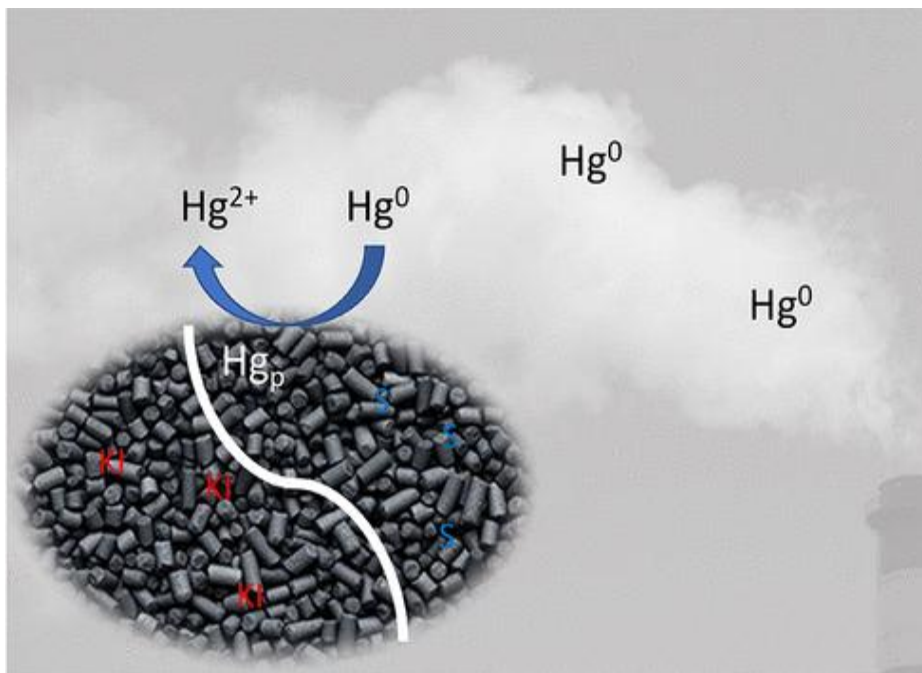




UKLANJANJE ŽIVE I TEŠKIH METALA IZ VAZDUHA u INDUSTRIJSKIM POSTROJENJIMA



UVOD

- U atmosferi se teški metali nalaze zajedno sa česticama i gasovima
- Vreme zadržavanja aerosola u vazduhu zavisi od veličine čestica
- Kratko vreme zadržavanja je karakteristično za veličinu čestica industrijskog porekla.
- U otpadnim emisijama metala u atmosferi najviše je zastupljeno olovo-Pb.
- Zavisno od grane kojom se bavi sama industrija može biti izvor sledećih teških metala: olova-Pb, kadmijuma-Cd, žive-Hg, bakra-Cu, arsena, cinka-Zn, nikla-Ni, aluminijuma-Al i drugih metala.

IZLOŽENOST TEŠKIM METALIMA

- Izloženost teškim metalima nije nov fenomen.
- U istoriji su postojali različiti slučajevi trovanja, npr. u rimskom carstvu je došlo do trovanja čitavog grada olovom iz grožđa i vina.
- Izloženost teškim metalima je značajno porasla poslednjih 50 godina, kao rezultat povećane upotrebe teških metala u industriji.
- Takođe, danas postoji i hronična izloženost živi koja potiče od amalgamskih plombi ili olova preko vodovodnih instalacija, od hemijskih ostataka u prerađenoj hrani, od proizvoda za ličnu higijenu (kozmetički preparati, šamponi...).

IZVORI ZAGAĐENJA

- Zbog ubrzane industrijalizacije i urbanizacije, skoro polovina stanovništva u svetu sada živi u urbanim aglomeracijama.
- Intenzivne aktivnosti rezultovale su povećanjem količine zagađivača u gradskom okruženju.
- Zbog toga su se pojavili različiti problemi zagađenja okoline.
- Zagađenje toksičnim metalima postalo je glavni problem, naročito u gradskom vazduhu, zemljištu i prašini na putevima i u oblastima pored njih.
- Putevi su poznati kao drugi najveći nepredvidivi izvor stvaranja zagađenja u urbanom okruženju.

EMISIJA I AKUMULACIJA ŽIVE - Hg

- Emisija žive u iz termoelektrana, cementara, industrijskih kotlova, spalionica otpada i čeličana, je ozbiljan problem kako za životnu sredinu zbog toksičnosti i postojanosti žive koja stvara zagađenje vazduha, tako i zbog akumuliranja u našim disajnim organima.
- Treba napomenuti da se živa na neki način akumulira i u ekosistemu -okolini (u tlu, rekama, morima, okeanima...)

