

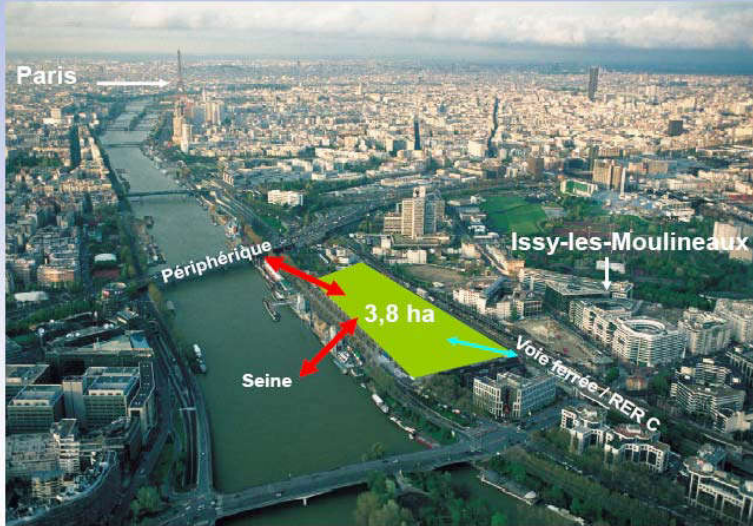
Висока техничка школа струковних студија у Нишу

ПРЕДМЕТ

ЕНЕРГЕТСКИ ПОТЕНЦИЈАЛ ОТПАДА



Мастер струковне студије: УПРАВЉАЊЕ ОТПАДОМ



["Isséane" Plant - Paris](#)



["Isséane" Plant - Paris](#)

ЕМИСИЈЕ ЗАГАЂУЈУЋИХ МАТЕРИЈА ИЗ ПРОЦЕСА САГОРЕВАЊА ОТПАДА

Школска 2018-19
Семестар: ЗИМСКИ

Постројења за термички третман отпада, током процеса генеришу велики број штетних материја.

Последњих година је количина штетних супстанци смањена захваљујући коришћењу савременије опреме за пречишћавање, али и побољшању карактеристика самог процеса сагоревања.

Испуштање загађујућих материја током процеса сагоревања манифестује се кроз:

- **ЕМИСИЈЕ У ВАЗДУХ**
- **ЕМИСИЈЕ У ВОДУ**
- **ЧВРСТИ ОСТАТАК**

ЕМИСИЈА:

испуштање загађујућих супстанци из индивидуалних и дифузних извора у животну средину.

ИМИСИЈА:

концентрација загађујућих супстанци у животној средини, односно она концентрација коју одређен објекат или човек прима.

Гранична вредност емисије (ГВЕ)

највећа дозвољена количина материје садржана у отпадним гасовима која може бити емитована у ваздух из постројења у одређеном периоду.

(изражава се као маса загађујуће материје - масена концентрација, која се налази у 1 м³ отпадних гасова, изражена у мг/нормални м³, под прописаним запреминским уделом кисеоника у отпадном гасу)

ЕМИСИЈЕ У ВАЗДУХ

Главни извори загађивања ваздуха су:

- **стационарни процеси сагоревања** (производња електричне енергије, индустријски котлови, загревање стамбених и индустријских објеката).
- **саобраћајни системи** (аутомобили, авиони, шинска возила, бродови).
- **индустријска предузећа** (сви процеси сагоревања у металургији, производњи пластичних маса, у индустрији цемента, рафинеријама нафте, саобраћају и складиштењу).
- прерада чврстих отпада итд.

Према подацима Светске Здравствене Организације (2003) у свету се годишње **услед аерозагађења догоди преко 2.7 милиона смртних случајева.**

Резултати студије спроведене у три европске земље (Аустрија, Швајцарска и Немачка) са 75 милиона становника, процењују да је изложеност респирабилним честицама одговорна за око **40.000 смртних случајева годишње.**

Половина броја ових смртних исхода се приписује честицама из саобраћаја, што је једнако броју људи који годишње настрада у Европској Унији у саобраћајним удесима.

