

Одређивање садржаја тешких метала у намирницама 2006.

У 4 узорка паприке убраних 2005. на територији општине Обреновац пронађено је 18 – 33 пута већа концентрација живе од максимално дозвољене. Ове анализе су урађене у институту „Винча“. Одмах је одлучено да се анализира садржај живе и других тешких метала у воћу и поврћу, како би се потврдили или оповргли ови алармантни резултати. Обзиром на инсталисане енергетске

која се манифестују отежаном координацијом покрета, замућеним видом, дрхтавицом, раздражљивошћу и губитком памћења. Анорганска жива се везује за беланчевине у крви, на сулфхидрилне групе и таложи се у виду депоа у мозгу, а погођени су и јетра и бубрези. Жива се тешко ресорбује из система за варење, чак мање од 10%. Кроз постељицу од абсорбоване количине

Све ове чињенице су нас подстакле на размишљање: шта се догађа ако је количина живе у намирницама већа 30 пута од МДК? Да ли одбрамбени механизам труднице и даље може заштитити новорођенче?

Познато нам је да је жива течна на собној температури и да јој је напон паре екстрмно висок у односу на друге метале и да расте са температуром. То за последицу има чињеницу да се



ТЕНТ А, јануар 2013.

капацитете, и чињеницу да се у ложиштима ТЕНТ А и Б годишње сагори просечно 23 милиона тона угља, узимајући у обзир чињеницу да су експлоатација рудника злата и сагоревање угља у термоелектранама, утростручили ниво живе у ваздуху у односу на доба пре индустријализације, страх од загађења је био оправдан. Жива лако доспева у ланац исхране људи, а најугроженији су жене и деца, наводи се у извештају УН (УНЕП) посвећеном опасности коју за читав свет представља жива и додаје да тровање живом може изазвати оштећења мозга и нервног система,

прође мање од 0.1%. То значи да у нашем организму постоји механизам који нас брани од живе. Код трудница затрованих живом јављају се атаксија и тремор, дисартерија и сметње слуха. Код новорођенчади се јављају глувонемост, прогресивно ограничење видног поља, асомнија, хиперсаливација и напади генерализованих миоклонуса. Данас знамо да хронично тровање живом изазива микроцефалију, спастички синдром и менталне дефиците. У САД свака 12-та жена у организму има садржај живе већи од дозвољеног.

паре живе могу наћи слободне у атмосфери у околини места где се генеришу веће количине живиних пара. Колики је допринос термоелектране „Никола Тесла“ у Обреновцу повећању садржаја живе у атмосфери, ако знамо да 95% живе из угља пролази електро-филтер и емитује се у атмосферу?

Жива из термоелектране у Tennessee је нађена акумулирана у воденим змијама и рибама у околини, при чему је такође откривено да неорганска жива кружи 2 до 5 пута брже од органске (Ryther et al., 1979).

наставак на 3. страни

Дан шума 21.март

У овом броју:

Одређивање садржаја
тешких метала у
намирницама 2006.

Дан шума 21.март

Стратегија руралног
развоја

Одређивање садржаја
тешких метала у
намирницама 2006.

Резултати мерење
квалитета ваздуха
на територији ГО
Обреновац

Генерална скупштина УН је пре више од 40 година установила 21. март као Светски Дан шума, сматрајући да ће на тај начин допринети повећању свести и уверења најшире свеске јавности о значају и улози овог природног ресурса који обухвата 4 милијарде хектара, заузимајући 30% укупне копнене површине. 21. март симболично је одабран, као први дан пролећа, дан који најављује буђење природе, али и симболише „нови почетак“. Ове године поводом дана шума ЈП ЗЖС Обреновац обележило је овај датум под слоганом „Засадимо још једно дрво“. Учесће у овој акцији узеле су одређене установе и верске заједнице. По десетак садница засађено је у месној заједници и цркви у Стублинама, где је своје учешће узело Еколошко друштво „Бели Багрем“, вртићу Предшколске установе и ОШ Јефимија у Обреновцу, као и у двориштима цркава у Баричу и Обреновцу. Акција је окупила велики број волонтера који су помагали у сађењу садница.



Садња дрвореда у Стублинама

Стратегија руралног развоја

Еколози Техничке
школе обележили
Светски дан вода
Засавица 22.3.2013.

Уређивачки колектив:

Главни и одговорни
уредник:

Срђан Драгићевић

Сарадници:

Војин Несторовић
Јелена Туцаковић
Зорана Јовановић
Љубина Мартић
Марица Шеховић
Станојка Спасић
Јелена Станојевић
Бојана Божић
Милка Томић
Милош Милојевић

Издаје двомесечно

Тираж:
200 ком

Штампа:
ЗХМ Обреновац

24 У Галерији СКЦ-а, 2. фебруара, одржана је Јавна презентација Стратегије одрживог руралног развоја којој су присуствовали представници месних заједница и ГО Обреновац. Стратегију је радио Институт за економику пољопривреде из Београда, а документ покрива период од 2012.-2022. год. На пројекту су радила три тима: један задужен пољопривреду, други за добијање

информација шта је неопходно да се једна рурална средина развија и трећи тим задужен за очување животне средине.

ЈП ЗЖС Обреновац већ је почело са реализацијом одређених мера из стратегије. Ове године радиће се анализа постојећих стања плавних земљишта, то су плавне површине реке Колубаре и радићемо анализу воде и седимената у каналима.



презентација Стратегије руралног развоја у СКЦу

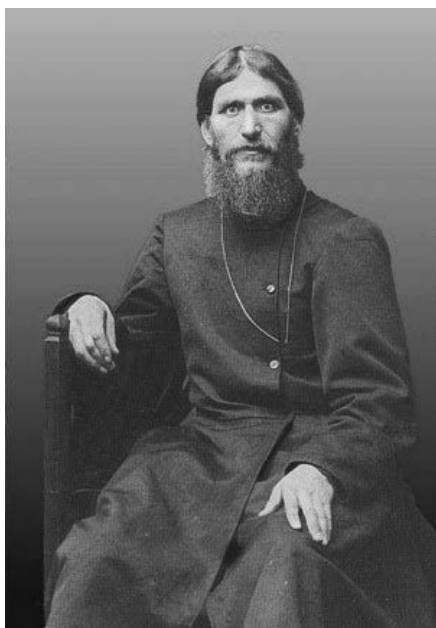
Одређивање садржаја тешких метала у намирницама 2006.

наставак са 1. стране

Арсен је такође стални пратилац угља. Сагоревањем угљева одвија се веома неповољан процес везан за превозиње As из нижевалентних стања у оксидационе облике са високом растворљивошћу. Тако се стварају услови за интензивније загађење.

Сама помисао на арсеник нам сугерише какав је овај тешки метал, међутим није се одувек тако мислило. Познато је да је чувени руски гроф Распућин користио арсеник као стимулативно средство и афродизијак. Отуда и не чуди чињеница да је преживео неколико покушаја тровања "мишомором" (As_2O_3). Објашњење лежи у чињеници да се метаболизам овог човека навикао на дозе арсеника које умногоме превазилазе леталне дозе за обичне људе.

Повишени садржај As може изазвати канцер коже, мокраћне бешике, бубрега, јетре, дисајних путева и дисајних органа, затим оболења кардиоваскуларног система, укључујући и периферне васкуларне болести које могу резултовати и гангреном. Арсен у већим количинама изазива неуролошка оболења или оболења ендокриног система.



Гроф Распућин

Значајна група агенаса међу дефинисаним хуманим канцерогенима су метали. Као најпотентнији хумани канцерогени познати су хром, никал, кадмијум и арсен.

Кадмијум је такође један од тешких метала који се може наћи у летећем

пепелу, или оном који се одлаже на депоније. Анализа садржаја тешких метала у пепелу указује на присуство арсена, кадмијума, хрома живе, олова, мангана, никла и силицијум диоксида. У Обреновцу, кадмијум у ланац исхране може доћи из димњака ТЕНТ, или са депонија путем подземних вода, или у случајевима када дувају јаки ветрови, са сувих, незатрављених површина депоније.



Највише загађења оловом долази од саобраћаја

Олово је тешки метал који у животну средину доспева са издувним гасовима мотора који користе обичан бензин. Олово у воћу и поврћу је најчешће повећано у близини високофреквентних саобраћајница. Олово се слично живи такође депонује у мозгу и изазива оштећења мозга и нервног система у целини.

Познавање стања животне средине. подразумева сакупљање узорка за мониторинг. Узорке можемо поделити у више категорија:

вода (пијаћа, површинске, подземне, кишница, отпадне воде...)

ваздух у различитим слојевима атмосфере (штетни и опасни гасови, озон...)

тло, седименти, суспендоване материје сакупљене у природним водама, прашина...

биљни узорци (плодови, ткива, ниже и више билјке)

морска вода (концентрација ултра - трага)

биолошке течности (врло комплексни узорци: крв, урин и млеко)

отпади (урбани или индустријски)

То значи да се из природе најпре морају узети узорци, из којих ће се различитим аналитичким методама одредити садржај штетних и опасних материја, а затим се добијене вредности упоређују са максимално дозвољеним концентрацијама (МДК) Сходно овоме, најпре се усваја аналитичка стратегија, представљена следећим корацима:

•тачна дефиниција проблема који

истражујемо

•селекција и сакупљање узорка који

су у вези са проблемом (узороковање)

•прецизна детерминација елемената

који су у вези са почетним проблемом

•процена валидности и евалуација резултата анализе

•обрада резултата у функцији проблема истраживања

•релевантни закључци.

У зависности од параметара, узимање узорка има различиту процедуру. Узорак мора бити репрезентативан, што подразумева да верно репозитивује састав места са кога је узет. Начин узимања и количине узорка су прописане Законом и Прописима.



Минамата синдром - тровање живом

Узорци намирница се узимају на различитим местима, у зависности од ситуације, односно од тога шта се жели испитати у намирницама. Најчешће се узимају узорци на границама држава, да би се испитале санитарно-хигијенске карактеристике, радиоактивност, садржај пестицида и других штетних и опасних материја.

затим се прави композитни узорак. Такав узорак се помеша, затим распоросте на одређену површину, а онда се подели у шаховском распореду. Из сваког поља се узима потребна количина узорка, како би се добила тражена количина.

Уколико се узима узорак намирница на пољу (башти), што се обично дешава

Када се ради испитивање простора на садржај разних полутаната, онда се не прави композитни узорак, већ се сваки узорак појединачно обрађује.

