosti metode FTIR u merenju emisija

- **Prilagodljivost;** Brze promene opsega merenja i dodavanje liste izmerenih gasova (lako se izvode). Novi gasovi i opsezi gasova mogu se dodati analizi u bilo kom trenutku bez ikakvih promena na hardveru. To mogu učiniti sami korisnici upotrebom softverskih korisničkih aplikacija).
- **Više-komponentna sposobnost;** FTIR je jedina tehnologija koja meri široki spektar gasova istovremeno. Mogu se izmeriti sva ključna jedinjenja za praćenje emisija kao što su NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> i CO. U slučaju spaljivanja otpada, izmerenim gasovima se dodaju i HCl, HF i organski ugljenik (Total Organic Carbon-TOC), a i NH<sub>3</sub> ako se koristi u selektivnoj katalitičkoj redukciji (SCR) ili selektivnoj nekatalitičkoj redukciji (SNCR).
- **Dokazana tehnologija;** Na primer GASMET FTIR analizatori poseduju TUV i MCERTS sertifikate (QAL1). Svi GASMET FTIR sistemi za praćenje emisija su tokom svog kompletnog radnog veka sertifikovani.
- **Pouzdanost;** FTIR je izuzetno osetljiva, tačna i robusna tehnologija. Pruža niske troškove održavanja za korisnika i dug životni vek sistema u kombinaciji sa veoma malom nesigurnošću merenja. Pored toga, njegova velika raspoloživost pruža operatorima pouzdan rad, a samim tim i kratko vreme zastoja.

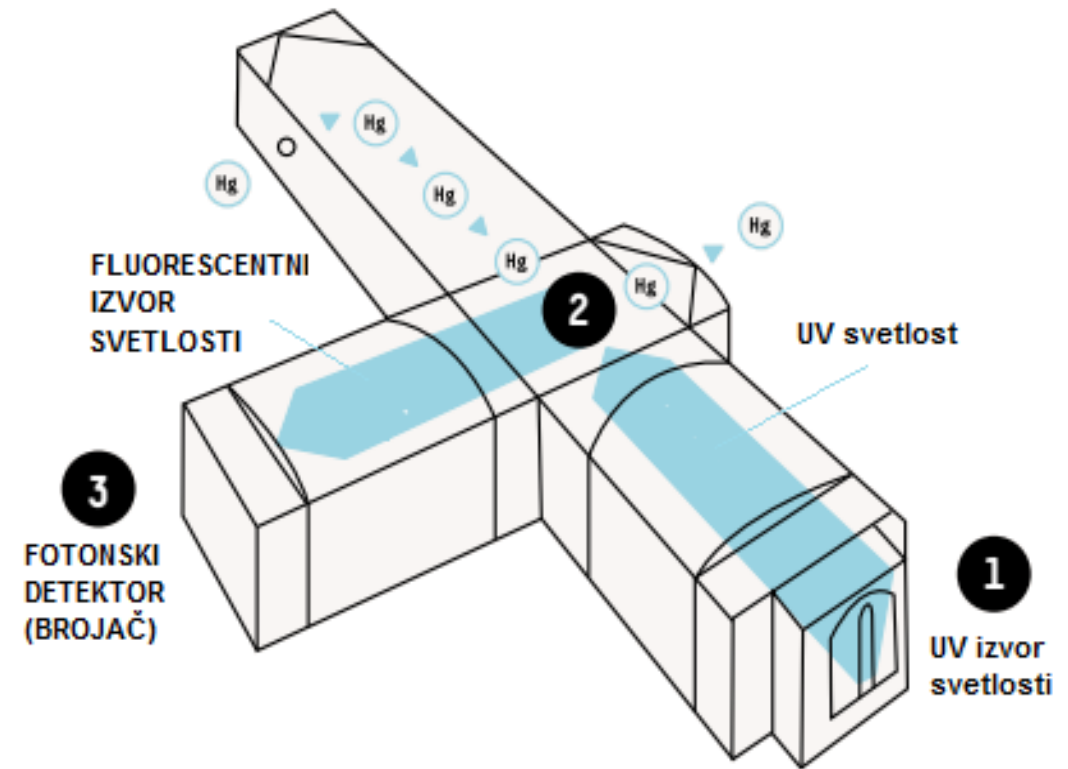


# Metode CVAA, CVAF, DOAS, ST u merenju emisija žive (Hg)

- Živa (Hg) je teški metal, poznat i pod nazivom QUICKSILVER („brzo srebro“); To je jedini metal koji je tečan na sobnoj temperaturi.
- Živa se prirodno javlja u živoj sredini, u stenama i uglju, u raznim oblicima, poput metalne žive i organskih i neorganskih jedinjenja žive; Živa može biti štetna za životnu sredinu i toksična za ljude.
- Izlaganje čak i malim dozama može imati ozbiljne zdravstvene posledice, a izlaganje velikim količinama može biti fatalno.
- Najveći izvori antropogenih emisija žive su: (1) Rudarska industrija, (2) Postrojenja sa sagorevanjem uglja, (3) Cementare, (4) Spaljivači otpada
- Mnogo zagađivača poput CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> i SO<sub>2</sub> već se kontinualno prate decenijama. Poslednjih godina takođe postaje sve značajnija i svest o potrebi monitoringa žive, a kontinualno praćenje žive postaje sve aktuelnije.
- Naročito u industrijama koje koriste ugalj, naftu ili spaljeni otpad, raste odgovornost da nadgledanje emisija žive. Sve merne tehnike moraju biti u stanju da se nose sa izazovima za praćenje žive.
- Živa se može pojaviti u različitim oblicima, a može se vezati i za čestice prašine. Dimni gas uključuje elementarnu živu Hg<sub>0</sub> i oksidovanu živu Hg<sub>2</sub> + u obliku HgCl<sub>2</sub>. Kako se većina metoda merenja zasniva na merenju elementarne žive, to znači da se oksidovana jedinjenja žive moraju pretvoriti u elementarnu živu.
- Različite metode merenja žive uključuju: (1) Atomske apsorpcionu spektroskopiju hladnih para (Cold vapor atomic absorption spectroscopy- CVAA), (2) Atomske fluorescentnu spektroskopiju hladne pare (Cold vapor atomic fluorescence spectroscopy- CVAF), (3) Diferencijalnu optičku apsorpcionu spektrometriju (Differential Optical Absorption Spectrometry – DOAS), (4) Sorbent Trap (ST) metode: „Metoda zamke sorbenata“ (neprekidna metoda)
- CVAA, CVAF i DOAS su merne tehnologije koje se koriste u sertifikovanim sistemima. Odabir prave tehnologije zavisi od analitičkih potreba. Izbor metode analize takođe može biti određen i usklađenošću sa propisima. Stoga je vitalno proveriti koje regulatorne metode treba primeniti pri izboru analizatora žive