Процењено је да је у ЕУ током 2000. године дошло до губитака 3.6 милиона година живота услед аерозагађења респирабилним честицама.

-
-
- Мрежа удружења HEAL (Health and Environment Alliance) је објавила студију у којој су изнели податке да термоелектране у земљама Европске уније годишње изазову око 23.300 прераних смрти, а да је финансијска штета загађења око 54,7 милијарде евра.
 - Ово се односи само на загађење из термоелектрана на угаљ, па би се овоме требало додати и загађења из моторних возила, као и пећи и котлова за индивидуално гријање.

Интересантне супстанце које се емитују из оваквих постројења и чији су дозвољени нивои концентрације најчешће лимитирани на основу законске регулативе су:

- Укупне суспендоване материје, укључујући PM10, PM2,5 и нано честице.
- Продукти непотпуног сагоревања: угљенмоноксид и органска једињења (ТОС-укупни органски угљеник, VOC-испарљива органска једињења, као и друге органске материје)
- Кисела једињења – SO_x (претежно SO₂, делимично SO₃, NO_x (NO и NO₂), HCl и HF
- Тешки метали – Hg, Cd, Pb, As, Co, Cr, Cu, V, Mn, Sb
- Диоксини и фурани

Укупне суспендоване материје, укључујући PM10, PM2,5 и нано честице (particulate matter-PM)

У опсег укупних суспендованих честица (total suspended particles – TSP) спадају све оне које су мање од 40 микрона!

(Честице присутне у атмосфери су димензија од око 0,002 до 100 микрона. Ове највеће се не задржавају суспендоване у атмосфери дуго времена, већ се брзо таложе – за свега 4 до 8 сати.)

Законска регулатива Европске Уније већ дуги низ година, а од 2010. године и српска регулатива прописују мониторинг две фракције честица присутних у ваздуху, мањих од 2.5 μm такозваних финих честица PM2.5 и мањих од 10 μm пречника, PM10, у чији састав улазе поред финих честица и грубе честице које су из опсега од 2.5-10 μm .

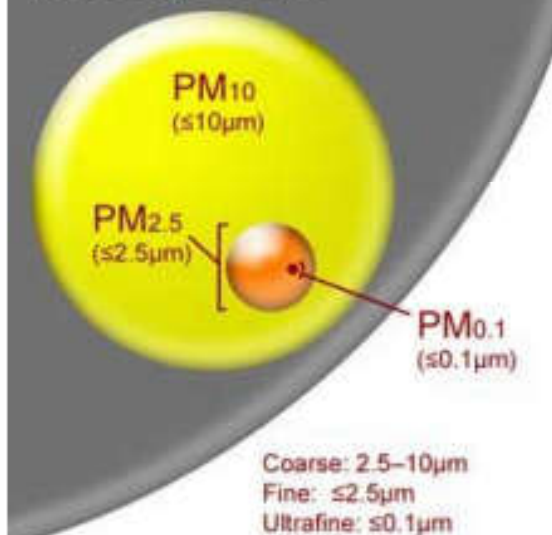
-
-
- У просеку на европском континенту главни састојци суспендованих честица су **сулфатна једињења и разна органска једињења.**
 - Ове компоненте су присутне као у PM10 категорији тако и у PM2,5 категорији.
 - Уз ове компоненте присутна је и прашина минералног порекла посебно у близини путева, међутим када је загађење од саобраћаја велико и када концентрација суспендованих честица пређе вредност од 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и нитратна једињења постају значајану компоненту у суспендованим честицама.
 - Коначно, у суспендоване честице се убраја у чађ која често чини 5 до 10% од укупног садржаја фино суспендованих честица (PM2,5), мада концентрација чађи поред путева достиже и 15 до 20% од укупног садржаја фино суспендованих честица.

Šta su suspendovane čestice u vazduhu?