Добијени резултати се користе да би се направио модел распрострањености, који је утолико тачнији, уколико је обрађен већи број узорака. Пожељно је да се узорци налазе у шаховском распореду. То је могуће уколико се ради на великим површинама под једном културом, као што су воћњаци, поља под житом, или неком другом културом. Тада се унапред испланира узимање узорака, тако што ће се најпре одредити граница парцеле помоћу ГПС уређаја, а онда на рачунару одабере жељени распоред тачака. Позиције се унесу у ГПС уређај, који се користи за навођење на место са кога се узима узорак. Тачност ових уређаја је око 5м, што је сасвим прецизно.

Уколико се узимају узорци воћа и поврћа са територије која није под једном културом (насеље, општина...), онда није могуће предходно задати тачке са којих ће се узимати узорци, јер се на тим местима највероватније неће налазити башта (Марфијев закон), или воћњак. Стога се положај места узимања узорака мора прилагођавати ситуацији на терену. И тада је од велике помоћи ГПС уређај, јер се у сваком тренутку може знати колика је удаљеност до сваког места са ког је предходно узет узорак.



Бележење позиције помоћу ГПСа

Намирнице се могу узимати и на местима где се врши њихова дистрибуција и продаја, односно у магацинима, на кванташким и другим пијацама, супермаркетима и продавницама, а могу се узимати и на лицу места, уколико постоји таква потреба. Уколико се узимају узорци намирница ради провере биолошког квалитета, у том случају се мора водити рачуна о томе да су намирнице подложне кварињу, па се и третман мора прилагодити томе. Узорци се узимају стерилном апаратуром за узимање узорака, смештају се у стерилну амбалажу и транспортују у преносним фрижидерима, који спречавају брз развој микроорганизма. Обзиром да се овим послом баве санитарни инспектори и да то не спада у домен заштите животне средине, то сад неће бити разматрано.

Уколико се узимају узорци намирница да би се одредио садржај штетних и опасних материја, као што су пестициди, тешки метали, или неки други полутанти, узимање узорака се врши тако да узорак верно репрезентује састав испитиваног простора, контингента или другог предмета испитивања. То подразумева да се из сваке амбалажне јединице узима по одређена количина намирнице, а

када се испитује садржај различитих полутаната на неком ширем подручју, онда се узорци узимају у мањим количинама, а у зависности од крупноће плодова број им је различит. Ситнији плодови (јагоде трешње, огрозд...) се узимају у количини до 30 комада, а они крупнији (јабуке, паприке, краставци...) 4-6 комада, а они на крупнији, као што су лубенице, купус, дулек... 1-2 комада. Уколико се ради о житарицама, онда се узорак узима са више места по мања количина, како би укупна тежина узорка била око 500g.

Воће, поврће и намирнице се пакују у чисте полиетиленске кесе, које се затварају, прописно обележавају, осигуравају налепницом и одлажу у преносни фрижидер, или се одмах транспортују у лабораторију у којој ће се вршити анализа. Поред тога, уколико је могуће, бележе се и следећи параметри: датум, време, положај места (ГПС) узимања узорка, као и подаци о температури, влажности ваздуха и другим метеоролошким параметрима, који су потребни за узорке код којих се одређује садржај неких нестабилних једињења, на пример инсектицида или неких других пестицида. Нису на одмет ни фотографије и личне примедбе.



Узимање узорка воде из Колубаре

Вода је најбољи растварач, и као таква у себи садржи растворен, или суспендован, велики број различитих супстанци. То омогућава сагледавање стање животне средине уколико се подробно испитају воде у њој. Вода је уз то и основна животна намирница, која се редовно уноси у организам, а са њом и све растворене супстанце. Учесталост узимања узорака воде за пиће зависи од ситуације. У великим водоводима се могу изимати узорци на сваких сат времена. Да ли ће се, на пример садржај нитрата, мерити једном недељно или једном дневно

зависи пре свега од броја корисника водовода. Сходно томе и број неисправних узорак може да варира пре него што се забрани употреба воде за пиће.

Узимање узорка воде за пиће се може вршити на различитим местима у зависности од тога шта испитујемо. Најчешће се узимају узорци са извора и бунара за индивидуалне кориснике; у фабрикама воде на извориштима, у различитим фазама прераде, или код крајњих корисника.

Обзиром да је вода подложна променама као што је промена температуре, оксидација и друго, на лицу места, односно приликом узимања узорка, врши се мерење тих параметара. За те потребе најпогоднији су преносни уређаји, који су најчешће смештени у један кофер и који обично садрже: термометре за мерење температура воде и ваздуха, рН-метар који мери и електричну проводност и редокс потенцијал, инструмент за мерење мутноће и друго.

Дозвољено је да вода за пиће садржи малу количину нешкодљивих бактерија. Уколико се узима узорак за бактериолошку анализу, онда бочице у којима се чува узорак морају бити стерилне. Пошто је могуће да и у атмосфери има бактерија, о томе треба водити рачуна, па стерилна амбалажа не треба да буде дуго отворена. Уколико се узима узорак за бактериолошку анализу воде која је богата органским материјама, и када се предпоставља да ће у бочицама доћи до раста различитих култура, тада се узорак ставља у преносни фрижидер, како би се успорио њихов раст. То је нарочито важно код система у којима имамо и анаеробне и аеробне бактерије. Херметичким затварањем узорка фаворизују се анаеробне бактерије, што у многоме може променити састав узорка, на пример нитрати и нитрити могу прећи у амонијак. У сваком случају узорке треба што је могуће пре транспортовати у лабораторију.

Разне органске и неорганске супстанце могу међусобно реаговати уколико се промени неки од спољних фактора, као што су притисак, температура, аерација и друго. Због тога, а у зависности шта се жели испитати, понекад се у узорак додају одређене количине стабилизатора на пример антиоксиданса. У таквим случајевима узорак се дели на више узорак, а у сваку боцу се додаје одговарајући реагенс.

Количина узете воде за анализу варира у зависности од тога шта се

жели одредити. Обично се узима 5 литара, али може се узимати и мање и више.

Сама техника узимања узорак разликује се у зависности од тога одакле се узорак узима. Из реке, баре, канала или уопштено из отворених вода, узорак се узима помоћу прибора који се састоји из телескопске дршке на чијем се крају налази пластична чаша, запремине од 0,2 до 1,5 литара, или лонче од нерђајућег челика. Положај чаше се може прилагодити помоћу завртња, тако да се садржај не пролива приликом манипулације. Челично лонче се може користити и за узимање чврсте фазе, нарочито код базена са отпадним водама.

Када је у питању подземна вода из плитких, дубоких бунара, са уграђеном пумпом за експлоатацију, тада је неопходно обезбедити 2-3 минута рада пумпе непосредно пре узимања узорка. Ово је уједно и најједноставнији начин узимања узорак.

цеви се мери помоћу лењира, или помичног кљунастог мерила. Обзиром да се ради о узорковању подземне воде, која може да се разликује од воде која се налази у цеви пиезометра, неопходно је да се пре узимања узорка испумпа 2–3 запремине воде која се налази у пиезометру. Испумпавање воде из пиезометра се врши помоћу електричне пумпе која у зависности од дубине са које се врши испумпавање може имати бустере на сваких 20m.

Код извора и бунара са самоизливом процедура је слична узимању узорак из бунара са уграђеном пумпом, само што се на лицу места често мери и проток.

Код отпадних вода често се јавља трофазни систем који се састоји из течне фазе и две чврсте. Једна чврста фаза плива на површини, а друга се у виду муља таложи на дну. Помоћу челичног лончета на телескопу, могуће је одвојено узети све три фазе.



Колубара, септембар 2012.

Код узимања узорак подземне воде из пиезометра, процедура је нешто компликованија. Уколико је могуће треба погледати техничку документацију датог пиезометра из које се сазнаје колика је дубина пиезометра и колики је унутрашњи пречник цеви. На терену је потребно помоћу нивометра измерити дубину на којој се налази ниво подземне воде. Уколико нема могућности да се провери техничка документација, помоћу нивометра се може измерити и водени стуб у пиезометру, а унутрашњи пречник

Узимање узорак земљишта се врши да би се открио садржај штетних и опасних материја у њој или за друге сврхе, на пример да се утврди садржај NPK, односно микроелемената и друго, што је потребно како би се побољшао квалитет земљишта за поједине културе које ће се гајити. Код земљишта се узорковање врши помоћу сврдластих сонди које су израђене од квалитетног челика. У зависности од тврдоће и састава земљишта сами ножеви имају различит облик.

Дубина са које се узима узорак земљишта је нормално 60cm. Поред тога могу се узимати повшински узорци са дубине 0-3cm, или средње дубоки узорци са дубине од 5-25cm. Узорак масе око 1kg се смешта у пластичну амбалажу, затвара и обележава. Обележавање узорака је врло важно, посебно ако се узима велики број узорака.

Уколико се анализира веће подручје, потребно је направити план узимања узорака. Најбоље је узимати узорке у шаховском распореду, јер ће тада математички модел распрострањања бити најпрецизнији. Употребом ГПС могуће је тачно одредити локације са којих ће се узимати узорци. Сваки узорак треба да се евидентира, односно треба забележити што више података (метеоролошки подаци и др.). Ако се тражи композитни узорак неког подручја, тада се сви узорци помешају, распостру на сто и поделе на квадрате. Из сваког квадрата се затим лопатицом узима потребна количина, како би се добио узорак потребне масе.

Разни параметри ваздуха се могу мерити тако што је могуће поставити испиранице, плочице за таложење или користити филтер папир за сакупљање суспендованих честица, које ће се касније анализирати у лабораторијама.

Овај начин узорковања је подесан за дневне, недељне или месечне анализе. У испиранице се стављају различити реагенси који реагују са неком супстанцом из ваздуха, а онда се погодном аналитичком методом одређује садржај. Проток ваздуха кроз испираницу мора бити константан. Најчешће се овако може мерити само један параметар на пример SO_2 , када је реагенс водоник пероксид.