# Cold Vapor Atomic Fluorescence (CVAF)- princip merenja??

1. Svetiljka sa živinom parom, se koristi kao izvor UV svetlosti. Ona emituje UV svetlost na talasnoj dužini specifičnoj za živu. Svetlost je usmerena na ćeliju uzorka.
2. Ćelija uzorka: Atomi žive u gasu uzorka pobuđuju se UV svetlošću. Tada pobuđeni atomi počinju da zrače ponovo apsorbovanu energiju (tzv. fluorescencija).
3. Detektor brojanja fotona: Fluorescentna svetlost se detektuje brojanjem fotona, tako što je detektor, montiran u pravcu pod uglom od  $90^\circ$  u odnosu pravac na UV svetiljke
4. Detektor za brojanje fotona obično se postavlja pod uglom od  $90^\circ$  u odnosu na izvor svetlosti, kako bi se smanjilo „zalutalo svetlo“ koje ulazi u detektor, jer je fluorescencija višesmerna, što znači da se svetlost emituje u više pravaca. Na ovaj način mogu se otkriti samo fotoni izvedeni iz atoma žive.



# Nesigurnost merenja korišćenjem CVAF metode

- Nesigurnost merenja u tradicionalnim analizatorima povećava se prisustvom vlage i kiseonika što smanjuje signal fluorescencije od žive, u uzorku.
- Tako na primer jedna od vodećih firmi u ovoj oblasti merenja GASMET je izbegao ovaj „efekat gašenja“ u CMM AutoQAL i CMM razvijanjem pristupa tzv. „razblaživanja uzorkovanja“.
- Smanjivanjem koncentracije ometajućih gasova izbegava se efekat gašenja, ali sa izuzetno niskom granicom detekcije oba sistema, osetljivost merenja žive nije poremećena.
- Zahvaljujući CVAF tehnologiji postiže se kontinualno i precizno merenje bez potrebe za pred-koncentracijom uzorka.
- Integrirani termički pretvarač pretvara sva jedinjenja žive u elementarnu živu za merenje ukupne gasovite žive.
- Pretvarač je direktno povezan sa ćelijom uzorka radi sprečavanja reakcije rekombinacije, gde se atomska živa pretvara nazad u oksidni oblik.



# Kontinualno i nekontinualno merenje žive (Hg)

- **Kontinualno praćenje** ima posebne prednosti kada se sistemi za smanjenje mogu prilagoditi nivoima emisije žive u postrojenjima. Tamo gde se tretman dimnih gasova koristi za postizanje nižih emisija žive, mogu se koristiti podaci kontinualnog praćenja, na primer za optimizaciju brzine ubrizgavanja sorbenta.
- **Nekontinualne metode praćenja** ne pružaju dovoljan uvid za kontrolu procesa. Pored toga, merenjem emisija iz procesa tokom kratkog vremenskog perioda, neprekidne metode rizikuju da ne pruže dovoljno informacija o promenljivosti emisije žive tokom vremena i između različitih sirovina.

# ZAHTEVI sistema za praćenje žive (Hg)

Generalno, ključni zahtevi sistema za praćenje žive su sledeći:

- Kontinualno merenje
- Merenje ukupne gasovite žive
- Merenje niskih nivoa sa visokom osetljivošću tokom svih uslova procesa
- Merenje „ekskurzija“ , odnosno pomeranja ka većim koncentracijama
- Mala unakrsna interferencija gasova, kao što je sumpor-dioksid
- Nema gubitaka analita ili drugih problema sa uzorkovanjem pri velikom opterećenju prašinom
- Stabilna kalibracija i pojednostavljena rutina proveru kalibracije

# OSIGURANJE KVALITETA za kontinualnog praćenja (monitoringa) emisija

- Norma EN 14181 postavlja kriterijume kvaliteta za trajno ugrađenu mernu opremu na industrijskim postrojenjima
- Osiguranje kvaliteta sistema kontinualnog praćenja emisija (Quality Assurance of Continuous Emissions Monitoring Systems (CEMS)) je podeljena na četiri nivoa osiguranja kvaliteta: QAL1, QAL2, QAL3 i AST-Annual Surveillance (Godišnji Testovi Nadzora)





# QAL1

- QAL1 zahteva da se pokaže da su instrumenti pogodni za namenu na osnovu skupa laboratorijskih i terenskih ispitivanja, kako je utvrđeno u EU standardu EN 15267.
- Ispitivanje mora da sprovede odobrena laboratorija, koju je nacionalno akreditaciono telo akreditovalo prema EN ISO/IEC 17025
- QAL1 ima za cilj da utvrdi da li je odabrana merna oprema za postrojenje dovoljno efikasna i da li ispunjava ne samo potrebne zakonske kriterijume, već i potrebe industrijskog operatera.
- To uključuje sam sistem analizatora (kao što je FTIR), kao i sistem za isporuku i kondicioniranje uzoraka (sonda za uzorkovanje, linije za uzorkovanje itd.),
- Tako da je [QAL1 ustvari ocena kompletnog mernog sistema.](#)

# QAL2

- Zahtevi QAL2 obuhvataju kalibraciju CEMS/AMS prema nacionalno odobrenim analitičkim metodama koje primenjuje ispitna organizacija koju je nacionalno telo akreditovalo za EN ISO/IEC 17025.
- Ova faza osiguranja kvaliteta određuje postupke kojima se osigurava da je sistem kontinualnog praćenja emisija pravilno instaliran, kalibrisan poređenjem i nezavisno verifikovan
- QAL2 testovi se obično sprovode na svakih 5 godina (kako je definisano u ekološkoj dozvoli lokacije).
- Važno je, međutim, naglasiti da ako postoje neke veće promene na postrojenju ili procesu koji se mere i koji bi mogli uticati na emisije (i pozitivno i negativno) ili sposobnost CEMS-a da izmeri neki parametar, operater mora da proceni AMS i sprovede drugu QAL2 procenu.
- Velika promena mogla bi se mogla odnositi na: promenu vrste goriva, promenu procesa sagorevanja ili zatvaranja, ili bilo šta, što bi moglo radikalno promeniti emisiju.