Zagađenje vazduha suspendovanim česticama (na engleskom jeziku *particulate matter* – PM) sastoji se od veoma malih čestica (partikula) u tečnom ili čvrstom agregatnom stanju. Među njima su posebno značajne one koje se mogu dospeti do najdubljih delova pluća. Ove čestice imaju prečnik manji od $10\ \mu\text{m}$ ili opisno rečeno, prečnik im je manji od $1/7$ debljine ljudske dlake. Obično se ove čestice svrstavaju u tri kategorije:

- one manje od $10\ \mu\text{m}$ i označavaju se kao PM₁₀, a nazivaju se grube suspendovane čestice, i
- one manje od $2,5\ \mu\text{m}$ i označavaju se kao PM_{2,5}, a nazivaju se kao fine suspendovane čestice, i
- one manje od $0,1\ \mu\text{m}$ i označavaju se kao PM_{0,1}, a nazivaju se kao ultrafine suspendovane čestice.

Diameter of human hair
(for scale) : $60\ \mu\text{m}$



Odnos prečnika (dijametra) ljudske dlake ($60\ \mu\text{m}$) i:

- grubih suspendovanih čestica (od 10 do $2,5\ \mu\text{m}$)
- finih suspendovanih čestica ($\leq 2,5\ \mu\text{m}$)
- ultrafinih suspendovanih čestica ($\leq 0,1\ \mu\text{m}$)

Главни извори респирабилних честица су, поред природних извора, термоелектране и саобраћај!!!

Под природним изворима подразумевају се честице настале од земље, прашине, вулканских реакција, вегетације и разарања стена, у приобалном подручју честице соли, као и честице које се формирају хемијским реакцијама разних од емитованих гасова (H_2S , NH_3 , NO_x и HC) при чему настаје чврст производ или се хемијски мења већ постојећа честица у ваздуху.

Из антропогених извора честице настају:

- у процесу сагоревања као што су чађ од дизел горива или летећи пепео из термолелектрана
- од издувних гасова моторних возила, индустријских објеката где се одвијају процеси на високим температурама, термоелектрана на угаљ, ливница и челичана, мотора са унутрашњим сагоревањем, спаљивања смећа, итд
- током фотохемијских реакција (комплексне ланчане реакције гасовитих полутаната под утицајем сунчеве светлости) као што је градски смог од ресуспендоване прашине

...

Odakle potiču grube suspendovane čestice (PM10)?

Poreklo grubih suspendovanih čestica je dvojako, kako urbano, tako i ruralno, osnovni izvori su:

- Motorna vozila
- Peći za sagorevanje drveta
- Prašina sa gradilišta,
- Prašina sa odlagališta i deponija
- Prašina iz poljoprivrednih regiona
- Požari
- Industrijska postrojenja (termoelektrane, postrojenja za prženje rude, cementare ...)
- Vetrom podignuta prašina.

PM10 je obično smeša koja obuhvata dim, čađ, prašinu, soli, kiseline, metale... Suspendovane čestice nastaju tokom rada motora, hemijskih reakcija koje se odigravaju u atmosferi neposredno pri izlasku dimnih gasova iz industrijskih dimnjaka.

Šta su to fine suspendovane čestice (PM_{2,5})?

Fine suspendovane čestice se sastoje od čvrste i tečne faze koje lebde u vazduhu. To su najčešće:

- Aerosoli,
- Dim,
- Žagušljiva isparenja,
- Pepeo, i
- Polen.
-

Po hemijskom sastavu i one mogu uglavnom biti sulfata ili nitrata, organska jedinjenja ili minerali iz zemljišta. Ove čestice su vrlo pokretljive i dospevaju dublje u pluća od grubih suspendovanih čestica.

Odakle potiču fine suspendovane čestice (PM_{2,5})?