У последње време, све је више мобилних и стационарних мерних станица, које мере разне параметре загађења ваздуха. Ове мерне станице су смештене у посебне контејнере, а левак за континуално узимање узорака се налази на врху. Посебне пумпе, константног протока, непрекидно узимају ваздух из

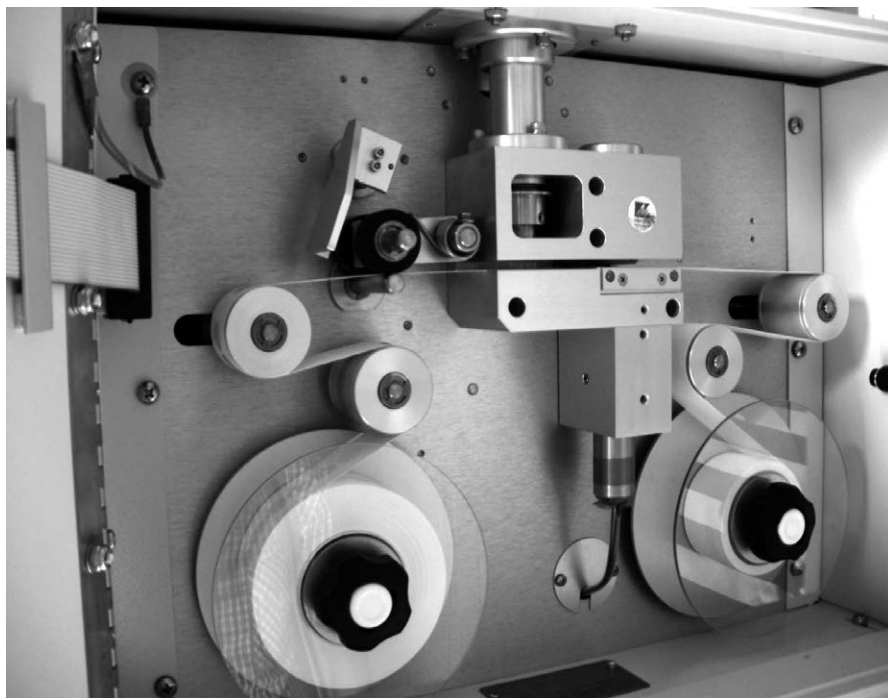
Припреме узорака. Загађење животне средине је у принципу хемијске природе и начини који воде ка њиховој идентификацији и могућој контроли су у суштини хемијска анализа. Адекватно обрађени подаци добијени у одговарајућим условима могу гарантовати успех даљних истраживања.

Закључци се заснивају на низу анализа, које карактерише велики број елемената одређених у различитим узорцима са непознатим и променљивим садржајем. Треба нагласити да ће управо обрађени узорак бити одговоран за тешкоће на које се наилази током анализа, зато што ће наметнути вредности, не само у одређивању елемената анализе, већ и током припремних корака.

У већини неорганских аналитичких лабораторија, анализа елемената у траговима се обично изводи помоћу атомских спектроскопских техника. На тржишту овог типа апарата, углавном се нуде инструменти превасходно намењени за анализу течних узорака. Само неколико произвођача нуди опрему за директну анализу чврстих узорака: XRFS, флуоресцентна спектрометрија употребом X зрака и AES, атомски емисиони спектрофотометри. Ове две технике интензивно су коришћене између 50-их и 70-их година XX века. Данас оне, са тешкоћама покривају потребе које су неопходне за детерминацију елемената у траговима или концентрације ултра-трага. Ове технике се и даље користе у домену индустрије због практичности њихове примене, нпр. анализа се често може изводити директно на чврстим узорцима када се избегавају проблеми у вези са поступцима растварања.

У здравственој, као и у дијагностичкој животне средине, за детерминацију елемената у трагу се још од 70-их година користе технике атомске апсорпције и атомске емисије. FAAS, пламена атомска апсорпциона спектрометрија, нуди детектовање у опсегу од $\mu g/dm^3$ до mg/dm^3 , у зависности од разматраних елемената. ETAAS, спектрометрија електротермалне атомске апсорпције је у могућности да одреди фракције у $\mu g/dm^3$ у просеку. Како било, AAS технике су ограничене на детерминацију искључиво метала.

Током истог периода, појавила се ICP-AES (индукциона плазма) која је показала моћ детекције између FAAS и ETAAS техника. Током 80-их година прошлог века прво је комерцијализована опрема настала спајањем ICP, као извором екситације са MS, масеним спектрометром у ICP-MS.



Уређај за мерење суспендованих честица ПМ10 у ваздуху

Ваздух и гасови се обично узоркују и одмах анализирају, јер је ваздух кабаст и врло неподесан за транспорт. Уколико се компримује, онда долази до различитих реакција било због промене температуре приликом компресије, било због тога што долази до кондензације водене паре, или због самог повећања притиска. Стога је и највећи део опреме за анализу гасова конципиран тако да се највећи део параметара мери одмах на лицу места.

окоLINE и транспортују га до мерних уређаја.

Мање количине различитих гасова се могу сакупљати и транспортовати у посебним балонима до лабораторија. Приликом узимања узорака треба водити рачуна да се гас не помеша са ваздухом. Уколико гас који се анализира не реагује са водом, најбоље је хватати га над водом или ако је то могуће, директно у полиетиленске кесе.

Након узимања узорака следи процес

Моћ детекције ICP-AES је веома велика; у поретку од ng/dm^3 и мање. У анализама мултиелемената, ICP-AES и ICP-MS омогућено је одређивање метала и неметала. Шта више, у поређењу са AAS, посебно електро-термалном, аналитичке технике засноване на употреби плазме значајно су побољшане. Сада се ради на побољшавању перформанси инструмената. У ситуацијама где се опажа драстично снижавање детекционих граница, повећава се ризик од изненадног појављивања грешака изазваних узорковањем. Пре увођења у употребу модерних инструмената, ове „нове“ грешке практично нису биле регистроване у одређивању високих концентрација које су анализирале мање осетљивим техникама. Опасност од контаминације је данас више присутна. Такође треба водити рачуна и о избору процедуре за препаратацију узорка. Квалитет припреме узорка и адекватни лабораторијски услови постају најкритичније тачке успешног анализирања елемената у траговима.



Подешавање режима у микроталасној пећници са тефлонским бомбама

Могу се набројати неки основни појмови који помажу да се боље разумеју општа схватања у вези са постојећим принципима анализе елемената у траговима. Прво, неопходно је констатовати да је хемијска анализа скуп уско повезаних корака, на пример избор процедуре и припрема узорка зависи од коришћене технике мерења и обратно. Што значи да не треба применити непроверене процедуре на узорку непознатог састава. Низ аналитичких критеријума мора се изабрати након општег разматрања коначног циља, а то је добијање поу-

даних резултата у условима тачности и прецизности. Из овог разлога треба размотрити шире оквири и опште трендове који се тичу поступака у припреми узорка, њиховим принципима, предностима и манам. На аналитичару остаје да одабере одговарајућу методологију припреме која зависи од врсте узорка, од доступне опреме и целе студије.

Дефиниције

Узорци који се анализирају у здравственим студијама и студијама животне средине појављују се као течни или чврсти. Могу се поделити на оне који су већ у воденом раствору (различити водени узорци, напаци, млеко, крв, серум, урин...) или на друге течне форме као што су уља. За рутинску анализу употребом атомских спектроскопских техника, које се све баве воденим узорцима, анализа других течних узорка мора се адаптирати. Чврсти узорци могу бити органског порекла (тквива...) или неорганског порекла (тла, седименти). Пре извођења анализе, чврсти узорци

изражене у сувој материји, може се направити некаква подела узорка:

- главни елементи су присутни у концентрацијама изнад 0.1% (у узорцима из средине обично Ca, K, Mg, Na i P),
- минорни елементи ($<0.1\%$, Fe, Al,...),
- елементи у трагу су у $\mu\text{g/g}$ и
- елементи ултра-трага испод 1ng/g или ниже.

Ове дефиниције су произвољне али оне рефлектују реалитет узорка и потешкоће са којима се можемо срести током анализе. Тако су грешке од 1% неприхватљиве за резултате који се тичу главних елемената узорка, али су грешке од 10% или више генерално прихватљиве за анализе елемената у траговима или ултра-трагу.

У погледу повишених концентрација главних елемената, припрема узорка мора бити таква да се избегне интерференција која је могућа током мерења других елемената присутних у нижим концентрацијама. Припремљени узорак такође представља најзначајнији фактор који треба размотрити за успешно растварање узорка. У зависности од типа узорка, процедура растварања укључује неколико корака. Термин „минерализација“ односи се на узорке чисто органског порекла или узорке чије је порекло делимично органско (животињска или биљна ткива, узорци хране, тла...). Пре анализе, органска једињења морају се растворити и елиминисати прецизном употребом процедуре минерализације. Употребом разних реагенса, органска материја се разлаже на CO_2 , NO_x и воду, ослобађајући у раствор елементе који су везани за њу. После процедуре минерализације, узорак који остаје мора бити у суштини неоргански. Узорак се затим раствара на исти начин као и узорак са првобитно потпуно неорганским саставом (стене, метали...). За комплексније узорке (органска + неорганска једињења: тла, блато, биљни узорци,...), употребљени хемијски реагенси и физичка средства обезбеђују најчешће и минерализацију и растварање.

У уобичајеним хемијским анализама, циљ препаратације узорка је да доведе сва могућа средства у игру како би се детерминисали елементи које треба истражити. Ова средства су:

- конверзија узорка у облик који је компатибилан са коришћеним техникама мерења (генерално дисолуција)
- разарање узорка (минерализација: влажна дигестија, спаљивање узорка)
- сепарација тражених елемената или концентровање.

се растварају. Међутим, сваки пример захтева различити аналитички приступ који се бира у зависности од састава узорка. За овај избор, мора се узети у обзир понашање и узорка и елементу у траговима.

У циљу поједностављења проблема у вези са анализом чврстих узорка, можемо на почетку усвојити да ће се органски део узорка распасти и елиминисати током припремних корака. Анализирајући раствор тада ће бити састављен искључиво од минералних једињења, али њихов садржај може бити веома променљив. У зависности од концентрације,

Главни извори грешака

Тачност резултата зависи од великог броја аналитичких поступака који започињу узорковањем, настављају се процедуром препаратације и завршавају самом детерминацијом. У зависности од природе узорка и других фактора, грешке се могу појавити у различитим корацима анализе. Оне резултирају губитком масе тражених елемената (непотпуни повратак у нормално стање) или његовом контаминацијом.