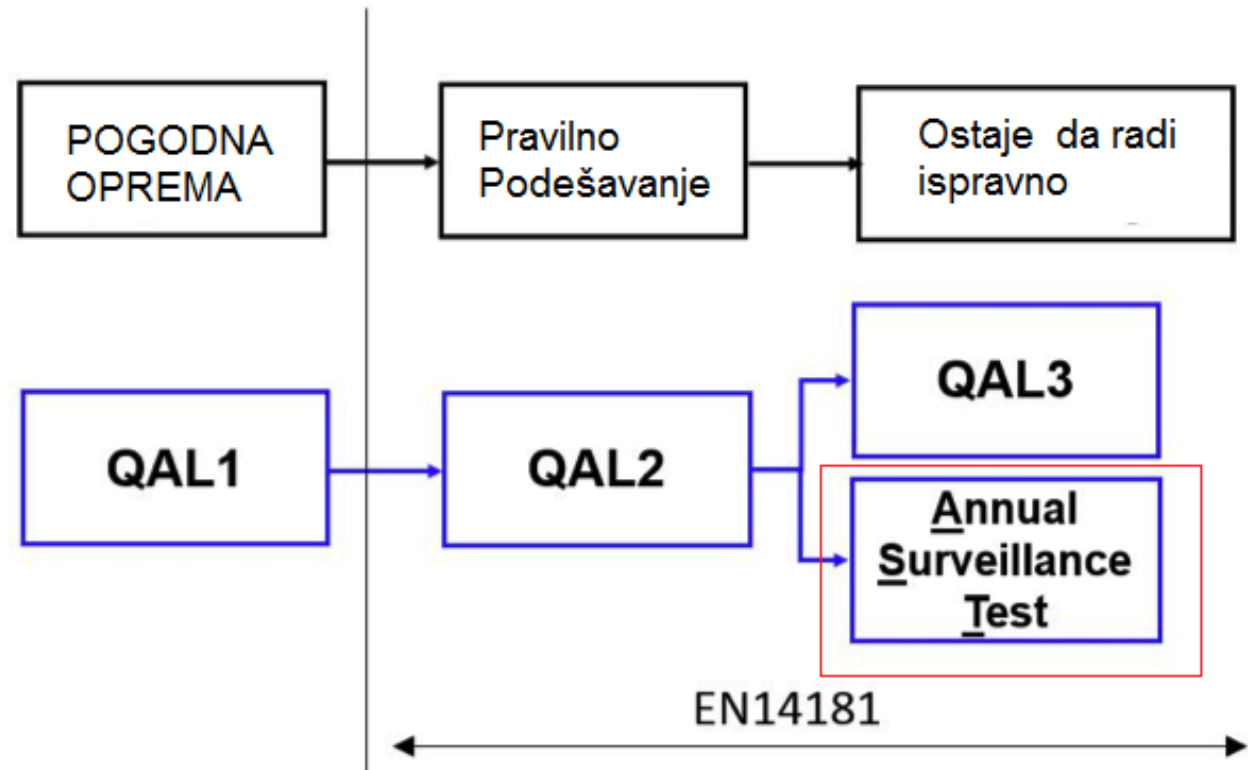
# QAL3

- QAL3 se odnosi na kontinualno praćenje CEMS između QAL2 testova.
- Od operatora se traži da brižljivo pazi na stabilnost i performanse svojih sistema za nadzor.
- EN 14181 preporučuje operaterima postrojenja da počnu sa prikupljanjem podataka za QAL3 odmah nakon što je instaliran i pušten u rad CEMS.
- Ovo osigurava da postoji dovoljno prijavljenih informacija o performansama i funkcionalnostima nadzora sistema i pomaže u smanjenju šansi da merni sistem ne ispunjava zahteve kako je navedeno u QAL2.
- Ovaj period traje obično oko 3 meseca, premda je na vrlo stabilnim procesima i sistemima sa dobrim performansama taj period često smanjen.
- Minimalni interval za QAL3 je definisan u terenskom testu QAL1
- Uz nadzor QAL3, industrijska postrojenja su u stanju da „primete“ bilo kakve pomeranja u nivoima nultih vrednosti i mernih opsega, i da ukažu na to da li sistem ima potrebe za održavanjem.

# AST-Annual Surveillance Tests

- Godišnji nadzorni testovi su vrlo slični QAL2 testu, ali se sprovode u manjem obimu.
- Ovi mini-QAL2 testovi su funkcionalni laboratorijski spot testovi koji mapiraju izvođenje CEMS-a.
- Njihova svrha je da provere trajnu valjanost funkcije kalibracije, a zahtevi i odgovornosti za sprovođenje AST testova su isti kao i za QAL2.

## EN 14181





# Uloge i odgovornosti

- QAL1, QAL2, AST i QAL3 zatevaju saradnju više strana:
- Dobavljači i proizvođači CEMS
  - QAL1 sertifikati za CEMS
  - Odgovarajuća i sigurna instalacija CEMS-a
  - Saradnja sa operatorom postrojenja pre QAL2 i AST testova (ako je potrebno)
- TEST LABORATORIJE
  - Održavanje akreditovanih standardnih referentnih metoda za QAL2 i AST.
  - Funkcionalni testovi (QAL2 i AST): uzorkovanje ili revizija rezultata ispitivanja od strane drugih strana
- Industrijska postrojenja/Operatori
  - QAL2, QAL3 & AST izveštavanje regulatora i lokalnih vlasti
  - Izvođenje QAL3
- Regulatori/ lokalne vlasti za emisije
  - Procena usaglašenosti operatera
  - Procena laboratorija za ispitivanje
  - Pružanje smernica za EN 14181

# NOVE GRANICE ZAGAĐENJA!!!

- Članice Evropske unije prihvatile su nove granice zagađenja vazduha za velika postrojenja na sagorevanje, u aprilu 2017.
- Nova ograničenja mogu zahtevati od komunalnih preduzeća da ulažu u nove tehnologije u cilju redukcije zagađenja.
- Ovo jača zahteve Direktive za industrijske emisije (DIREKTIVA 2010/75 /EU) i za njihovo smanjenje i praćenje; oba su navedena u „Zaključcima najboljih dostupnih tehnika za velika Postrojenja za sagorevanje“(*Best Available Techniques Conclusions for Large Combustion Plants-BATC LCP*).
- Zaključci LCP BAT objašnjavaju nove granične vrednosti emisije (ELV) za sumpor-dioksid, azot-okside, živu i čestice i zahtevaju da velika postrojenja za sagorevanje u Evropi poštuju te granice do 2021. godine.

# BAT - Best Available Technology Associated Emission Levels

- Najbolji dostupni nivoi emisija (BAT-AELs odnosno „Best Available Technology Associated Emission Levels“) su povezani sa tehnologijom postavljeni su kao opseg i zasnovani na dokazima iz postrojenja koja rade u celom svetu.
- Koncept BAT pokriva ne samo ekološke performanse tehnike već i to da je trenutno u upotrebi i ekonomski održiva.
- Rasponi BEL AEL biće referenca za određivanje ovih graničnih vrednosti emisije, uzimajući u obzir vrstu goriva, tehnologiju sagorevanja i druge relevantne uslove.