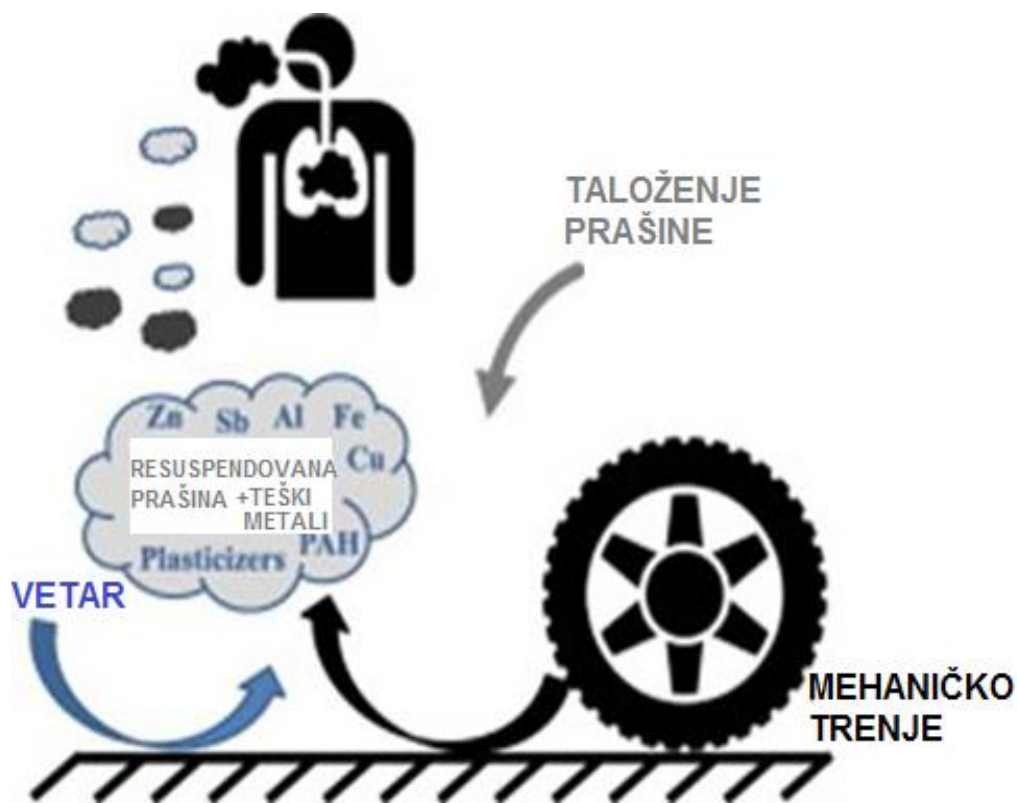
TEŠKI METALI U PRAŠINI

- Komponente i količina prašine u blizini prometnih saobraćajnica su pokazatelji zagađenja životne sredine posebno u većim gradovima.
- Putna prašina se uglavnom sastoji od (1) čestica koje potiču od izduvnih gasova automobila, (2) čestica koje se prenose vetrom, (3) minerala iz zemljišta (pretežno kvarc i minerali gline) i dr.
- Teški metali koji se nalaze u gradskoj prašini, kao što su olovo-Pb, bakar-Cu, mangan-Mn, cink-Zn, kadmijum-Cd i nikel-Ni značajni su za zagađenje okoline.

- Antropogeni izvori teških metala u prašini na putevima uključuju emisiju iz saobraćaja (čestice izduvnih gasova, trošenje guma, čestice trošne obloge kočnice, itd.), industrijsku emisiju (elektrane, sagorevanje uglja, metalurška industrija, autoservisi, hemijska postrojenja itd.), kolovozne površine, atmosferska taloženja itd.
- U fabrikama se prašina stvara pri bušenju i glačanju materijala.
- Fabrički radnici često moraju da nose maske kako bi se zaštitili od udisanja sićušnih komadića metala ili majušnih čestica samlevenog stakla!!!!
- Olovo je, naprimer, dugo korišćeno kao oktanski pojačivač sve dok njegova upotreba nije izbačena 2004. godine, dok trošenje guma i korozija sigurnosnih ograda na putu doprinose zagađivanju cinkom.
- Bakar se uglavnom oslobađa trošenjem kočionih obloga, što je takođe važan izvor i za stvaranje Pb i Zn.
- Sva tri metala se talože u obliku prašine i mogu formirati aerosole kada se ponovo suspenduju.
- Za Ni i Cr se smatra da potiču od posledica korozije pojedinih delova automobila i hromiranih obloga nekih delova motora automobila

UTICAJ TEŠKIH METALA NA ZDRAVLJE LJUDI

- Studije su pokazale da nerđajući čelik i legirani čelik sadrže gvožđe-Fe, hrom-Cr i olovo-Pb ili bakar-Cu i da emisija izduvnih gasova bilo benzinskih ili dizel automobila sadrži značajne količine ovih elemenata
- Drugi izvori zagađenja olovom mogu biti boje, pesticidi, takođe i aditivi koji se dodaju gorivu, olovne cevi i drugi materijali.
- Putna prašina, a posebno njene sitne čestice, mogu biti apsorbovane od strane čoveka gutanjem, udisanjem i apsorpcijom putem kože, što može znatno uticati na zdravlje ljudi.



HEMIJSKA „TEMPIRANA BOMBA“

- Ukoliko se ništa ne preduzme, Pb, Cr, Zn, Cd i ostali toksični metali će nastaviti da se akumuliraju u urbanim okruženjima zahvaljujući njihovoj nemogućnosti degradacije i dugom vremenu zadržavanja, usled čega su često poznati pod nazivom **“hemijske tempirane bombe”!!!!!!**.
- Ako sadržaj teških metala (Pb, Cd, As) prelazi MDK vrednost (maksimalno dozvoljena koncentracija) ili Granične Vrednosti Imisije (GVI), to je jasan pokazatelj da je sredina iz koje uzorak potiče bila izložena velikom zagađenju.