чести извор грешака је контаминација узорака у лабораторији

Губитке тражених елемената може изазвати испарење, апсорпција, адсорпција, трансформација, као последица коришћених поступака током препаратације узорка. Има случајева у којима су губици очигледни. У неким случајевима, у којима нема никаквих губитака током припремних корака, могуће су интерференције које се појављују током мерења. Оне су често одговорне за гушење сигнала тражених елемената. Ово је последица разлике између састава калибрационих стандарда и узорка. У овом случају техника мерења је одговорна за уочене грешке. У пракси је од нарочитог значаја разликовање овог типа грешке од грешака које се јављају током припреме узорка.

Контаминације, које се често догађају, су последица систематског или насумичног увођења не-незнатних количина тражених елемената током различитих корака анализе. Оне су резултат коришћених реагенаса и материјала или ваздуха у амбијенту. Контаминације постају значајније што су концентрације које се одређују мање. Настајући из реагенаса, вредности контаминације су генерално умножавајуће од једног до другог узорка. (систематска грешка). Други извори контаминације, коју је много лакше избећи су насумичне и променљиве контаминације. Неопходно је проценити могућу општу контаминацију из околине и размотрити је у калкулацији резултата. Са друге стране такође је важно да се јасно раздвоје контаминације проузроковане узорковањем или складиштењем од

оних које су у вези са припремом и мерењем.

О узорковању је већ било речи у предходним поглављима, али не као могући извор грешке. Узорковање је први и најзначајнији корак и има улогу да обезбеди репрезентативност узорка у контексту студије. Из овог разлога оно представља највероватнији извор грешака. Узорковање, међутим не може бити схваћено као прави део протокола анализе и овде ћемо представити његове суштинске аспекте. Уколико узорковање није засновано на садашњем сазнању и на употреби одговарајућих алата са делимичним опрезима, могу се појавити, како систематске, тако и насумичне грешке, достижући у неким случајевима неколико редова величине.

У зависности од узорка који се анализирају и елемената које треба одредити, алати за узорковање, уређаји за филтрацију и судови за складиштење морају се пажљиво изабрати и очистити, како би се смањили ризици од могуће контаминације. Сви судови који ће се користити морају бити опрани, испрани и потом потопљени током ноћи у 1–10% азотну киселину аналитичке чистоће. Непосредно пре употребе, сви судови морају бити испрани у деми води или дестилованој води високе чистоће. Током сакупљања и складиштења узорка ризици од контаминације су значајни и често постају критични када се тичу узорковања медија који показују веома ниске концентрације тражених елемената. За ово је добар пример природних вода. Такође губици тражених елемената се могу појавити у поменутих узорцима. У тим случајевима се морају предузети мере опреза током сакупљања и чувања.

Како би се смањили губици тражених

елемената, који се појављују апсорпцијом металних јона на посуди, или на суспендованим честицама, сакупљени узорци могу се на кратко време складиштити у фрижидеру, а на дуже време у замрзивачу. Из истог разлога, водени раствори се генерално потапају у азотну киселину одмах по узорковању. Овај поступак је довољан да спречи апсорпцију елемената у трагу на зидовима посуде на релативно дуг период. Овде се мора нагласити да је у пракси веома тешко ремобилисати натраг у расвор предходно апсорбоване елементе у траговима, чак и употребом релативно драстичних средстава, као што је снажна ацидификација (потапање у киселину) и потом снажно мешање. Друго средство којим се избегавају губици апсорпцијом су тренутно замрзавање узорка и његово отапање непосредно пре мерења. Ово је најбољи метод за складиштење природних вода зато што ацидификација може увести у раствор неке елементе у трагу који су у вези са специфичном материјом из узорка. Уколико је потребан тотални садржај елемената у трагу у воденом узорку, пожељна је дисолуција суспендоване материје, али она може бити проблем уколико концентрација тражених елемената водене фазе тек треба да се одреди. У овом случају и уколико средства за замрзавање нису доступна по сакупљању узорка, аликут мора бити филтриран (Обично употребом мембанског филтера од 0,45 микрометара) и затим заштићен. Општа анализа оваког воденог узорка може се извести: Течна фаза и чврсти остатак, који остаје на филтеру (после одговарајућег растварања) узорци се анализирају одвојено и прорачун њиховог садржаја се рачуна у односу на почетни узорак.



Испаравање у пећи за жарење и сушници може довести до губитка материје посебно када се одређује садржај живе

У већини случајева припремање узорка укључује неколико нивоа (чврсти узорци): сушење, (ваздухом, сушилица), хомогенизација (миксер, ситњење...) млевење (млинови и авани) које прати подузорковање, минерализација и растварање узорка. У добијеном раствору су на крају потпуно расворени тражени елементи. Неки од изведених корака у лабораторији могу бити извори контаминација који су последица нечистоћа посуда и чистоће реагенса, од воде која се користи, али и од ваздуха из околине. Овоме треба додати да млевење чврстих узорка пре процедуре растварања може контаминирати узорак абразијом млина или авана. На пример ахат, који се често користи за израду авана показује



Чистоћа реагенаса и посуда утиче на контаминацију узорка

чврстоћу као кварц и стално је присутан у узорцима тла и седимената. У овом случају много је подесније самлети узорке у млиновима и аванима велике тврдоће који су израђени од бор карбида или корунда. Мора се споменути да употреба корунда може утицати на анализу контаминацијом узорка алуминијумом, магнезијумом баријумом, бакром и цинком.

За припрему узорка неопходно је користити реагенсе и посуде направљене од порцелана, стакла, кварца, тефлона, платине и разних пластичних материјала. Нечистоће присутне у реагенсима су значајни, често и систематски узроци контаминација, посебно уколико се додају у великим количинама. Из овог разлога као додатак уобичајеним аналитичким хемикалијама тржиште нуди релативно скупе реагенсе високе чистоће. Њиховом употребом избегавају се у великој мери ови типови контаминације. Могуће је прочистити реагенсе (киселине) у сопственој лабораторији. Морамо напоменути да ове процедуре захтевају адекватне апарате направљене од скупих материјала (кварц, тефлон) да је њима тешко руковати и да захтевају вештог оператора.

Очигледно је да је припрема узорка

од највећег значаја за обезбеђивање доброг квалитета целе анализе. Ризици контаминације се повећавају са температуром, притиском, дуготрајним контактом раствора са посудом и са опадањем концентрација тражених елемената. Да би се минимизовали ови ризици морају се испунити следећи захтеви:

- поштовати утврђене процедуре које су прописане у литератури и узети у обзир циљ анализе. Најкомпликованија процедура није увек и најбоља
- обезбедити чисту средину у лабораторији (поклопци, сушице, ексихатори, пећи, микроталасне пећнице и лабораторијске посуде)
- за млевење, ситњење и хомогенизацију користити опрему од одговарајућих материјала, да би се избегло загађење узорка
- ограничити масу узорка који се анализира и запремину посуде која се користи. (да би се смањила контактна површина посуде и раствора)
- користити искључиво воду и реагенсе високе чистоће и смањити употребљене количине реагенса на минимум
- пажљиво очистити све посуде (потпање у киселине и потом обилно испирање са дестилованом водом)
- не користити старе посуде како би се избегла апсорпција елемената у траговима на било каквим похабаним површинама
- поједноставити руковање избегавањем филтрација и преношење раствора само уколико је неопходно
- извести неколико празних процедура са истим реагенсима, посудама и

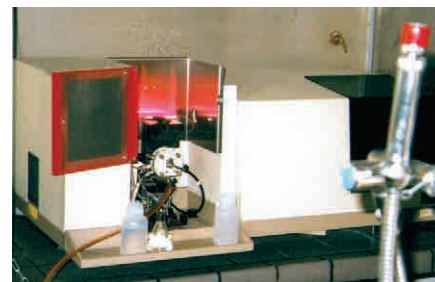


Припрема узорка је од највећег значаја за квалитет анализе

истим условима, како би се процениле могуће контаминације и исправили резултати

- проверити цео поступак употребом референтних материјала познатог састава, који има сличну концентрацију као и анализирани узорак.

Течни узорци и растворени чврсти узорци се обично уводе у анализу директно и без било каквог предходног третмана. Једини главни проблем са растворима је сакупљање и складиштење природних вода. Узимајући у обзир атомску спектроскопску анализу, није потребно предузимати посебне мере опреза. Уколико измерене концентрације задовољавају



Најпогоднија метода за анализу тешких метала је ААС

основне критеријуме употребљеног спектроскопског метода, (осетљивост, детекционе границе, динамички опсег) и уколико су могуће интерференције под контролом, тада се анализа раствора може извршити аутоматски са свим модерним спектроскопским системима. Наравно, од велике је помоћи у анализи ако оператор зна од прилике концентрације тражених елемената и главне компоненте узорка, како би одлучио да ли је одређено разблажење задовољавајуће. Неки типови течних узорка захтевају одређен опрез приликом увођења, на пример, крв се коагулише у контакту са одређеним хемијским једињењима,

као што је палاديјум хлорид, или нитрати, који се често користе као хемијски модификатори у ETAAS анализама. Са модерним апаратима, одвојено увођење модификатора и узорка у пећ је могуће, а да је њихов директан контакт избегнут.

Апарати за мерење такође могу бити извори контаминација. Најпознатији пример се везује за ETAAS детерминацију, односно откривање елемената у трагу, после дугог периода употребе као хемијског модификатора. Никал на пример је често коришћен као ефектан модификатор у одређивању арсена и селена. Никал ће прогресивно контаминирати цео уређај. Уколико треба детерминисати нивое трагова после овакве употребе пећи, онда је императив деконтаминација ETAAS система.

саставни део анализираног узорка. Разне киселине које се користе у поступцима припреме узорка могу имати значајне последице током мерења. Зна се да је у свим техникама атомске спектроскопије азотна киселина најпожељнији реагенс. Упркос понекад опаженим шумовима у њеном присуству, (на пример у ICP-AES) никаквих озбиљнијих аналитичких проблема са азотној киселином у концентрацијама до 10% и вишим, није било у свим техникама атомске

формирајући тако $40\text{Ar}35\text{Cl}^+$ идентичне масе оној од 75As^+ . Обе масе се детектују симултано, што доводи до видљиво виших концентрација As. Због високе вискозности, употреба сумпорне киселине се избегава упркос њеној великој ефикасности у процесима разарања органских узорка. Њено присуство у растворима је посебно непожељно у аналитичким техникама где је увођење узорка обезбеђено специфичним системом (FAAS, ICPAES i ICPMS). Физичке интерференције које се уочавају приписују се променама у формирању и/или транспорту аеросола уколико постоје физичке разлике између стандардних раствора и раствора узорка. Посебно у случају сумпорне киселине, њене концентрације морају бити идентичне у свим анализираним растворима. Ово је често незгодно, обзиром да се не зна количина сумпорне киселине, која се троши на разарање, односно минерализацију органских супстанци, што је и случај са концентрацијама остатка у добијеним растворима. Упркос њеној великој ефикасности у дигесторима, употреба сумпорне киселине се врло често избегава из поменутих разлога.