# LCP BAT - Best Available Technology Associated Emission Levels

- LCP BAT zaključak se odnosi na instalacije sagorevanja sa ukupnom nominalnom toplotnom snagom koja je veća od 50 MW , koja se odvija u postrojenjima za sagorevanje.
- Bez obzira na to, postrojenja snage  $\leq 50\text{MWth}$  se raspravljaju tamo gde je to tehnički relevantno, jer se manje jedinice mogu potencijalno dodati postrojenju za izgradnju jedne instalacije veće snage (recimo od 50MW).
- Ovi Zaključci BAT odnose se i na sledeće aktivnosti:
  - Gasifikacija uglja ili drugih goriva u postrojenjima sa  $\geq 20\text{MWth}$  ili više, samo kada je ova aktivnost direktno povezana sa postrojenjem za sagorevanje*
  - Odlaganje ili oporavak otpada u postrojenjima za suspaljivanje otpada za neopasni otpad sa kapacitetom većim od 3 tone na sat ili za opasni otpad sa kapacitetom preko 10 tona dnevno, samo kada se ova aktivnost odvija u postrojenjima za sagorevanje.*



## Šta je sve „pokriveno“ BREF-om; BREF (BAT Reference document); \*BAT- Best Available Technologies

- Različite varijacije konvencionalnih elektrana koje se koriste za proizvodnju električne energije i toplote pokrivene su BREF-om.
- Instalacije za industrijsko sagorevanje pokrivene su ako koriste konvencionalno gorivo.
- Konvencionalna goriva koja se razmatraju u ovim zaključcima su bilo koji čvrsti, tečni i / ili gasoviti zapaljivi materijal koji uključuje:

(1)čvrsta goriva (npr. ugalj, lignit, treset); (2) biomasa;(3) tečna goriva; (4) gasovita goriva; (5) industrijska goriva (npr. nusproizvodi iz hemijske i industrije gvožđa i čelika); (6) otpad (isključujući mešoviti komunalni otpad)

# LCB BAT zaključci

- LCP BAT zaključci se odnose na instalacije za sagorevanje sa ukupnom nominalnom toplotnom snagom većom od 50 MW koja se ima u postrojenjima za sagorevanje.
- Bez obzira na to, za postrojenja sa snagom  $\leq 50\text{MWth}$  se raspravlja da tamo gde je to tehnički izvodljivo, se mogu potencijalno dodati manje jedinice postrojenju za izgradnju jedne veće instalacije iznad 50MW.
- Ovi BAT Zaključci se odnose i na sledeće aktivnosti:
  - Gasifikacija uglja ili drugih goriva u postrojenjima sa  $\geq 20\text{MWth}$  ili više, samo u slučaju kada je ova aktivnost direktno povezana sa postrojenjem za sagorevanje.
  - Odlaganje ili reciklaža otpada u postrojenjima za suspaljivanje otpada za neopasni otpad kapaciteta preko 3 tone na sat ili za opasni otpad kapaciteta preko 10 tona dnevno, samo u slučaju kada se ova aktivnost odvija u postrojenjima za sagorevanje.
- Različiti tipovi konvencionalnih elektrana koje za proizvodnju električne energije koriste mehaničku ili toplotnu energiju (hidro i termoelektrane) pokrivene su BREF-om.
- Instalacije za industrijsko sagorevanje pokrivene su ako koriste konvencionalno gorivo.
- Konvencionalna goriva koja se razmatraju u BAT zaključcima, bilo koji čvrsti, tečni i/ili gasoviti materijali su: (1) čvrsta goriva (npr. ugalj, lignit, treset), (2) biomasa, (3) tečna goriva, (4) gasovita goriva, (5) goriva specifična za industriju (npr. nusproizvodi iz hemijske i industrije, industrije gvožđa i čelika), (6) otpad (isključujući mešoviti komunalni otpad)

# NOVI ZAHTEVI ZA KONTINULANO MERENJE EMISIJA

- Kontinulani nadzor emisija će biti potreban u slučaju sledećih komponenti:
- Amonijak NH<sub>3</sub>, kada se koriste SCR (selektivna katalitička redukcija) i/ili SNCR (selektivna nekatalitička redukcija)
- Živa Hg, kada je LCP ≥ 300 MWth, kada se koristi ugalj i/ili lignit, uključujući zajedničko spaljivanje otpada
- Hlorovodonik HCl, kada se čvrsta biomasa i/ili treset koristi u LCP, ili u ko-spaljivanju otpada

POLUTANT (jedinjenje)	ZAHTEVI MERENJA
NH <sub>3</sub> (amonijak); kada se koriste SCR i/ili SNCR	KONTINUALNO
Hg (živa) kada je LCP≈300MWth)	KONTINUALNO
HCl (hlorovodonik) ; kada se koristi čvrsta biomasa i/ili treset	KONTINUALNO
HCl (hlorovodonik) ; otpad i u ko-spaljivanju otpada	KONTINUALNO
HCl(hlorovodonik); (ugalj, lignit, procesna goriva u hemijskoj industriji)	SVAKA TRI MESECA
HF (fluorovodonik); otpad u ko-spaljivanju otpada	KONTINUALNO
HF (fluorovodonik); (ugalj, lignit, procesna goriva u hemijskoj industriji)	SVAKA TRI MESECA
Total Organic Volatile Carbon-TVOC (organski isparljivi ugljenik); (otpad u ko-spaljivanju sa ugljem, ligniti, čvrsta biomasa i/ili treset)	KONTINUALNO

## NOVI LIMITI EMISIJA

Relevantne promene novih ograničenja emisije odnose se na:

- emisije žive u vazduhu
- hlorovodonik i fluorovodonik koji nastaju prilikom sagorevanja čvrstih goriva u velikim postrojenjima sa sagorevanjem (Large Combustion Plants-LCP)
- zagađivači uključujući sumpor-dioksid ( $\text{SO}_2$ ) i azotni oksidi ( $\text{NO}_x$ )





**BAT povezani limiti emisija žive u vazduhu iz postrojenja sa sagorevanjem uglja i lignita; \*BAT- *Best Available Technologies***

UKUPNA ULAZNA TERMIČKA SNAGA POSTROJENJA NA SAGOREVANJE (MWth)	BAT-AELs (µg/Nm <sup>3</sup> )	
	Godišnji prosek ili prosek uzoraka dobijenih tokom jedne godine	
	Nova postrojenja	Postojeća postrojenja
UGALJ < 300	< 1-3	< 1-9
UGALJ ≥ 300	< 1-2	< 1-4
LIGNIT < 300	< 1-5	< 1-10
LIGNIT ≥ 300	< 1-4	< 1-7