Granične Vrednosti Imisija (GVI) za teške metale

- Granična vrednost imisije (GVI) predstavlja najviši dozvoljeni nivo koncentracije zagađujućih materija u vazduhu
- Za uzorkovanje gasovitih sastojaka potrebno je najmanje 60 minuta, a čvrstih supstanci 24 sata
- Granična vrednost imisije za teške metale u taložnim materijama i dinamika uzorkovanja su određeni Uredbom
- O kojoj Uredbi je reč?
- Uredba o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija iz postrojenja za sagorevanje, iz 2016

Granična vrednost imisije za neke teške metale u taložnim materijama

Zagađujuća materija	Jedinica mere	Vreme uzrokovanja	Nenastanjena i rekreativna područja GVI*	Nastanjena područja GVI*
Olovo		1 mesec	100	250
Kadmijum	g/m ² /dan	1 mesec	2	5
Cink		1 mesec	200	400

* Srednja godišnja vrednost

**UREDBA O GRANIČNIM VREDNOSTIMA EMISIJA ZAGAĐUJUĆIH MATERIJA
U VAZDUH IZ STACIONARNIH IZVORA ZAGAĐIVANJA, OSIM POSTROJENJA
ZA SAGOREVANJE**

("Sl. glasnik RS", br. 111/2015)

Živa i njena jedinjenja

Član 11

Stacionarni izvor zagađivanja sa masenim protokom žive i njenih jedinjenja, izraženih kao Hg, većim od 2,5 g/h, oprema se mernim uređajima koji kontinualno određuju masenu koncentraciju žive.

UREDBA O GRANIČNIM VREDNOSTIMA EMISIJA ZAGAĐUJUĆIH MATERIJA U VAZDUH IZ STACIONARNIH IZVORA ZAGAĐIVANJA, OSIM POSTROJENJA ZA SAGOREVANJE

("Sl. glasnik RS", br. 111/2015)

PRILOG 2

Granične vrednosti emisije za praškaste neorganske materije

Granične vrednosti emisije za ukupne praškaste neorganske materije u otpadnom gasu, razvrstane u klase od I do III, su:

1) 0,05 mg/normalni m³ za maseni protok 0,25 g/h i veći za I klasu:

- živa i njena jedinjenja izražena kao Hg

- talijum i njegova jedinjenja izražena kao Tl

SMERNICE ZA KVALIET VAZDUHA

- Izlaganje zagađujućim materijama u vazduhu je u velikoj meri van kontrole pojedinaca te zahteva aktivnosti od strane vlasti na nacionalnom, regionalnom, pa čak i na međunarodnom nivou.
- Smernice za kvalitet vazduha Svetske Zdravstvene Organizacije (SZO) predstavljaju najšire usaglašenu i aktuelnu procenu posledica zagađenja vazduha na zdravlje, uz preporuku ciljanog nivoa kvaliteta vazduha, koji značajno smanjuje rizik po zdravlje.

ŽIVA?

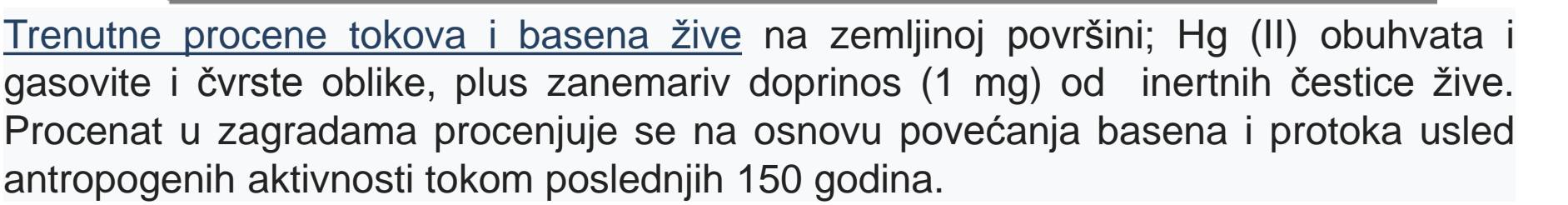
- Živa je jedini tečni metal.
- Njen sadržaj u zemljištima zavisi od pH vrednosti kao i od sadržaja organske materije u zemljištu.
- Živa poseduje veliku isparljivost - pri temperaturi od 20°C u vazduhu se nalazi 14 mg/m³ u stanju dinamičke ravnoteže.
- Prag bezbednosti žive u vazduhu iznosi 0,05 mg/m³ vazduha, zbog čega prosuta živa predstavlja potencijalnu opasnost od trovanja.
- Živa (ili tečna živa) je izuzetno toksična supstanca koja se koristi u elektro industriji, rasveti (kompaktne ili cevaste fluorescentne lampe), naučno-istraživačkim laboratorijama i instrumentima.
- Svi oblici žive (neorganski i organski) su toksični.