У поступцима спаљивања, узорку се додају различити адитиви како би се тражени елементи стабилизovali (As, Se, Te) али и да би се побољшало распадање органских једињења. Ово се генерално постиже додавањем великих количина магнезијум нитрата и/или оксида пре спаљивања на висооким температурама. Изузев могуће високе позадинске апсорпције, током ETAAS детерминације елемената са таласном дужином поред основне атомске апсорпције у линији са магнезијумом, високи садржај магнезијума у финалним растворима не представља проблем у анализама других елемената. На жалост оно спречава често неопходну детерминацију првобитне концентрације магнезијума у анализираним узорцима, и укупан садржај растворених соли, и сметаће анализама које се изводе помоћу ICPMS.



ETAAS - спектрометрија електротермалне атомске апсорпције је у могућности да одреди фракције у $\mu\text{g}/\text{dm}^3$

Слично томе материјал и стање цевовода који обезбеђује транспорт аеросола до пламеника у ICP-AES и посебно ACPMS анализама може бити узрок феномена апсорпције-десорпције, који води до погрешних резултата. Грешке изазване интерференцијама везане су за саму технику мерења, а дефинисане су као грешке које су резултат састава узорка.

Познато је да се у неким примерима јављају проблеми изазвани употребом одређених реагенса током препарације, пошто они на тај начин постају

спектроскопије, све док су њихове концентрације сличне у стандардима и узорцима. Такође водоник пероксид, који се додаје у већини поступака минерализације, је ретко одговоран за аналитичке проблеме.

Присуство хлороводоничне киселине није проблематично у ICPAES анализама. Са друге стране њена употреба је забрањена у ETAAS анализама, због могућег формирања хлорида тражених елемената и због спектралне интерференције коју може изазвати. Током поступка атомизације део траженог елемента је нестабилан као недисосовани молекули хлорида. Уколико је употреба HCl неизбежна, у одређеној припремној процедури, уз додаток HNO_3 можемо избећи горе описане проблеме.

У неким случајевима HCl је такође непожељна у ICPMS анализама. Она је на пример одговорна за изобарску интерференцију на јединственој маси Арсена ($m/z=75$) У овом случају хлориди у узорку комбинују се са аргоном присутним у плазми,



Лабораторијски млин

HF

**флуоро-
водонична
киселина
способна да
раствори
и стакло**





Лабораторијски миксер се користи за хомогенизацију узорка

Растварање чврстих узорака је предходни третман, како би се добио репрезентативни субузорак са фином структуром. Пре свих корака, узорци се суше на собној температури, или у сушници (обично на 75°C за Hg, 105°C за друге елементе.) За неке врсте узорака процедуре лиофилизације (сушење замрзавањем) се чешће користе. Оне обезбеђују очување првобитне текстуре узорка и олакшавају ситњење.

За суве чврсте узорке одређене тврдоће, (тла и седименти) може се применити неколико врста ситњења (суво или мокро), које се могу обавити ручно или механички у машинама од различитих материјала одговарајуће тврдоће (челик, ахат, боркарбид корунд...). Хомогенизација других врста чврстих узорака (биљна или животињска ткива, узорци хране...) се врши помоћу различитих миксера. Да би се олакшала хомогенизација свежих органских узорака, они се могу самлети после замрзавања у течном азоту.

Тотални садржај тражених елемената у узорцима мота бити сачуван. Да би се то обезбедило за неке врсте узорака, (тла, седименти, биљни материјал), прописане су процедуре које се систематски примењују. За

сврхе мониторинга животне средине процедуре дисолуције се често замењују једноставнијим и лакше примењљивим процедурама. Ове поједностављене методологије ретко воде ка тачној детерминацији тоталног садржаја траженог елемента, али су често довољне да задовоље циљеве студије.

Све хемикалије које се користе, било за растварање, било за минерализацију, морају бити веома високе чистоће, јер су могуће драстичне промене првобитног узорка, што подразумева посебну опрезност, посебно што „нови“ елементи матрице (узорка) који су уведени путем нестабилних реагенса могу постати извор интерференције.

Узорци органског или комбинаваног порекла су предмети два одвојена поступка, који се често предузимају симултано, а то су:

минерализација и дисолуција. Узорци чисто неорганског састава се једноставно растварају.

Састав узорака из животне средине варира од чисто неорганских (летећи пепео) до чисто органских (масти), али генерално они су нешто између. Ово подразумева да потпуно растварање узорака који се анализирају не може бити постигнуто у једном кораку,

употребом само једног реагенса. У пракси састав узорка диктира неопходан број корака и реагенса. Чисто органски или комбинавани узорци обично се преводе у растворе са неколико типова оксидација, а затим третирамо остатак киселинама, као и првобитни неоргански део узорка. У процедурама спаљивања узорка. Органска материја се декомпонује на високој температури. Добијени пепео се раствара у јакој киселини. У најмодернијим мокрим поступцима различите комбинације и пропорције јаких киселина са водоник пероксидом обезбеђују минерализацију и дисолуцију узорка.

Минерализација органске материје обавља се спаљивањем на атмосферском притиску у програмабилној пећи за жарење. Препоручена температура за овај корак је 450°C. Као додатак традиционалним топлотно пригушеним пећима, које се обично користе за спаљивање узорка, на тржишту постоје и микроталасне пећнице, које су адаптиране да достигну жељене температуре. Такође постоји и процедура нискотемпературног спаљивања (LTA) у радиофреквентној оксидационој плазми: најалост неопходна инструментација је врло скупа и тешко доступна на нашем тржишту, а ово спаљивање је иначе дуготрајно.



Уређај за радиофреквентну оксидацију у плазми (LTA)

Свеж или осушени узорак (обично од 103°C – 105°C) се измери у пригодној посуди, обично платинској и постави у пећ. Температура се прогресивно повећава у складу са програмом загревања, како би достигла 450°C и остала на тој температури неколико сати. Суви неоргански остатак (пепео) раствара се у одговарајућој киселини. Добијени раствор се пребацује у нормални суд, допуни водом и анализира. У зависности од почетног стања узорка, резултати ће бити

изражени у свежој или сувој материји. Примена метода спаљивања је једноставна и погодна за велике серије узорака које се могу третирати истовремено. Ово није њихова јединствена предност: у поређењу са мокрим дигестијама, Спаљивање узорака показује још неколико корисних карактеристика:

- највећа предност процедура спаљивања узорака је могућност третирања великих количина узорака и растварање добијеног пепела у малим запреминама киселине (обично азотна или хлороводонична). Ова процедура омогућава велико концентровање елемената у трагу у коначном раствору, што је корисно када се одређују веома ниске концентрације елемената

- добијени пепео је потпуно ослобођен органске компоненте, што је предуслов за неке аналитичке технике (на пример у ICP-MS или ICP-AES са ултразвучним мешалицама које могу имати проблеме због присуства неких нерастворених органских молекула)

- састав узорака је поједностављен а добијени раствори су веома прихватљиви (Јасан, чист, безбојан и не замућен) ово се ретко постиже у случајевима када су раствори добијени мокрим дигестивним методама

- запремине реагенса и само руковање су редуковани.

Поступци спаљивања узорака се користе за минерализацију органских материја, биолошких ткива, биљних и животињских узорака, муља... Уколико се добро спроведу, они обезбеђују потпуну деструкцију органске материје, а придодати елементи се обично трансформишу у карбонате и оксиде. Узимајући у обзир температуре спаљивања неопходно је обезбедити квантитативну декомпозицију органских материја без делимичног или потпуног губитка елемената у трагу, која се може десити испаравањем, или уграђивањем у нерастворни остатак. Ово последње може бити резултат формирања неких оксида, или стварање других једињења са другим деловима узорака, али такође и од реакција са зидовима посуда. Најадекватнији, али и врло скуп, материјал за посуду, за жарење је платина, која је отпорна на све киселине изузев царске воде.

Температура спаљивања узорака која се уобичајено примењује у анализи елемената у трагу је између 450°C и 500°C. Оне су обично довољно високе да обезбеде комплетну оксидацију органских материја, избегавајући опасности од испаравања већине елемената у трагу (осим Hg, As, и Se). Губици се додатно смањују уколико је

температура жарења достигнута успорено. (+/- 4 сата од амбијенталне температуре) Што спречава било какве локалне вреле тачке или самозапаљење узорака што може довести до губитака елемената у трагу. Губици могу бити и резултат прегрејавања.

Температура жарења одржава се нелико сати. Уколико се жарење обави под оптималним условима, добија се пепео беле или светло сиве боје. После хлађења, он се раствара у азотној или хлороводоничној киселини. Понекад оксидација органских материја није комплетна: када пепео показује тамније тачкице (угљеник тамно сиве или црне боје). Ово се приписује тешкој оксидацији, а остатак се мора разорити са 1ml HNO₃ на собној температури 1 сат. После овог поступка пепео је чист и лако растворљив.

Поступци жарења показују и нека ограничења. Иако је много пута доказано да неоспорно задовољавају анализе већине елемената у трагу, очигледно је да ће високе температуре провоцирати мање или више изражена испарења остатака неких елемената. У анализама које се спроводе у студијама животне средине, ова опасност се тиче живе, арсена и селена. Други релативно испарљиви елементи као што су кадмијум и талијум обично подносе ове ниске температуре жарења (450°C – 500°C). Анализа живе, посебно испарљивог елемента, захтева обавезну припрему узорака засновану на мокрим дигестивним поступцима. Са друге стране, анализе арсена и селена могу у посебним случајевима да искористе предности које нуди процедура жарења. Додавањем адитива за жарење – MgO или Mg(NO₃)₂, који могу понекад условити да се током процедуре жарења формирају мање испарљива једињења As и Se. Успех у жарењу је у снажној вези са почетном формом елемената у трагу. На пример после жарења биљног материјала трагови As и Se су врло конзистентни (јединствени) што није случај са воденим биљкама. Са друге стране коришћење адитива за жарење је посебно деликатно зато што се неки успешни примери не могу генерализовати. Рутинска употреба процедура захтева озбиљну и временски дугу проверу сваког анализираних узорака. Такође коришћење адитива за жарење значајно повећава садржај чврстог остатка, чиме се ограничава приступ за ICP-MS анализе. Због свих горе наведених разлога минерализација узорака за анализу As и Se се

мора обавити, као и за живу, употребом добрих метода мокре дигестије. На овај начин омогућава се квантитативна декомпозиција органске материје. У случају ICP-MS анализа, за ова три елемента, могу се користити познате процедуре минерализације.