PM_{2,5} uglavnom nastaju u heterogenim hemijskim reakcijama koje se odvijaju u atmosferi ili nastaju sagorevanjem goriva u motornim vozilima, termoelektranama, industrijskim postrojenjima, pri sagorevanju drveta ili prilikom sagorevanja pojedinih poljoprivrednih otpadnih materijana na njivama i slično.

Šta su to ultrafine suspendovane čestice (PM 0,1)?

Najveći uticaj na ljudsko zdravlje imaju čestice čiji je dijametar $\leq 0,1 \mu\text{m}$. Talože se u alveolama. Mada je rizik od izloženosti i zdravstvenih efekata veći što su čestice manje granične vrednosti za frakcije čestica manje od 2.5 mikrona ne postoje. To su najčešće:

- Aerosoli,
- Dim,
- Zagušljiva isparenja

Svaka površina ima tendenciju da se na nju adsorbuju različiti molekuli. Sve dok su čestice mnogo veće od 100 nm (0.1 μm) broj adsorbovanih molekula neznatno raste sa smanjenjem veličine čestice, ali ako su prisutne čestice koje su manje od 100 nm (PM 0,1) procenat molekula na površini se povećava eksponencijalno, što se reflektuje u povećanoj hemijskoj i biološkoj aktivnosti čestica nano dimenzija.

Посебна подела је у функцији од продирања честица у респирабилни систем човека:

- Инхалабилне (могу се удахнути али не иду даље од носне/усне дупље – покупи их пљувачка)
- Торакалне честице (јер продиру у торакс – део тела у коме су смештена плућа човека – иду до трахеја)
- Респирабилне честице (доспевају до алвеола)

Kako PM10 utiču na naše zdravlje?

PM10 su među najopasnijim polutantima u vazduhu, one prilikom udisanja napadaju ljudski respiratorni sistem, utiču na njegovu otpornost i deponuju se u najdubljim delovima pluća.

Zdravstveni problemi otpočinju kada organizam počne da se brani od ovih stranih tela (čestica). PM10 izazivaju ili osnažuju astmu, bronhitise i druga oboljenja pluća, a samim tim smanjuju ukupnu otpornost organizma. Iako PM10 napadaju celokupnu ljudsku populaciju, vulnerabilne populacione kategorije (deca, trudnice, stari i bolesni) su posebno ugrožene.

Pored toga što oštećuju zdravlje PM10 umanjuju i vidljivost tokom dana jer stvaraju efekte vidljivosti koji su karakteristični za izmaglicu koja se često prepoznaje kao smog.

Kako PM_{2,5} utiču na naše zdravlje?

Vrlo bitan uticaj na ljudsko zdravlje imaju čestice čiji je dijametar $\leq 2,5 \mu\text{m}$. Posledice velikog unošenja ovih partikula u pluća obično završavaju sa hospitalizacijom, a u ekstremnim slučajevima i sa smrću. Ljudi sa astmom, srčanim problemima ili plućnim bolestima prvi su na udaru. Ove čestice mogu da izazovu negativne efekte po zdravlje i pri kratkim izlaganjima, na primer samo jedan dan, a pogotovu pri dugim izlaganjima – godinu i više dana.

Fine suspendovane čestice često su prisutne u procesima kao što je korozija, prašenje, oštećivanju vegetacije ili pri lošoj vidljivosti.

Код дуготрајне изложенисти финим честицама спроведене студије у САД су показале да пораст концентрације РМ2.5 за 10 μ /м³ резултује са 6% повећања свих врста здравствених ризика, 9% кардиопулмонарних ризика и са 14% повећања ризика од рака плућа

Šta se sve preduzima da se smanji sadržaj grubih suspendovanih čestica u vazduhu?