## BAT povezani limiti emisija HCl u vazduhu iz postrojenja sa sagorevanjem čvrste biomase i/ili treseta

UKUPNA ULAZNA TERMIČKA SNAGA POSTROJENJA NA SAGOREVANJE (MWth)	BAT-AELs ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )	
	Godišnji prosek ili prosek uzoraka dobijenih tokom jedne godine	
	Nova postrojenja	Postojeća postrojenja
< 100	< 1-7	< 1-15
100-300	< 1-5	< 1-9
$\geq 300$	< 1-5	< 1-5

# BAT povezani limiti emisija NOx u vazduhu iz postrojenja sa sagorevanjem uglja i/ili lignita

UKUPNA ULAZNA TERMIČKA SNAGA POSTROJENJA NA SAGOREVANJE (MWth)	BAT-AELs (µg/Nm <sup>3</sup> )	
	Godišnji prosek ili prosek uzoraka dobijenih tokom jedne godine	
	Nova postrojenja	Postojeća postrojenja
< 100	100-150	100-270
100-300	50-100	100-180
≥ 300; kotlovi sa fluidizovanim slojem i sa sagorevanjem uglja i/ili lignita i kotlovi sa sprašenim lignitom	50-85	<85-150
≥ 300; kotlovi sa sprašenim ugljem	65-85	65-150

# BAT limiti emisija SO<sub>2</sub> u vazduhu iz postrojenja sa sagorevanjem uglja i/ili lignita

UKUPNA ULAZNA TERMIČKA SNAGA POSTROJENJA NA SAGOREVANJE (MWth)	BAT-AELs (µg/Nm <sup>3</sup> )	
	Godišnji prosek	
	Nova postrojenja	Postojeća postrojenja
< 100	150-200	150-360
100-300	80-150	95-200
≥ 300; kotlovi	10-75	10-130
≥ 300; kotlovi sa fluidizovanim slojem	20-75	20-180



# BAT limiti emisija za NO<sub>x</sub> i SO<sub>2</sub> (uporedno) u vazduhu iz postrojenja na sagorevanje

UKUPNA ULAZNA TERMIČKA SNAGA POSTROJENJA NA SAGOREVANJE (MW <sub>th</sub> )	BAT-AELs (µg/Nm <sup>3</sup> )			
	Godišnji prosek NO <sub>x</sub>		Godišnji prosek SO <sub>2</sub>	
	Nova postrojenja	Postojeća postrojenja	Nova postrojenja	Postojeća postrojenja
50-100/< 100 (SO <sub>2</sub> )	150-200	150-360	15-70	15-100
100-300	80-150	95-200	<10-50	<10-70
≥ 300	10-75	10-130	<10-35	<10-50

# SMERNICE I KONTROLNA LISTA zahteva

- Svaka država EU će odrediti sopstvene granične vrednosti emisija (GVE) na osnovu BAT-AEL.
- Potrebno je definisati GVE za koje se država obavezuje da će se pridržavati.
- Ulaganje u tehnologiju praćenja emisija koja je u skladu sa novim zahtevima LCP BREF
- Potrebno je obratiti posebnu pažnju na niže granice emisije i na zahteve novog kontinualnog nadzora
- Ako je potrebno, izvršiti prilagođavanje sistema sagorevanja ili postojećeg sistema selektivne katalitičke redukcije-SCR / selektivne nekatalitičke redukcije-SNCR
- Ako je potrebno, instalirati novi SCR ili SNCR sistem.
- Potrebno je imati na umu da ako se koriste SCR ili SNCR, amonijak-  $\text{NH}_3$  treba neprekidno meriti.
- Obaveza usvajanja i pridržavanja novih zahteva do 2021. godine.

## EN 15267 sertifikovana rešenja-praktični primeri

- U skladu sa propisima LCP BREF i VI BREF, merno-akvizicioni sistem mora da obezbedi tehnologiju koja koja ispunjava propise navedene u referentnom dokumentu.
- U ovoj prezentaciji će biti dat primer referentne tehnologije GASMET® u ovoj oblasti, kao i neki karakteristični primeri u praksi
- GASMET proizvodi kompletne sisteme CEM (za kontinualno praćenje emisija) zasnovane na FTIR tehnologiji i CMM sisteme za kontinualno praćenje žive, bazirane na CVAF tehnologiji i GT90 Dioxin(+) sistem za merenje dioksina i furana.
- GASMET CEMS IIe je EN 15267 sertifikovan za merenje CO, NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, HCl, HF, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> i CH<sub>2</sub>O u proširenim opsezima.
- GASMET-ov CMM ima najniži sertifikovani opseg merenja žive-Hg na svetu, od 0 do 5mg/m<sup>3</sup>.
- GASMET-ov GT90 Dioxin(+) sistem je dizajniran specijalno za dugoročno praćenje emisije dioksina. Automatski sistem predstavlja najsavremeniju tehnologiju za uzorkovanje dioksina i ispunjava sve zahteve standarda za merenje dioksina
- GASMET nudi stacionarne i prenosne sisteme za nadzor i tehnologiju za kontinualno merenje gasova.

## CEMS Ile sistem za kontinualno praćenje emisija

- Ovaj sistem je rešenje za aplikacije monitoringa širokog spektra emisija
- CEMS Ile ima i TUV i MCERTS sertifikate.
- Svi delovi sistema se zagrevaju do 180°C i ovaj uzorkujući sistem je podesan za merenje zagađivača iz vrućih, vlažnih i korozivnih struja gasova.
- GASMET CEMS Ile se koristi za istovremeno merenje i monitoring 16 gasova: H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CO, N<sub>2</sub>O, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, HCl, HF, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, CH<sub>2</sub>O i C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>.
- Dodatno FTIR analizator u ovom sistemu može da meri ukupni organski ugljenik (TOC) i okside azota NO<sub>x</sub>.