Чак и за узорке органске природе, начини растварања пепела могу понекад дати погрешне резултате. Ова процедура не омогућава растварање силикатних једињења ни свих елемената који су у вези са њима. Са овим проблемом се сусрећемо углавном у анализама биљног материјала који се сматрају лаким за анализу, као и животињска ткива. На жалост, биљна ткива садрже варјабилне концентрације силиката, који могу достићи и неколико процената. После процедуре без потпуне елиминације силиката, могу се касније открити и неки други елементи у трагу. Најбоља индикација за овај феномен је детерминација алуминијума, који је делом везан у силикату и релативно обиран у биљним материјалима. Уколико се уоче трагови ових елемената, мора се применити процедура минерализације када се остатак раствара у флуороводоничној киселини: силикати су распаднути, Si испарава као SiF₆, а везани елементи се уводе у раствор. Овај проблем није специфичан само за процедуре жарења, њега налазимо донекле и у влажним дигестијама биљних узорака. Овде се такође мора применити корак са HF уз неопхону употребу тефлонских посуда.



смеша HNO₃ и HClO₄ је најбоља за разарање органских материја, али су могуће експлозије

У поређењу са методама спаљивања узорка процедуре минерализације помоћу растварања у киселинама показују широк опсег могућности које се тичу избора регенаса и њихових смеша, као и уређаја који се користе у тим процедурама. Велики број процедура које се могу наћи у литератури показују да постоји недостатак сличности чак и унутар исте фамилије узорака. Према томе било каква прецизна оперативна метода овде не може бити представљена. Међутим, постоје основни принципи који се примењују после озбиљног разматрања, које се тиче природе узорка и његовог састава, као и композиције реагенаса и самог циља анализе. Ово није увек једноставан задатак. За рутинске анализе препоручује се примена добро дефинисаног и једноставног поступка спаљивања узорка.

Циљеви мониторинга животне средине се најчешће баве детерминацијом укупног садржаја тражених елемената у узорцима. Међутим, у неким случајевима интересовање може бити окренуто на форму тражених елемената у узорцима (органска или неорганска жива), или његовој дистрибуцији у фракцијама узорка (минеролошке, хемијске, гранулометријске...). Мокре процедуре могу само да доведу до потпуног растварања као и селективне мобилизације тражених елемената у раствору. Успех анализе зависиће између осталог и од избора реагенаса, њихове комбинације и концентрација. У наукама које се баве животном средином је могуће да се

користе посебне схеме за парцијално и/или селективно растварање, како би се боље дефинисала дистрибуција тражених елемената у различитим једињењима узорка. Ове могућности тичу се углавном тла и седимената. У пракси, поменуте процедуре мокрог растварања обично су адаптиране и примењене.

• Процедуре потпуног разарања се обично изводе у присуству HF, комбиноване са другим киселинама. Оне генерално омогућавају растварање свих елемената присутних у узорку (изузев силикона). За добар тотални напад од изузетног је значаја употреба референтних материјала са препорученим вредностима.

• Снажни напади се генерално изводе употребом смеша јаких киселина, изузев HF. Оне су боље прилагођене за рутинске анализе, лаке су за употребу али мање комплетне у неким случајевима (тла, седименти) него тотални напад, због присуства нерастворљивих силиката. Ове разлике немају неки претерани значај за геохемијске сврхе, јаким нападом је задовољавајући у неколико случајева, на пример за процену нивоа загађења у животnoj средини: Растварање тла седимената и муља. Обично се изводи царском водом (1ml конц. HNO_3 + 3ml HCl на 1g сувог узорка). Снажни напад се користи за поновно откривање неких елемената, који између осталог зависе и од састава узорка.

• Средњи напади могу у принципу да се користе за симулацију трансфера елемената у животnoj средини (на пример асимилацију елемената у трагу из тла у биљку) тренутно не постоји интернационални консензус који се тиче оваквих приступа, зато што свака земља жели да задржи своју сопствену методологију.

• Појединачни случајеви представљени су селективно како би се детерминисале могуће асоцијације тражених елемената са главним саставним деловима узорка (на пример са органском материјом, оксидима гвожђа, карбонатима... у земљиштима и седиментима). Овде такође нема консензуса, па се користе процедуре екстракције, које су развијене током 80-тих.

У растварању узорка за детерминацију укупног садржаја елемената, већина процедура мокрих дигестија захтева употребу 6 реагенаса. Међу њима 4 доприносе деструкцији органских материја (HNO_3 , H_2SO_4 , H_2O_2 , HClO_4). Док HCl и HF омогућавају растварању неорганских једињења. Пре дискусије о њиховим употребљивим смешама корисно је размот-

рити ове реагенсе одвојено, како бисмо сазнали њихове активности у процедурама растварања.

- **Азотна киселина** је јако оксидационо средство и користи се за разарање органске материје. Она реагује са ароматичним и алифатичним органским једињењима, тако што их оксидише, или естерификује и доводи до нитрационих реакција стварајући једноставне органске киселине. То је од изузетног значаја у разарању материјала из животне средине. Концентрирана HNO_3 кључа на око 120°C , што омогућава њено уклањање после оксидације, али ограничава њену ефикасност. Азотна киселина се обично користи у присуству дргих киселина као што су сумпорна киселина (која делом деградира отпорније материјале подижући тачку кључања смеше), перхлорна киселина (која наставља оксидацију пошто је HNO_3 уклоњена), или са H_2O_2 за ефикаснију оксидацију.

- **Сумпорна киселина** је главни састојак веома ефикасне и често коришћене смеше у процедурама мокрих дигестија: $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$. Интеракција сумпорне киселине са органским једињењима је веома комплексна. Под одговарајућим условима може изазвати оксидацију, сулфонацију, естерификацију, хидролизу естара, дехидратацију или полимеризацију. Са становишта мокре дигестије најзначајније реакције су вероватно оксидација и дехидратација. Као додатна њеној функцији у делимичном деградирању органске материје својим деловањем, присуство H_2SO_4 у смешама које садрже друге оксидационе агенсе такође служи да подигне тачку кључања (тачка кључања H_2SO_4 је 330°C) тако да повећава деловање других оксиданаса. Главна мана употребе H_2SO_4 је њена тенденција да ствара нерастворна једињења и једињења веома високе тачке кључања. Нерастворљивост земноалкалних сулфата може изазвати потешкоће када се ради са узорцима који су богати овим елементима, као што је кост или млеко. Неки елементи у трагу такође формирају нерастворне сулфате. Висока тачка кључања H_2SO_4 чини да се тешко отклања после завршетка оксидације. Друга мана, као што је већ поменуто је вискозност која може да проузрокује сметње у транспорту посебно када се користе аналитичке технике у којима се транспортује узорак кроз танке цевчице. Коначно у присуству сулфата у узорку, неке хемијске сметње су видљиве са ETAAS. Због свих ових



смеша HNO_3 и HClO_4 је најбоља за разарање органских материја, али су могуће експлозије

разлога препоручљиво је избегавати додавање сумпорне киселине у вишку у смеше за расварање.

-Перхлорна киселина Када се користи са знањем и пажњом овај реагенс је екстремно ефикасан у разарању органских материјала и са техничке тачке гледишта смеша азотне и перхлорне киселине вероватно има мање мана него било која друга смеша за оксидацију. Због појаве повремених експлозија са HClO_4 разумљиво је избегавање њене употребе. У изузетним околностима када је неопходна употреба перхлорне киселине,



Тефлонске бомбе у микроталасној пећници

органски узорци се морају преходно оксидисати помоћу HNO_3 . Овај прелиминаран поступак омогућава да се елиминише опасност од експлозије. HNO_3 има улогу заштите од експлозије у дигестијама са HClO_4 .

-Водоник пероксид: смеше киселина са H_2O_2 су посебно ефикасне у оксидацији органске материје. Оксидациона моћ водоник пероксида у присуству сумпорне киселине је заснована на ин ситу продукцији H_2SO_5 која уводи оксидационе групе у многе групе органских молекула. Комбиновано са дехидратационим дејством H_2SO_4 овај тип реакције ће рапидно деградирати органске материје на мање молекуле, који ће испарити из система.

Као и случају процедура спаљивања узорка потешкоће се могу појавити и у методама мокре дигестије. Оне се могу приписати адсорпцији, испарењима или феномену таложења. Температуре које се овде достижу су много ниже него оне у методама сувог пепељења. Друго губици елемената на зидовима посуда за минерализацију се такође дешавају. Реакције елемената у трагу са другим елементима узорка су такође ограничена. Међутим три механизма се издвајају као најважнији:

- Таложење тражених елемената који формирају главне елементе узорка у реакционој смеши. Најпознатији пример је Таложење олова са калцијум сулфатом у случају високог садржаја калцијума у узорку ако смеша за минерализацију садржи сумпорну

киселину Таложење представља опасност за поузданост анализе, па је стога увек треба избегавати, чак и по цену промене целе процедуре.

- Присуство хлора у узорку, или у дигестионој смеши. Дигестија узорка у присуству HNO_3 условљава испаравање јона хлора који гради хлорид са нитрозним јонима из HNO_3 . Ово се појављује на нижим температурама у односу на температуру других елемената. Уколико HNO_3 није присутна у реакционој смеши (нпр у смеши H_2SO_4 и H_2O_2), губици изазвани испарењима се могу уочити у неколико елемената као што су Ge и As.

- Непотпуно растварање у складу са значајем је последица неадекватног избора или количине реагенса, затим непримереног програма загревања или ограниченим могућностима коришћења посуда. Држим речима уколико је реакциона смеша са хемијске тачке гледишта у немогућности да разгради узорак, ниједна посуда колико год софистицирана била неће достићи растварање на задовољавајући начин. Ово се може појавити у неким модерним уређајима за загревање, као што су нпр микроталасне пећнице. Избор процедуре и уређаја мора зависити од типа и природе узорка.