Postoji niz propisa koji su uspostavljeni u skoro svim razvijenim zemljama, pa i kod nas, kojim se reguliše generisanje ili emisija suspendovanih čestica, njihove maksimalno dozvoljene koncentracije kao i planovi kako se sadržaj ovih čestica može smanjiti. Ovo obuhvata:

- Kontrolu emisije suspendovanih čestica iz motornih vozila, dakle u saobraćaju,
- Postrojenja za prečišćavanje otpadnih gasova od suspendovanih čestica (odprašivači ili skruberi su najpoznatiji)
- Postupke za sprečavanje širenja suspendovanih čestica (pravljenje vodenih zavesa i vlaženje površina koje stvaraju PM)
- Kontrola imisije i emisije na bazi zakonskih obaveza.

Угљенмоноксид и испарљива органска једињења (VOC)

- CO је присутан у димним гасовима као резултат непотпуног сагоревања отпада
- VOC имају способност да испаравају и доспевају у атмосфери. Производ су непотпуног сагоревања

Сумпордиоксид, оксиди азота, кисели гасови

- Сумпордиоксид: присутан у димним гасовима , као последица његовог присуства у отпаду који се сагорева (у отпадном папиру, гипсаним остацима, канализационом муљу...)
- Најштетнији је сумпордиоксид (SO_2) у који се претвара скоро сав сагориви сумпор из горива, док се у сумпор-моноксид (SO) претвара само 3% сумпора.
- Азотни оксиди NO_x (најчешће азот оксид и азот диоксид): Присутни у димним гасовима и могу да потичу из конверзије N_2 садржаног у отпаду или конверзије N_2 из ваздуха који је присутан при сагоревању. 93% азотних оскида последица су људских делатности
- Кисели гасови: поред SO_2 и NO_x још и HCl и HF .

Тешки метали

- олово, хром, бакар, манган, никл, ванадијум, селен, жива, арсен ...: у димним гасовима у виду честичних материја, углавном као метални оксиди и хлориди. Могу се наћи и у пепелу и летећем пепелу

Диоксини и фурани

- То су органска једињења која настају као нуспроизвод хемијских процеса, између осталог и процеса сагоревања материја које садрже хлор

Течне емисије

Поред емисија у ваздух нека постројења за термички третман отпада генеришу и течне емисије.

Да ли ће и у којој мери настати течне емисије зависи од врсте инсталираног система за пречишћавање као и од других параметара везаних за саму конструкцију постројења.

Вода се у постројењима за термички третман отпада користи за многобројне процесе и течне емисије могу проистећи из следећих извора:

- Отпадне воде из система за пречишћавање-обично из мокрог поступка за третман гаса ;
- Отпадне воде настале сакупљањем, третманом и складиштењем пепела из ложишта;

-
-
- Остали токови отпадних вода-нпр. Отпадна вода настала кружењем воде/паре унутар процеса (она кружи и не испушта се из постројења);
 - Санитарна отпадна вода (тоалети и кухуња);
 - Кишница која падне на површине као што су кровови, путеви или паркинг се обично директно испушта у канализациони систем;
 - Вода коришћена за хлађење (нпр.кондензатора).

Чврст остатак

1. Отпад издвојен пре сагоревања (око 2% отпада пристиглог у постројење се одбацује и односи на одлагалиште)
2. Пепео: то је минерални материјал који остаје након сагоревања. Мешавина је шљаке, метала, керамике, стакла, несагорене органске материје итд. Састоји се углавном од силиката, оксида и карбината. Обично чини 20 до 2 %масе и 5 до 10% запремине почетне количине отпада. У већини постројења, пепео се механички сакупља, хлади и третира како би се повратили рециклабилни материјали.
3. Метали: удео поновно издвојеног метала може бити и 10% од укупне тежине почетног отпада. У постројењима за инсенерацију може се повратити око 80% обојених и 60% обоених метала присутних у пепелу.
4. Чврсти остаци из система за пречишћавање ваздуха: мешавина креча, летећег пепела и угљеника добијених након пречишћавања димних гасова у филтерима. Ови остаци садрже тешке метале (кадмијум, олово, бакар и цинк, а могу да се појаве диоксини и фурани)
5. Чврсти остаци из система за пречишћавање вода – оптерћен живом , кадмијумом и цинком.