## CEMS Ile – sastav po modulima

Standardni GASMET CEMS Ile se sastoji od elektronskih modula :

- LCD monitor +Industrial computer
- Sistem za uzorkovanje (Sampling system)
- Analizator kiseonika (Oxygen analyzer)
- FTIR analizator
- Detektor jonizacije (Flame Ionization Detector)+ GFID (opciono)

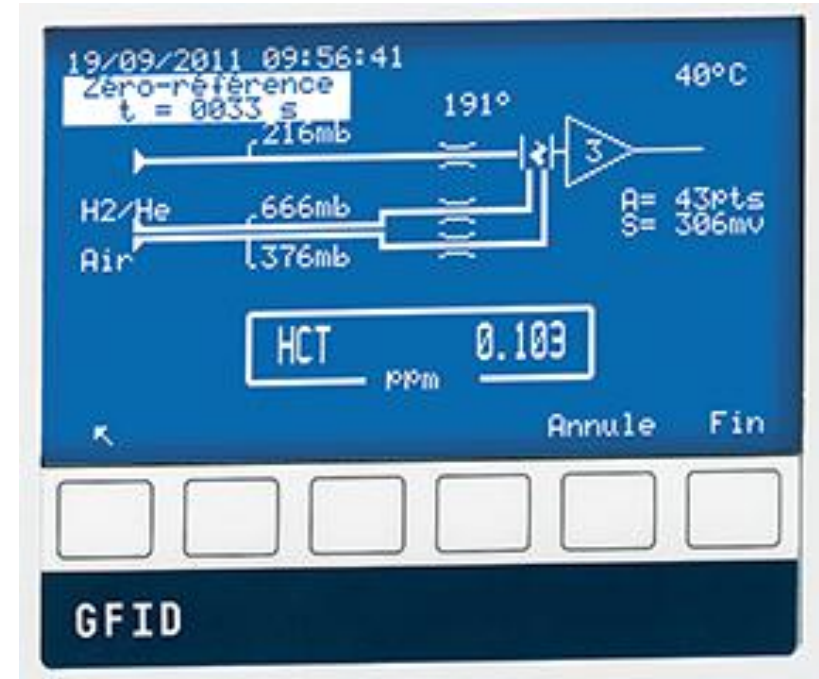


CEMS Ile je potpuno automatizovan sistem i ima niz I/O konfiguracionih opcija. Koncentracije gasnih komponenata i informacije o alarmu mogu se preneti na druge sisteme za automatizaciju ili izveštavanje u analognom ili digitalnom formatu. Sistem ima mogućnost TCP/ IP i Profibus DP komunikacije. Sistem CEMS Ile takođe je opremljen mogućnošću korišćenja analognih i digitalnih ulaza za spoljne podatke, na primer iz analizatora poput protoka i analizatora čestica i prašine.



# GFID-GASMET Flame Ionization Detector

- GASMET detektor jonizacije plamenom (GFID) meri neprekidnu koncentraciju ukupnog hydrocarbon-a (THC).
- GFID analizator ima TUV sertifikat (QAL1) i uređaj meri zagađivače iz vrućih, vlažnih i korozivnih dimnih gasova.
- Merenje se zasniva na detekciji jonizacije plamenom.
- Sertifikovani opsezi merenja su:  
0-15mg/m<sup>3</sup> i 0-500mg/m<sup>3</sup>.
- GFID analizator je integrisan u sistem kontinualnog praćenja emisija CEMSIIe

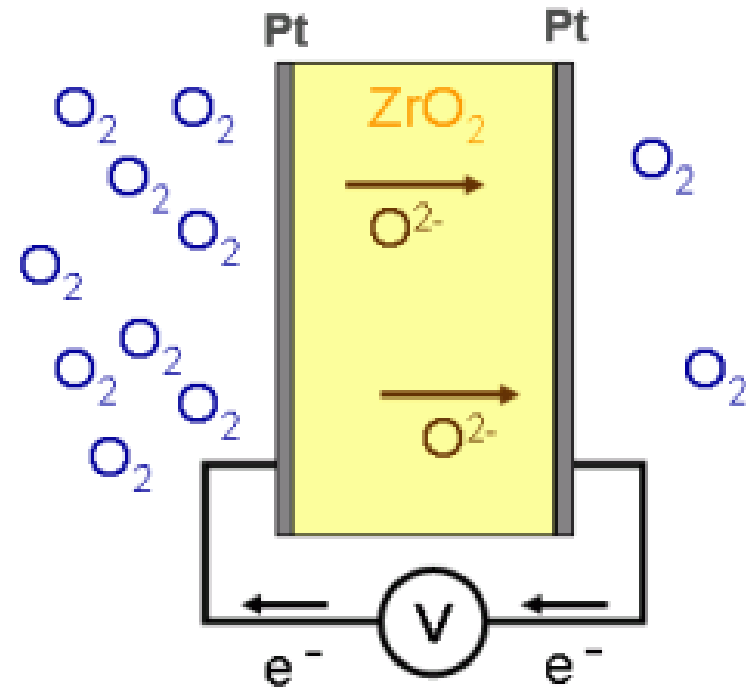
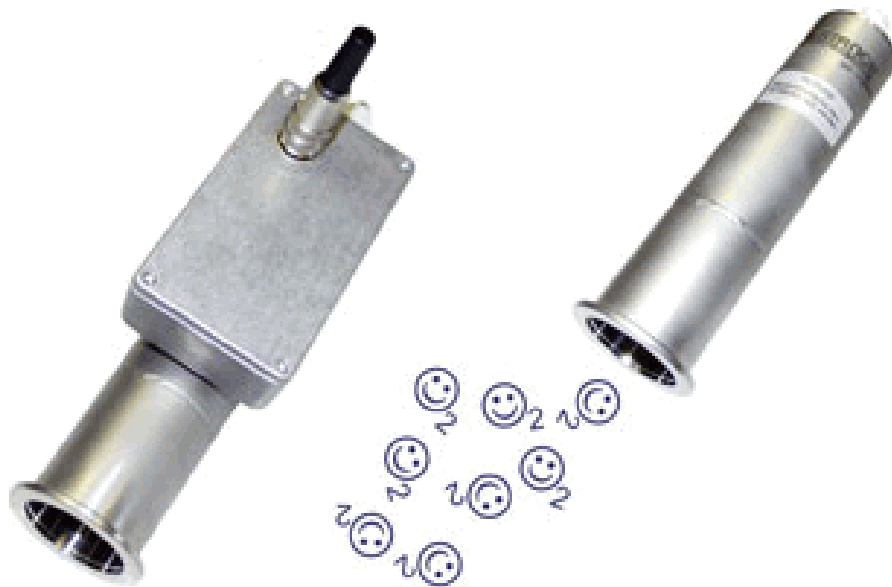


# GASMET analizator O<sub>2</sub>

- GASMET analizator kiseonika kontinualno meri koncentraciju kiseonika iz vlažnih ili suvih dimnih gasova.
- Analizator je pogodan za nekoliko industrijskih primena gde je potrebno tačno i pouzdano merenje kiseonika.
- Merenje se vrši pomoću ZrO<sub>2</sub> senzora (senzor na bazi Cirkonijum (Zr) Oksida-O<sub>2</sub>).
- Analizator može meriti kiseonik od 1 ppm do 25 vol.%.
- Analizator kiseonika može se integrisati u Gasmetov sistem za kontinualno praćenje emisija CEMSile.