Минерализација и растварање ових узорка генерално није проблематично. Већина процедура мокре дигестије са употребом једне киселине (обично HNO_3) или смешом киселина и других оксиданаса (обично $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$) је врло ефикасна. Да би се појачала снага ових реагенса за отпорније узорке, у бројним процедурама се додају H_2SO_4 или HClO_4 . Минерализа-

ција се обавља у отвореним или затвореним системима.

Обично отворени системи (дигестија на атмосферском притиску), користе било коју посуду, најчешће стаклени или тефлонски балон, са или без рефлука и загревају се употребом уобичајених извора (бунсенова грејалица, решо, пешчано купатило...). Предходно осушен или свеж узорак се измери и сипа у посуду за минерализацију, па се додају реагенси. Смеша се загрева до кључања и одржава се до времена које је неопходно да се узорак распадне и раствори. После хлађења добијени раствор се квантитативно пребације у нормални суд и допуни до црте. Уколико после ове процедуре остане нерастворљиви остатак, он се у зависности од потреба анализе одваја филтрацијом или центрифугирањем. Уколико постоје недоумице које се тичу састава остатка, он се може растворити другим процедурама и анализирати одвојено. Током последњих неколико година отворени системи су напредовали. Уобичајене апаратуре за минерализацију су састављене од неколико посуда опремљених рефлуком како би се спречили могући губици испаравањем, али и да би се избегло уношење других елемената из атмосфере. Овакве апаратуре су потпуно задовољавајуће за обезбеђивање текућих минерализација великих серија узорка. Паралелно овоме, отворени системи који се загревају микроталасном енергијом су се такође појавили на тржишту и доступни су за мануелно или потпуно аутоматско коришћење.



Разарања органске материје јаким киселинама примењују се од давнина



Због своје реактивности, HF се користи и у органској синтези, на пример додецил бензол сулфоната

Затворени системи (дигестије киселином под притиском) су углавном представљени различитим моделима тефлонских бомби са или без робусног челичног тела или посуде од кварца, намењене високим притисцима. У неколико случајева затворени системи под притиском практично могу обезбедити потпуну декомпозицију присутне органске материје. Дигестије обављене у оваквим уређајима показују двоструки ефекат (температура и притисак). Ове технике су генерално много ефикасније него уобичајене мокре дигестије у отвореним системима: губице испарљивих елемената су избегнути и распадање много тежих узорака је омогућено. Ограничавајући фактор ових бомби је мала количина органске материје која се може третирали (0,1g – 0,2g). У бомбама се обично користи азотна киселина (са минималним додатком HClO_4), као медијум за дигестију. У овим процедурама додавање HClO_4 (и у мањој мери H_2O_2) није препоручљиво, због могућих ризика од експлозије у присуству органске материје у узорку). У складу са њиховом концепцијом, бомбе се могу грејати у лабораториј-

ским пећима, обично између 120°C - 200°C , са могућношћу постепеног повећавања температуре, или програмираног режима промене температуре у микроталасним пећницама. Предности су пре на страни прве могућности не само због значајно ниже цене, већ и због могућности употребе тефлонских бомби са челичним телом, које су отпорније на повишене притиске до 150 бара, чак и до 350 бара. За бомбе које се користе у микроталасним пећницама тело мора бити направљено од пластичних материјала и сходно томе морају се користити на нижим притисцима. Употреба процедура и реагенаса код узорака органског порекла са неорганском материјом је веома слична онима за дигестију узорака органског порекла. Једино минерални део узорака захтева комплетно растварање које се обично изводи комбинацијом неколико киселина. HNO_3 се обично сама користи (или понекад са H_2O_2) за разарање узорака органског порекла, али може бити замењена царском водом која ће обезбедити много лакше растварање минералног дела узорака.

Међутим немогуће је избећи већ споменути проблем силиката. Њихово растварање није обезбеђено царском водом, па се мора употребити HF То је важно уколико смо заинтересовани за утврђивање тоталне концентрације тражених елемената. Са практичне стране овај проблем је много компликованији у мокрым процедурама, него у методама спаљивања узорка описаних у предходним поглављима. Неколико фактора чине да коришћење уређаја у процедурама са HF буде теже у мокрым дигестијама:

- у уобичајеним процедурама мокре дигестије реакциона посуда је обично од стакла. Овај материјал се сам по себи раствара у HF. Процедуре растварања се тада морају обављати у тефлонским посудама које често нису доступне у одговарајућим величинама. Процедуре спаљивања узорка се обично спроводе у платинским посудама које су отпорне на HF.
- Напад HF је обично комплетиран испаравањем до сувог са циљем да се растворе силикати и испари силикон, као би се ослободили везани елементи. Пошто је ово једноставно

постићи у методама спаљивања узорка, на проблеме се може наићи у мокрим дигестијама. Најчешће се тефлонске посуде не уништавају HF али током испаравања до сувог, постоји опасност од прегревања, које може бити узрок оштећења унутрашњости посуде. Непровидност тефлона не омогућава нам да визуелно пратимо ток реакције. Овакве процедуре употребом HF су примењиве коришћењем малих или



Тефлонска бомба са челичним телом

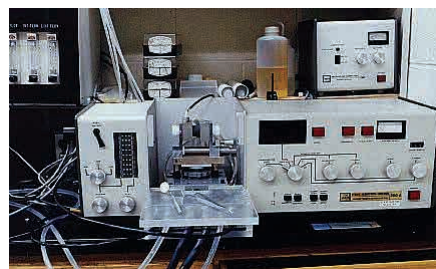
великих тефлонских посуда спречавајући употребу било какве опреме за кондензовање.

•Компликације могу бити далеко озбиљније у процедурама мокре дигестије које се спровode у микроталасним пећницама. У бомбама испаравање до сувог практично је немогуће. Неки уређаји новијег датума направљени су да превазиђу овај недостатак: они дозвољавају испаравање до сувог чак и у затвореним системима. Отворени системи у принципу би требали да буду zgodнији за ове примене пошто наменски уређаји могу обезбедити ефектно уклањање паре. У овом случају се могу применити кораци са HF. Нажалост ово је могуће само ако се овај поступак изводи мануелно са редовним проверавањем запремине остатка како би се спречило могуће прегревавање. Аутоматски отворени микроталасни системи могу довести до нежељеног испаравања до сувог. Немогућност визуелног праћења узорка током третмана, немогућност позиционирања испарења на посуди за минерализацију, могу да доведу до озбиљних оштећења тефлонских посуда, са друге стране, отворени дигестиони уређаји омогућавају руковање већим количинама узорка (отворени системи до 2g, а затворени системи до 0,2g органске материје).

Тренутно се на тржишту инструмената могу пронаћи бројни уређаји који омогућавају ефектну мокру дигестију. Ово се пре свега тиче микроталасних система. У овим уређајима трансфер енергије од реакционе смеше до узорка је бољи него у случају уобичајених апаратура за загревање. Најпознатији пример је везан за минерализацију неких пластичних материјала, где се морају уништити дугачки угљенични ланци. Употреба микроталаса у процедурама минерализације доминантна. Ово може бити последица одсуства других модерних система на тржишту или смањеног интереса за старе и очигледно мање елегантне поступке као што је спаљивање узорка.

Директна анализа чврстих узорка

У атомској спектроскопској инструментацији увођење течних узорка је генерално обезбеђено средствима различитих система који показују слабу ефикасност и ово је стога један од главних ограничавајућих фактора који се тичу стварне детекционе снаге инструмента. Предложено је неколико приступа за избегавање минерализације чврстих узорка увођењем у ICP-AES. Неки експериментални фактори као што је различитост величина честица током испаравања и аеросол транспорта као и непотпуно везивање ових честица као последица њиховог краткотрајног боравка у плазми, показују практично непостојање мана у рутинским анализама. Другим речима постоји много разлика у транспорту и феноменима дисоцијације између чврстих узорка и раствора за калибрацију.



AAS tehnike su ograničene na determinaciju isključivo metala.

Са друге стране поступци узимања чврстог узорка су посебно подесни за анализе ETAAS. Међутим проблеми се могу појавити због опасности од нерепрезентативног узорковања, као последица мале масе анализираних узорка. Директна анализа чврстих узорка употребом ETAAS је ограничена због неколико рестриктивних фактора. Из овог разлога ове апликације су напуштене већ 70-тих година прошлог века и замењене много кориснијом алтернативом која користи емулзије. Овај метод чини се као најбољи у превазилажењу неких потешкоћа које су у вези са директним узорковањем чврстих узорка. Емулзиона ETAAS анализа је брза, колико и анализа раствора и може се изводити коришћењем самоузорковача. Узорак у праху је емулгован директно у самоузорковачу, у деминерализованој води или у разблаженој азотној киселини (која омогућава делимично растварање узорка). Калибрација се изводи употребом једноставних водених стандардних раствора. Ови узорци морају бити периодично промешани (магнетном или ултразвучном мешалицом) у зависности од



Изглед савремене лабораторије

узорка. У недостатку мешања може доћи до таложења чврсте материје у емулзији, а то се може превазићи припремом стабилнијег вискозног медијума уз додатак дозвољених погодних емулгатора.

Могуће аналитичке грешке као последица присуства неких великих честица (генерално кварц и други силикати) у анализираном аликвоту нису проблематичне, зато што садрже незнатне количине елемената у трагу који се детерминишу у узорцима из животне средине. За анализу седимената ефикасност млевења је мање значајна него код других типова узорка.

Данас емулзиона ЕТААС може бити корисно примењена на различите анализе узорка из животне средине (тла, седименти, атмосферски талог, биљни узорци, животињска ткива, суспендоване честице у водама из природе итд) са друге стране ово вероватно није одговарајући приступ за рутинска анализа великог броја узорка, јер је тешка и захтева роботизовану ултразвучну хомогенизацију емулзије. Минерализација узорка је често лакши начин и рад са растворима може дати предност комплетној аутоматизацији апаратуре. Уобичајени велики узорци као што су тла, седименти или биљни материјал, требали би стога бити минерализовани пре анализе боље него расподељени у емулзионој анализи. Ово је посебно важно када се ради анализа мултиелемената. Анализа емулзије се може применити на анализу микроузорка као што је атмосферска прашина, суспендоване честице у природним водама или код узорка нерастворљивих у киселинама. Анализом емулзије избегавају се контаминације (захваљујући минималним количинама узорка) и губицима (нема загревања нити испаравања; нема

растварања ни нерастворљивог остатка) Овај метод може бити веома користан као алтернативни метод за проверавање тачности.