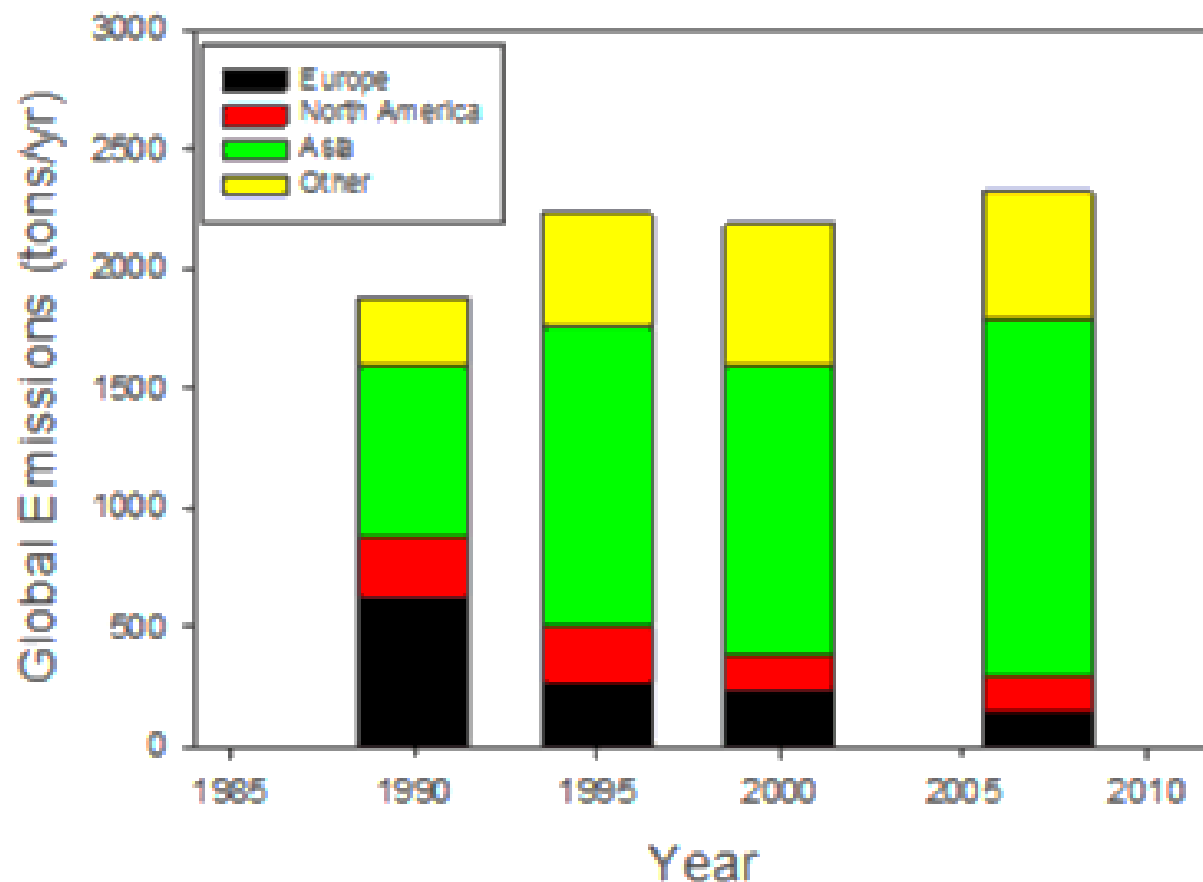
TEČNA ŽIVA?

- Tečna živa je 1000 puta manje nestabilna na sobnoj temperaturi od vode, ali i dalje može generisati dovoljno otrovnih gasova ako se promeša ili postavi blizu izvora toplote.
- Kad god je to moguće, kao zamenu za živu treba koristiti manje opasne materijale.
- Živa i živina isparenja su vrlo otrovna.
- Efekti izloženosti ne mogu se uočiti dugo nakon što je pričinjena ozbiljna šteta.
- Svi oblici žive su toksični.
- Do trovanja živom može doći prilikom udisanja, gutanja, ili apsorpcije preko kože.!!!
- Hronična izloženost može dovesti do teratogenskih i sistemskih efekata.

UTICAJ ŽIVE NA ZDRAVLJE LJUDI

- **Živa** se nalazi u amalgamskim zubnim plombama, pesticidima, fungicidima, boji za tetovaže, kozmetici, uvoznim začinima i veštačkim vitaminima, nekim vakcinama protiv gripa, laksativima, proizvodima od papira, ribi (škarpa, tuna, brancin, skuša, sabljarka).
- Živa ima mogućnost da ošteti naš organizam na ćelijskom nivou.
- Kada dođe do većih oštećenja, koja su u vezi sa količinom unosa i izloženosti živom, brzinom detoksikacije, može doći do otkazivanja organa.
- Višak žive u organizmu može dovesti do poremećaja nervnog sistema, umora, problema sa pamćenjem, preosetljivosti na nadražaje.
- Takođe, može uzrokovati depresiju, neurološke poremećaje, mišićnu i bubrežnu disfunkciju, neplodnost i probleme sa srcem.
- Ona utiče i na slabljenje imuniteta što može prouzrokovati pojavu autoimunih bolesti.
- Kod trudnica koje su bile izložene ovom metalu, dešava se da se rađa beba sa smanjenom telesnom težinom i sklonošću visokom krvnom pritisku.





Trendovi globalne emisije žive i njenih jedinjenja u Svetu;

Emisije u Aziji su u porastu, dok su u Evropi i Severnoj Americi u padu

Emisije u ostalim delovima (pre svega Afrika i Južna Amerika) su u porastu!!!

Razlog: „Prljave industrije“ se sele u slaborazvijene i siromašne zemlje sa jeftinom radnom snagom!!!!

MOGUĆNOSTI SMANJENJA EMISIJE TEŠKIH METALA

- Postoji nekoliko mogućnosti za kontrolu ili sprečavanje emisija teških metala.
- Mere smanjenja emisije usmerene su na dodatne izmene tehnologija i procesa (uključujući i održavanje i kontrolu rada).
- Na raspolaganju su i određene mere, koje se mogu primenjivati u zavisnosti od širih tehničkih, odnosno ekonomskih uslova