# ZrO<sub>2</sub> senzor



U mernoj jedinici, cirkonijum-oksidsna membrana odvaja referentni gas (npr. vazduh) od uzorkovanog gasa. Obe strane membrane su presvučene tankim filmovima od paladijuma, koji služe kao elektrode tako da se formira čvrsta, elektrohemijaska ćelija. Sve dok je parcijalni pritisak kiseonika jednak sa obe strane, kretanje jona kiseonika unutar membrane je slučajno. Kada koncentracija kiseonika na obe strane membrane postane različita, tada joni kiseonika počinju da migriraju unutar kristalne rešetke sa strane višeg parcijalnog pritiska O<sub>2</sub> na stranu nižeg pritiska. Gradijent koncentracije jona kiseonika uspostavljen je u rešetki ZrO<sub>2</sub>, koja stvara naponski potencijal između dve platinske elektrode. Odnos između napona i promene parcijalnog pritiska O<sub>2</sub> u uzorku gasa je logaritamski. Ova metoda se može koristiti za merenje koncentracije kiseonika (u %), kao i za merenje tragova kiseonika (u ppm). Analizatori kiseonika u ZrO<sub>2</sub> imaju veliku brzinu odziva. Treba uzeti u obzir da će već prisustvo malih količina redukcionih gasova poremetiti merenje.

Zbog visoke radne temperature, senzori cirkonijumovog oksida mogu se koristiti za merenje kiseonika O<sub>2</sub> u pećima kao što su vertikalne peći, horizontalne peći, transportne peći, boks peći i industrijske peći.

## GASMET opsezi merenih gasova

Component	Certification range (min/max)	Unit
Water, H <sub>2</sub> O	0 – 30 / 40	Vol.-%
Carbon Dioxide, CO <sub>2</sub>	0 – 25	Vol.-%
Carbon Monoxide, CO	0 – 75 / 1500	mg/m <sup>3</sup>
Nitrous Oxide, N <sub>2</sub> O	0 – 100 / 500	mg/m <sup>3</sup>
Nitric Oxide, NO	0 – 150 / 2000	mg/m <sup>3</sup>
Nitrogen Dioxide, NO <sub>2</sub>	0 – 200 / 500	mg/m <sup>3</sup>
Sulfur Dioxide, SO <sub>2</sub>	0 – 75 / 1500	mg/m <sup>3</sup>
Hydrogen Chloride, HCl	0 – 15 / 90	mg/m <sup>3</sup>
Hydrogen Fluoride, HF	0 – 3 / 10	mg/m <sup>3</sup>
Ammonia, NH <sub>3</sub>	0 – 15 / 50	mg/m <sup>3</sup>
Methane, CH <sub>4</sub>	0 – 15 / 150	mg/m <sup>3</sup>
Formaldehyde, CH <sub>2</sub> O	0 – 20 / 90	mg/m <sup>3</sup>
Oxygen, O <sub>2</sub>	0 – 25	Vol.-%

## GASMET sistem za kontinualno merenje emisija žive

- GASMET nudi dva rešenja za kontinualni monitoring žive: CMM i CMM AutoQAL.
- Sistem je baziran na pomenutoj CVAF metodi
- Oba sistema obezbeđuju veliku osetljivost
- CMM AutoQAL je jedini TUV i MCERTS sertifikovano rešenje sa automatskim i integrisanim alatom za proveru QAL3.
- Sertifikovano merenje sa najnižim sertifikovanim opsegom na svetu ( $0-5\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
- Najveći sertifikovani opseg merenja je  $1000\mu\text{g}/\text{m}^3$
- CMM AutoQAL i CMM se sastoje od: (1) dilutacione sonde, (2) linije za grejanje uzoraka, (3) analizator žive, (4) test gasni generator

CVAF tehnologija garantuje kontinualno i precizno merenje bez potrebe za prethodnom koncentracijom uzorka. Integrisani termički pretvarač pretvara sva jedinjenja žive u elementarnu živu za merenje ukupne gasovite žive.





## GT90 DIOXIN (+) sistem za uzorkovanje

- GT90 Dioxin + sistem je dizajniran specijalno za dugoročno uzorkovanje emisije dioksina.
- Automatski sistem predstavlja najsavremeniju tehnologiju za uzorkovanje dioksina i ispunjava sve zahteve za merenje
- Monitoring se vrši u skladu sa evropskim standardom EN 1948-1
- Proizvodi se u dve verzije: standard i kompakt

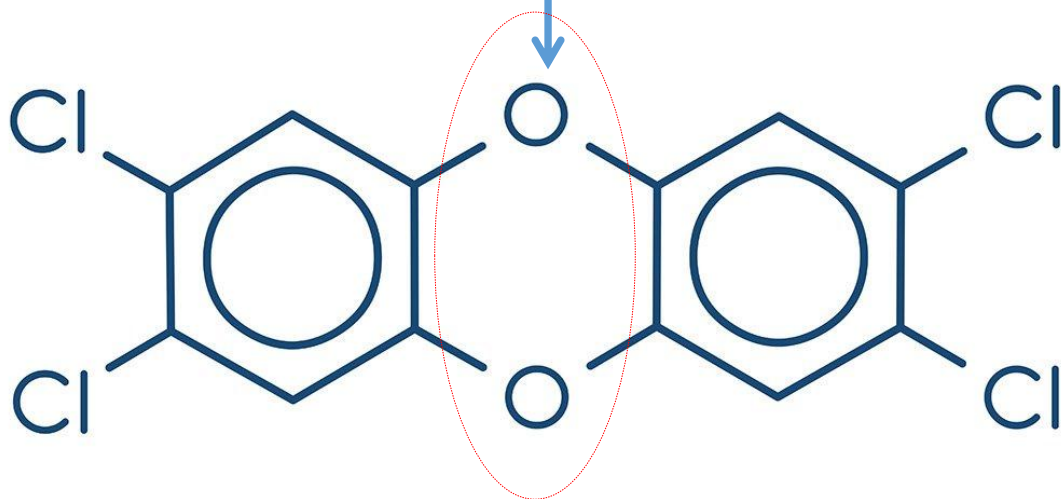
### GT90 Dioxin+ Standard

- Verzija GT90 Diokin+ sa dve sonde
- Posebno dizajniran za poboljšanje uzorkovanja u slogovima velikih prečnika
- Dostupne opcije za uzorkovanje fine prašine i teških metala(ParTrace®)
- Opcija fine prašine: za sakupljanje i odvajanje PM10, PM2.5 i opciono PM1
- Opcija teških metala: za sakupljanje teških metala i prašine