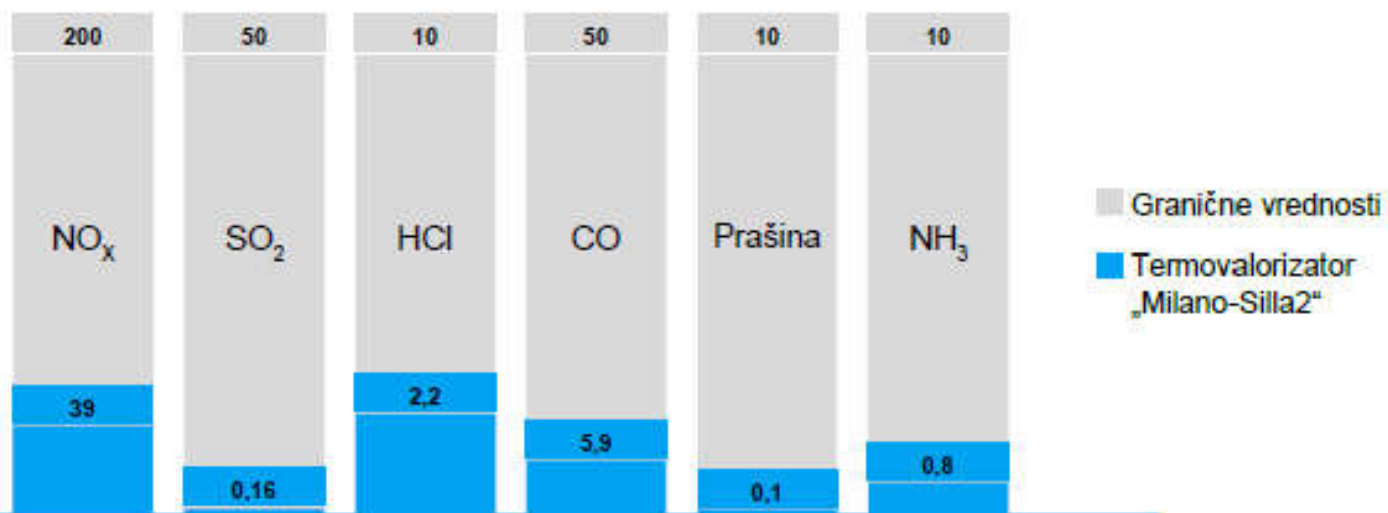
Tabela 32. Emisije postrojenja pre i nakon ugradnje sistema za prečišćavanje

Zagađivač	Emisije 1990. godine (t/god)	Emisije 2005. godine (t/god)	Postignuto smanjenje (%)
Dioksini i furani	4.400	15	99+%
Živa	57	2,3	96%
Kadmijum	9,6	0,4	96%
Olovo	170	5,5	97%
Suspendovane materije	18.600	780	96%
HCl	57.400	3.200	94%
SO ₂	38.300	4.600	88%
NO _x	64.900	49.500	24%

(izvor: Vujić G. Ubavin D. Stanisavljević N. Batinić B. „Upravljanje otpadom u zemljama u razvoju” FTN Izdavaštvo Novi Sad, (2012.))

(prosečne vrednosti elektrane Silla2 u Milanu tokom 2010. godine upoređene sa graničnim vrednostima Direktive 2000/76/CE)

Makrozagađivači [mg/Nm³]



Mikrozagadivači [mg/Nm³]

Parametri	Termovalorizator „Milano-Silla2“	Granične vrednosti
Policiklični aromatični ugljovodonici	< 0,00003	0,01
Dioksini i furani (PCDD/PCDF)	0,0009 x 10 ⁻⁶	0,1 x 10 ⁻⁶
Kadmijum + Talijum	< 0,0013	0,05
Živa	< 0,006	0,05
Nikl	< 0,001	0,1
Metali (Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+ Mn+Ni+V+Sn)	< 0,0115	0,5