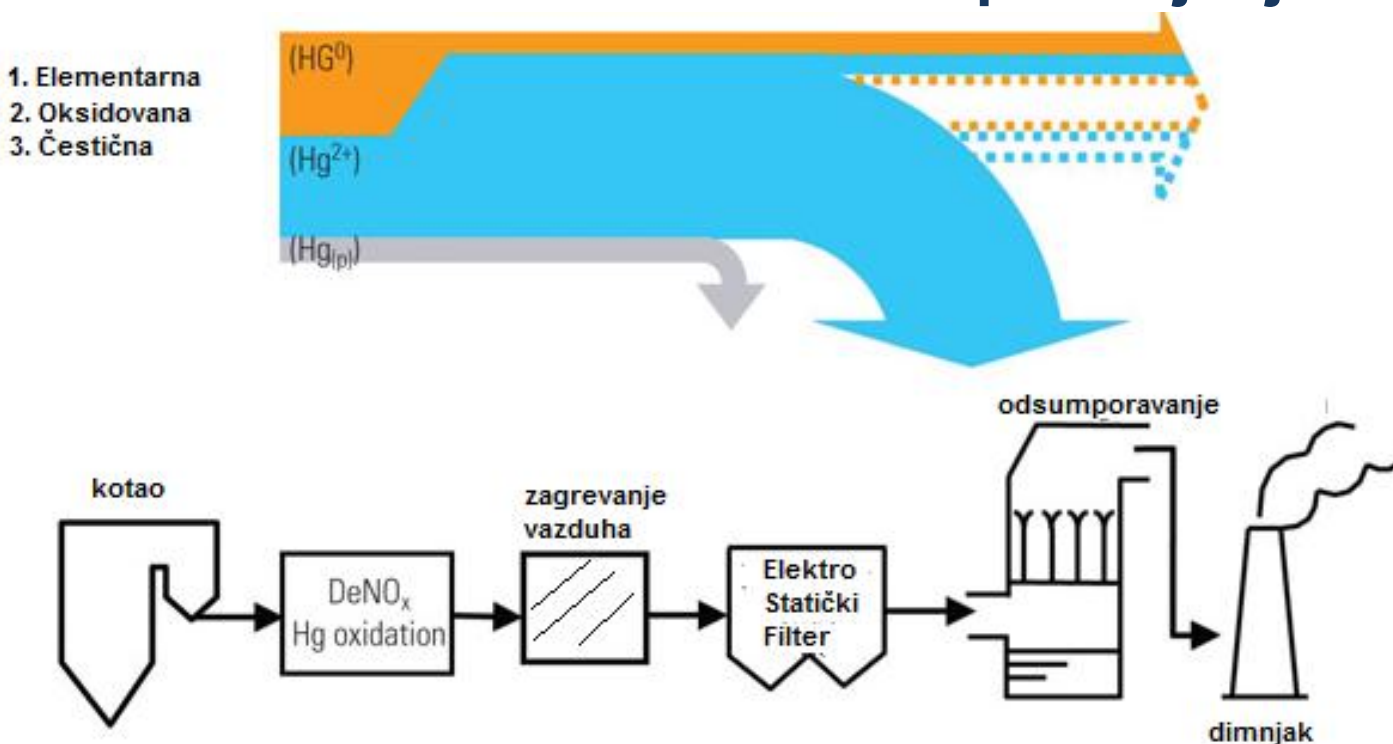
RASPOLOŽIVE MERE

- Primena procesnih tehnologija sa niskim emisijama, posebno u novim postrojenjima;
- Prečišćavanje otpadnog gasa (sekundarne mere smanjenja) pomoću filtera, skrubera, adsorbera, itd;
- Izmena ili priprema sirovina, goriva, odnosno drugih materijala za proizvodnju (npr.korišćenje sirovina sa niskim sadržajem teških metala);
- Najbolje prakse upravljanja, kao što je dobro održavanje prostora, programi preventivnog održavanja postrojenja, ili primarne mere, kao što je zatvaranje jedinica koje proizvode prašinu;
- Odgovarajuće mere upravljanja zaštitom životne sredine za korišćenje i odlaganje određenih proizvoda koji sadrže Cd, Pb, i/ili Hg.