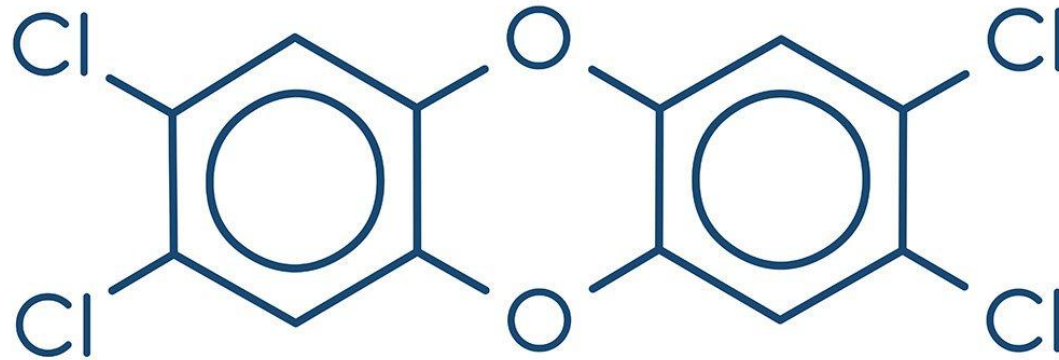


# GT90 Dioxin(+) verzija : Compact

- Verzija GT90 Dioxin(+) sa jednom sondom
- Pogodan za sisteme sa manjim prečnikom
- Napajanje 230 V 16 A, + neutralni vod + uzemljenje



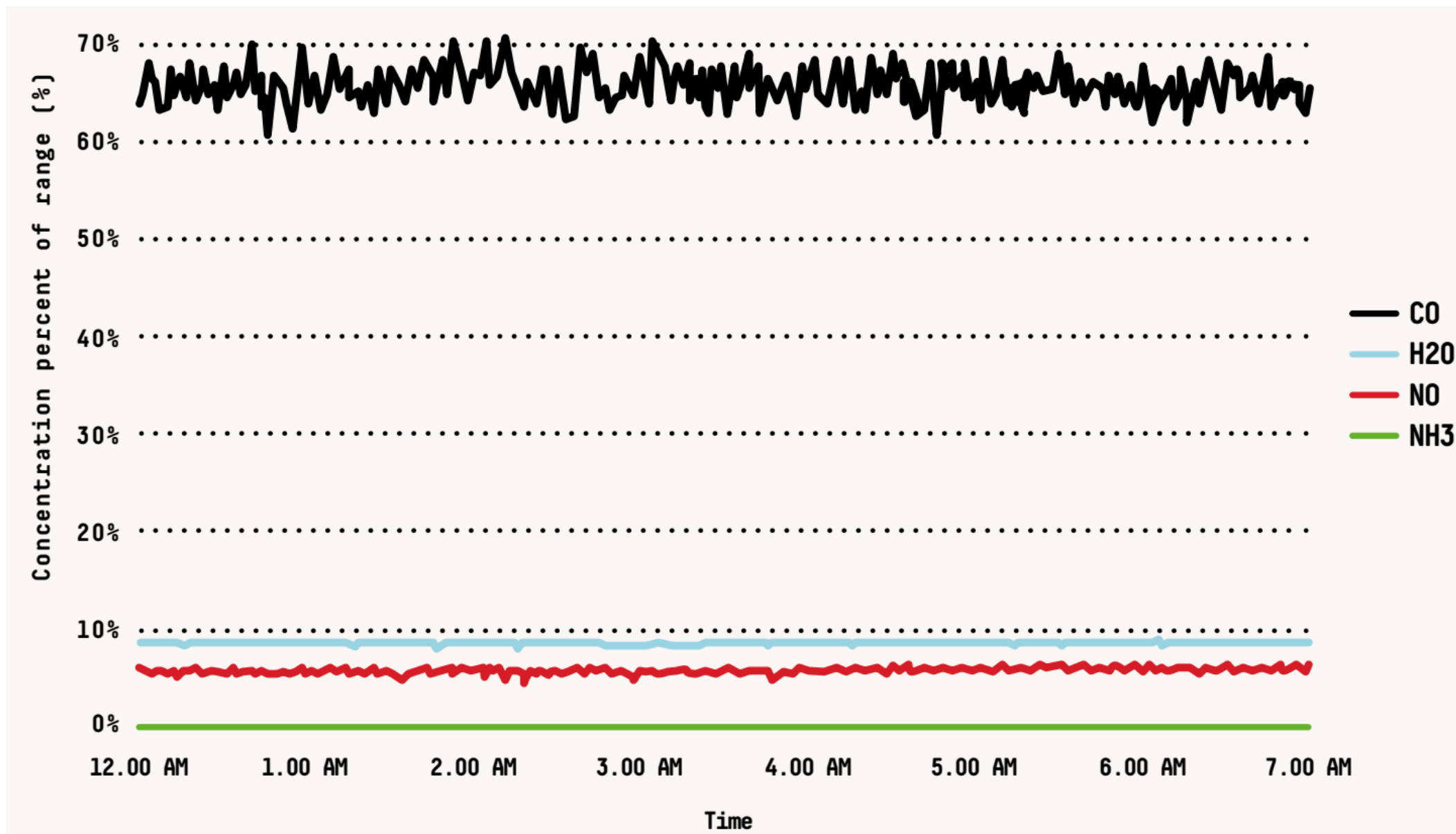
# Dioxin???



## Osnovni izvori dioksina su:

- Spaljivanje otpada
- Metalurški procesi
- Hemijska proizvodnja
- Termoelektrane
- Prirodni šumski požari (u maloj meri)
- Poslednje, ali ne i najmanje važno: **sagorevanje smeća u dvorištu!!!!**

Strukturna formula molekula TCDD zagađivača **polihlor dibenzodioksina**, koji se obično naziva **dioksin**. To je nusproizvod nastao tokom spaljivanja materijala koji sadrže hlor.



Primeri izmerenih gasova na termoenergetskom postrojenju (termoelektrani) izmereni GASMET CMM sistemom; Nulta kalibracija sistema je vršena u 04:50 i „span“ kalibracija za 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  u 05:50

# LITERATURA:

- „The Gas Monitoring Handbook Paperback“ – June 1, 1999, by Gerald L. Anderson, David M. Hadden
- „Continuous Emission Monitoring“ -2<sup>nd</sup>, 2000, Edition by [James A. Jahnke](#) , [James Jahnke](#)
- Emission Monitoring Handbook, GASMET Technologies, 2020
- [www.grandviewresearch.com/industry-analysis/emission-monitoring-systems-market](http://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/emission-monitoring-systems-market)
- <https://www.gasmet.com/wp-content/uploads/2019/09/GT90-Dioxin-Technical-datasheet.pdf>





**HVALA NA PAŽNJI!!!**  
**PITANJA????**

Maj 2021