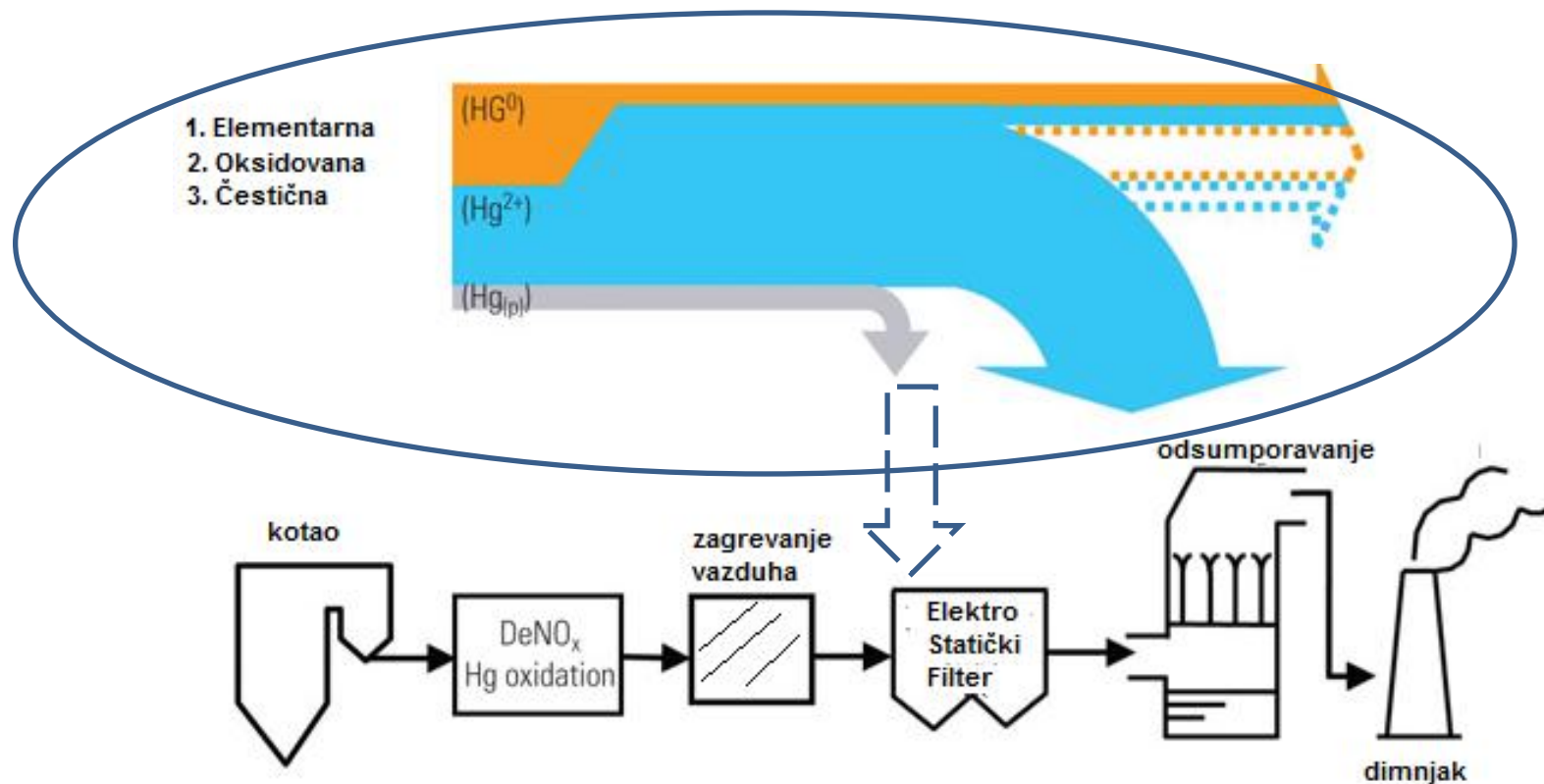
NAČINI ZA UKLANJANJE ŽIVE

- Živa je element u tragovima prisutan u prirodnom gasu i uglju.
- Živa je štetna po životnu sredinu kao i za obradu i transport opreme.
- Dimovodni gasovi iz komunalnih sistema, industrijskih kotlova i peći cementara mogu sadržati visoke koncentracije žive, koja mora biti uklonjena da bi se ispunile GVE i standardi u mnogim regionima
- **Klasični sistemi** se baziraju na kombinovanom uklanjanju polutanata u okviru kojih se vrši tzv. **usputno „hvatanje žiive“**
- **Novi sistemi** za uklanjanje se baziraju na Praškastom Aktivnom Ugljeniku (PAC) i Granuliranom Aktivnom Ugljeniku (GAC)
- Ovo su novi načini za koje je dokazano da veoma efikasno uklanjanju živu.
- U novije vreme se koristi i aktivni ugljenik u obliku peleta

NAČIN ZA „HVATANJE“ EMISIJA OKSIDOVANE I ČESTIČNE ŽIVE-klasično postrojenje



Sagorevanje uglja, naročito u komunalnim kotlovima je glavni izvor emisije žive. Nivo žive u uglju obično se kreće od 0,05 do 0,2 ppm (tipično USA). U visokotemperaturnim regionima sa kotlovima na ugalj, živa u uglju se pretvara u njegov elementarni metalni oblik (Hg^0). Složeni niz reakcija se dešava kada se dimni gas hladi, pretvarajući Hg^0 u oksidovanu (jonsku) živu (Hg^{2+}) i / ili jedinjenja žive u čvrstoj fazi (vezane česticama) ($Hg_{(p)}$). Ovaj čestični deo je moguće izdvojiti sa PAC u elektrostatičkom filteru (kao što je prethodno rečeno)

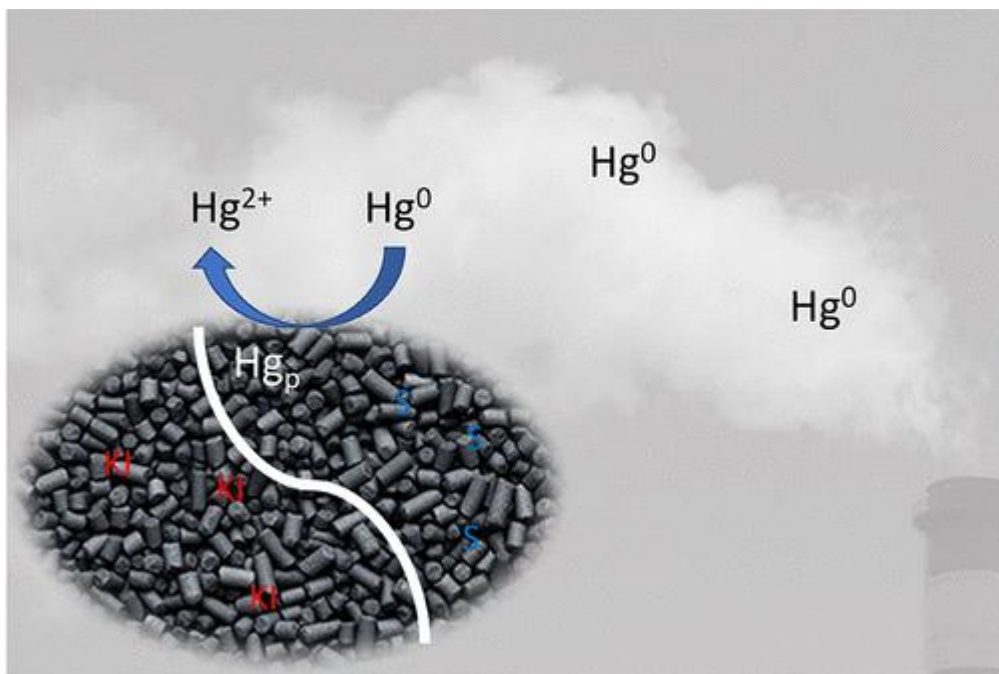


Ilustrovane su tačke „hvatanja“ žive za tri oblika u dimnim gasovima. Siva strelica predstavlja čestice žive uklonjene u uređaju za kontrolu čestica (ELEKTRO STATIČKOM FILTRU). Plava strelica predstavlja oksidovanu živu koja se uklanja u sistemu desumporizacije dimnih gasova. Na snopu, strelica „total“ (zbir pune plave, pune narandžaste, isprekidane plave i isprekidane narandžaste linije) predstavlja količinu žive koja izlazi bez selektivnog katalitičkog smanjenja i sistema za odsumporavanje dimnih gasova.

Praškasti Aktivni Ugljenik- Powder Active Carbon (PAC)



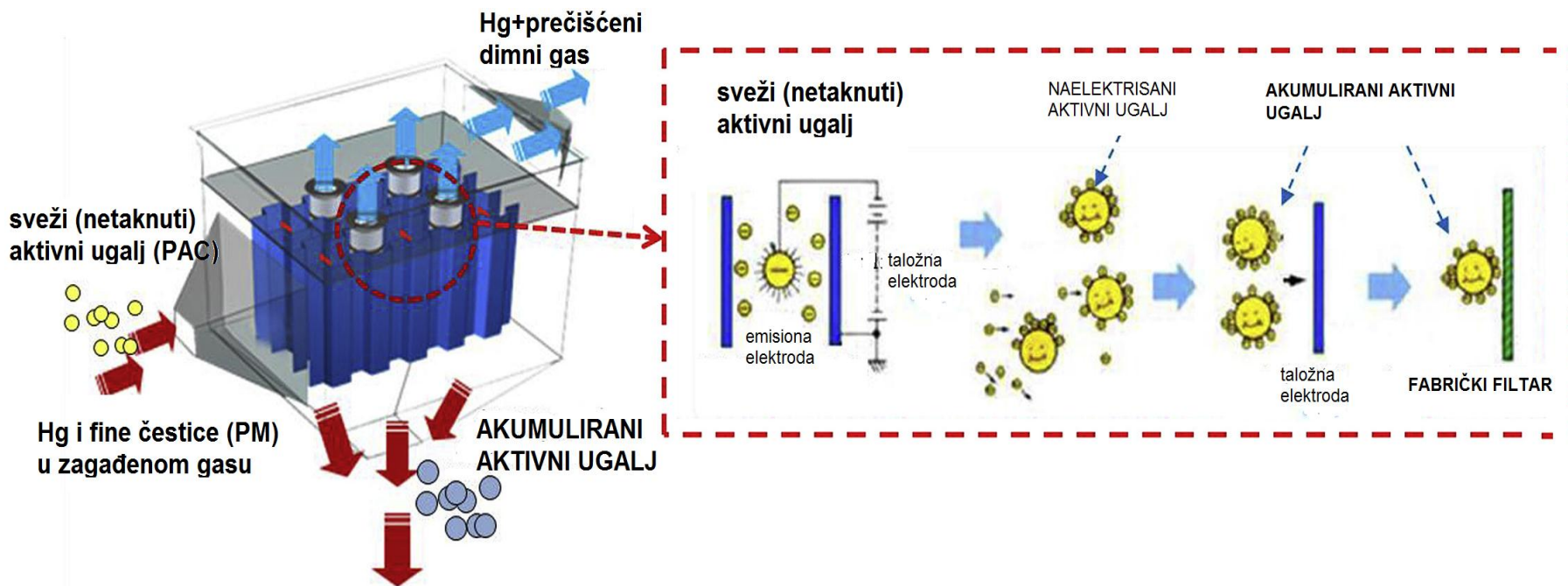
- Praškasti aktivni ugljenik (PAC) ili praškasti aktivni ugalj su male čestice aktivnog uglja, veličine koje su pretežno manje od 0,075 mm, nastale mlevenjem ili usitnjavanjem aktivnog uglja.
- Najčešće se koristi kao sastavni deo hibridnih filtera za izdvajanje žive ali i ostalih polutanata iz dimnih gasova u industriji



Granulovani
Aktivni Ugljenik-
Granular Active
Carbon (GAC)
Ili aktivni ugljenik u
obliku peleta su
takođe efikasni za
uklanjanje Hg.

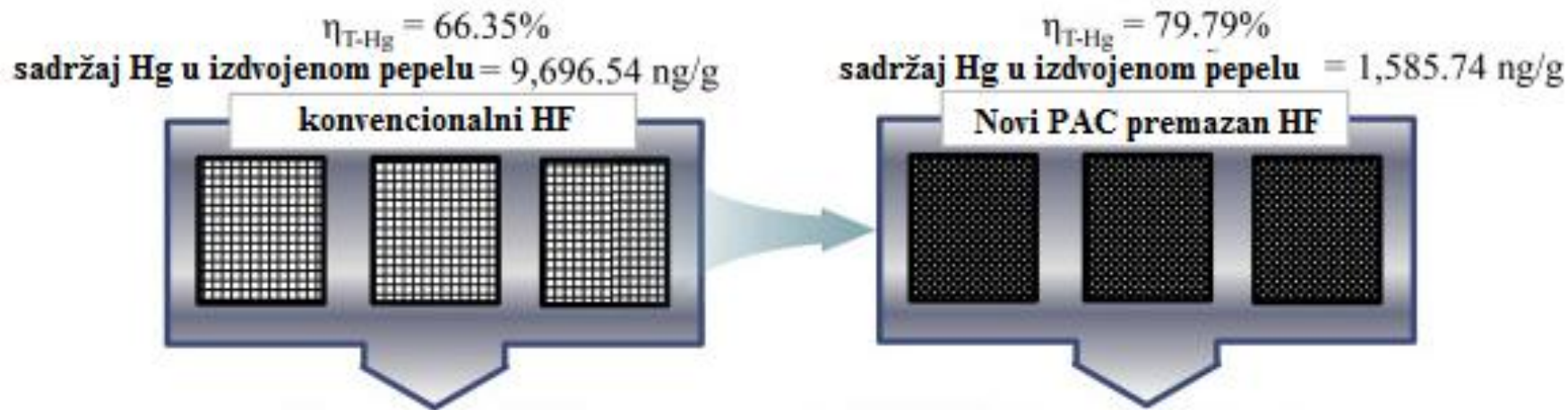
- Prilikom sagorevanja uglja, povišene koncentracije SO_x, nivo vlage u dimnim gasovima i recirkulacioni tokovi mogu uticati na performanse aktivnog ugljenika kao sorbenta žive.
- Cilj je ostvariti oksidaciju i „hvatanje“ žive-Hg pomoću upotrebe praškstog, granulovanog ili impregniranog ugljenika.
- **Cilj je dobiti Hg koji je manje toksičan**
- Istraživanja su pokazala efikasnost oksidacije u rasponu od 85% do 96%.
- Živa se delimično zadržava u čvrstom telu hemijskom adsorpcijom.
- Formiranjem novih jedinjenja žive HgS, HgI₂ i HgO se ostvaruje ovim interakcijama

HIBRIDNI FILTAR +PAC => NAČIN ZA UKLANJANJE ŽIVE



Hibridni filter (HF) je dopunjen prahom sa aktivnim ugljenikom (PAC) ubrizgavanjem žive i sitnih čestica u elektrani na ugalj. Sveži aktivni ugalj se meša sa zagađenim česticama gasa koji u sebi pored ostalih materija sadrži i živu-Hg. Ubrizgavanjem praškastog uglja (PAC) se značajno povećava efikasnost tzv. „hvatanja“ čestica žive, pri čemu se naelektrisane čestice aktivnog uglja izdvajaju pod uticajem visokog napona, na taložnim elektrodama, pri čemu nastaje tzv. akumulirani aktivni ugalj. Na izlazu se dobijaju značajno manje koncentracije žive-Hg i prečišćeni dimni gas. Ubrizgavanjem PAC-a efikasnost hvatanja elementarne žive je očigledno povećana. Kada se brzina ubrizgavanja PAC poveća sa 0 na 20 mg/m³, koncentracija frakcija elementarne žive značajno se smanjila sa 85,19% na 3,76% na izlazu hibridnog filtera.

UTICAJ PRAŠKASTOG AKTIVNOG UGLJENIKAn (PAC) NA EFIKASNOST HIBRIDNOG FILTRA (HF)

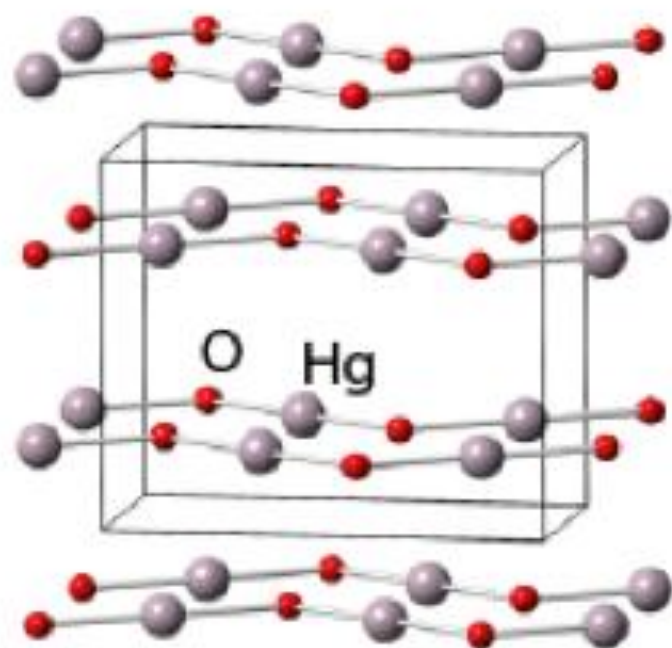


- Efikasnost ukljanjanja Hg je uvećana korišćenjem PAC premaza u HIBRIDNOM FILTERU (HF);
- Efikasnost se povećava sa 66.35% na 79,79%
- Takođe sadržaj Hg u letećem pepelu („fly-ash“) na industrijskom postrojenju opada sa 9.696 mikro grama /gramu na 1.585 mikro grama/gramu (skoro 6 puta)

ZAKLJUČAK I TEME ZA DALJE RAZMATRANJE

- Potrebno je pratiti procedure smanjenja emisija kako bi se garantovalo valjano primenjivanje odgovarajućih kontrolnih mera i praksi i postizanje efektivnog smanjenja emisije teških metala
- Monitoring procedura smanjenja emisija uključuje:
 - *izradu inventara mera smanjenja emisija ;*
 - *poređenje realnih smanjenja emisija Cd, Pb i Hg sa ciljevima*
- Razvoj protokola o teškim metalima uz konvenciju o prekograničnom zagađivanju vazduha na velikim udaljenostima;
 - *karakterizaciju kvantifikovanih emisija Cd, Pb i Hg iz relevantnih izvora pomoću odgovarajućih tehnika;*
 - *periodičnu kontrolu mera smanjenja koju vrše regulatorni organi, kako bi se osigurao neprestan i efikasan rad*

Hvala na pažnji!!!



Maj 2021