Слична методологија може се применити на великим ICP-AES или ICP-MS анализама где се узорак уводи у плазму. Нажалост комерцијална дистрибуција ЕТВ уређаја је и даље ограничена.

Детерминација живе је посебан случај. Као последица њене ниске тачке кључања припремање узорка је много деликатније него код осталих тражених елемената. Постоје 2 система развијена искључиво за директну детерминацију живе искључујући припремне кораке. После мерења и сипања у никлену епрувету чврсти свежи узорак (или раствор) уводи се у пламен, који настаје сагоревањем смеше ацетилена и кисеоника. Гасови настали сагоревањем пролазе кроз катализатор, који задржава нежељене остатке. Целокупна количина живе се раствара у златном амалгаму и постепено ослобађа загревањем. Детерминација је коначно утврђена атомском апсорпцијом. Употребом овог система сви чврсти узорци али и раствори и други течни узорци могу се лако анализирати.

Видели смо да бројни фактори у вези припремања узорка могу снажно утицати на поузданост целе анализе. Ово се тиче не само ефикасности и практичне примењивости доступне процедуре припреме, већ такође и њихове компатибилности са потребама техника мерења. Сада можемо констатовати да одговарајући алати за припрему узорка морају бити у рукама аналитичког хемичара али њихова примена код практичних корисника мора се унапредити. Ово се посебно тиче елемената у трагу за које је дистрибуција информација веома важан корак за обезбеђивање главног

циља анализе а то је достизање поузданих резултата.

План узимања узорка у Обреновцу

Планом је предвиђено узимање по неколико узорка (3-4) исте културе, са различитих места, како би се извидео садржај тешких метала у различитим културама. Предпоставка је да различите културе имају различите афинитете према појединим тешким металима, обзиром да се јестиви део код неких култура налази над земљом, а код других је под земљом.

Анализом 4 узорка паприке, урађених предходне године, пронађена велика количина живе у узорцима. Како су концентрације живе у паприци биле алармантне, требало је испитати да ли је паприка металофил у односу на живу. Планирано је да се узорци паприке узму са 35 локација.

Парадајз и јабуке, у поменутим анализама, који је радио институт „Винча“, показале су повећан садржај живе односно кадмијума, па је планирано да се узму узорци са по 22 локације. Велики број узорка ће омогућити да се добије релативно прецизан модел распрострањености појединих тешких метала у паприци, јабукама и парадајзу. Уз помоћ карте са уцртаним позицијама са којих су узети узорци, на основу концентрација тешких метала, обзиром да нам је ружа ветрова у Обреновцу позната, може се евентуално повезати повећан садржај тршких метала у воћу и поврћу са ТЕНТом и пепелиштима.

Планирано је да се узорци узимају са њива и башта од познатих произвођача. Локација места би се регистровала ГПС уређајем и фотографисала, као и сами узорци, ово стога што се свуда не гаје исте сорте воћа и поврћа, а то можда може бити од важности да се касније детерминише сорта културе.

Период	култура	бр. узорка	локације
друга недеља јула	кајсија	4	М. Моштаница, Стубл., Уровци, Пољане
друга недеља јула	пшеница	3	Младост, Грабовац, Бело Поље
трећа недеља јула	лук	4	Конатице, Барич, Вукићевица, Скела
тећа недеља јула	краставац	4	Ушће, Пироман, Рвати, Јасенак
последња недеља јула	шаргарепа	4	Дрен, Ратари, Велико Поље, Љубинић
Јул - август	кромпир	4	Звечка, Трстеница, Дражевац, Забрежје
Јул - август	парадајз	22	
септембар	паприка	35	
октобар	јабуке	22	

УКУПНО 102 узорка
Контрола + 6 узорка

План узимања узорка у Обреновцу

локације са којих би се узимали узорци разних култура, изузев паприке и парадајза, треба да су удаљени (појединачно за културе) једна од друге више од 5km ваздушном линијом. Са једне локације би се узимао само по 1 узорак.

Паприка и парадајз се узимају углавном са различитих локација, а приближна локација би се одредила помоћу карте подељене на квадранте, посебно за паприку, посебно за парадајз. Узорци паприке и парадаја могу се узимати и са истих локација, уколико квадранти имају велики пресек. Приликом узимања узорака, помоћу ГПС уређаја контролисати раздаљину од најближе локације са које је узет узорак, и уколико је раздаљина сувише мала, или велика, променити локацију ако је то могуће.

температури. Узорковање је вршено на територији општине Обреновац од 10.7.2006. до 13.10.2006. године. Приликом паковања узорци су прописно обележени и регистровани у записник. Коришћене су полиетиленске кесе. У записнику су за сваку локацију вођени следећи подаци: култура, број узорка, датум време и катастарска општина, односно село одакле је узорак узет. Забележена је тачна GPS локација. Поред тога у записник су унети и подаци о домаћинству (име, презиме и контакт телефон).

Узорци су транспортовани до лабораторије уз примопредајни записник, који је садржао основне податке о узорцима, али не и податке одакле потичу узорци како се не би знало одакле је који узорак узет.

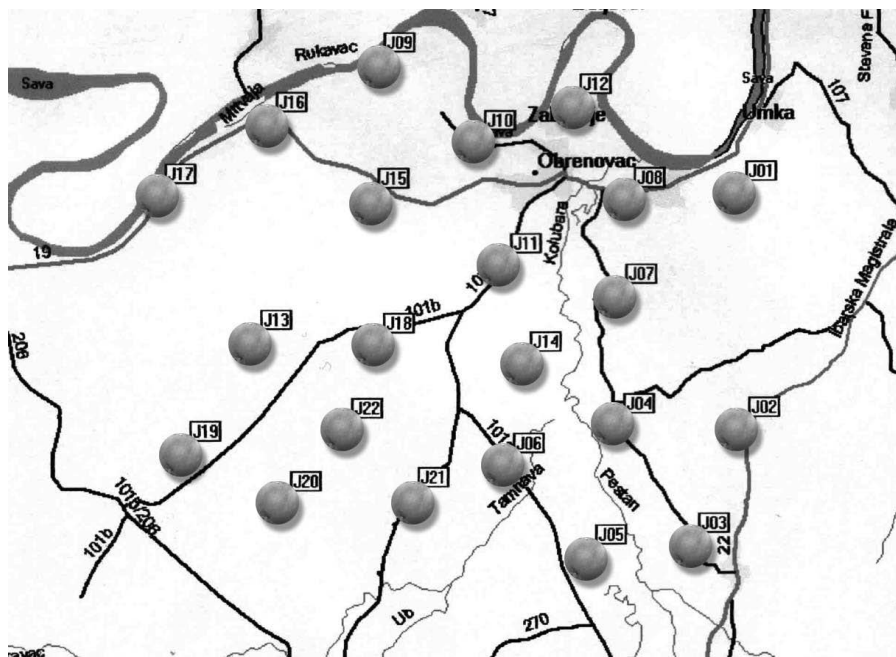
Други узорак је узет из тракторске приколице, која се налазила на њиви на којој су тог тренутка радили комбајни, а припада АД „Драган Марковић“. Њива се налази у непосредној близини градског сметлишта. Трећи узорак пшенице је узет из амбара у коме је жито било распрострто по поду да би се осушило, а које је комбајнирано дан раније. GPS локација је узета на њиви са које жито потиче у селу Грабовац. Пшеница је чувана на собној температури, сушена је на ваздуху, на собној температури, анализирана интегрално, без селекције зрна.

Црни лук је сакупљен са 4 локације то су Вукићевица, Барич, Конатице и Скела. Пошто је лук највећим делом већ био повађен, узорци су узети са места на којима се лук сушио, осим у Скели, где је лук узет непосредно из Баште. Све GPS локације се односе на положај баште у којој је лук гајен. Након допреме у лабораторију, са лука је одстрањено перје и чуван је у фрижидеру на температури од +2°C. Пре анализе, са лука је одстрањен спољни део (луковина).

Краставци су такође узети са 4 локације и то Јасенак, Пироман, Ушће и Рвати. Сви узорци су узети непосредно из баште, одређене су GPS локације, а баште фотографисане. Краставци су опрани, обрисани и нису љуштени, већ су анализирани заједно са кором. Краставци су чувани у замрзивачу на температури од -18°C . Шаргарепа је узета са 4 локације и то Ратари, Дрен, Љубинић и Велико Поље. Сви узорци су узети непосредно из земље, а локације баша су одређене помоћу GPS уређаја. Шаргарепа је чувана на собној температури (око 20°C). Пре анализе је опрана, одстрањен је горњи део, као када се припрема у домаћинству.

Кромпир је ископан из земље са 4 локације и то: Заврежје, Трстеница, Звечка и Дражевац. Као и у свим другим случајевима баште су фотографисане, а локација је одређена помоћу GPS уређаја. У лабораторији, кромпир је чуван на собној температури, а за анализу је опран, обрисан исечен са кором и као такав анализиран.

Парадајз је узет са 24 локације, две више него што је планом било предвиђено. Парадајз је чуван у фрижидеру неколико дана пре него што је достављен у лабораторију. Сви узорци су узимани непосредно из баште, а локације су фотографисане. Помоћу ГПС уређаја одабране су локације како би удаљеност од најближих локација била 3km до 5km.



Положај локација са којих су узети узорци јабука

Пошто се узима просечно по четири узорка по култури, на овај начин се може закључити следеће: Колико која култура апсорбује тешке метале, упоређењем са другим културама и колико је која локација угрожена у односу на друге три локације.

Контрола је вршена на следећи начин: 4 узорка паприке узета су у двострукој количини и подељена, тако да се један узорак шаље у институт „Винча“, други на Технолошко металуршки факултет у Београду. Два узорка се деле и под различитим шифрама се шаљу на анализу на ТМФ.

Узорци који су сакупљени на терену, чувани су неколико дана у фрижидеру, пре него што су достављени лабораторији на анализу. Неки узорци су достављани истог дана. Жито, црни лук и кромпир су чувани на собној

Након урађене анализе скоро сви власници домаћинства од којих су узети узорци су обавештени телефоном о садржају тешких метала у узорку који је од њих узет.

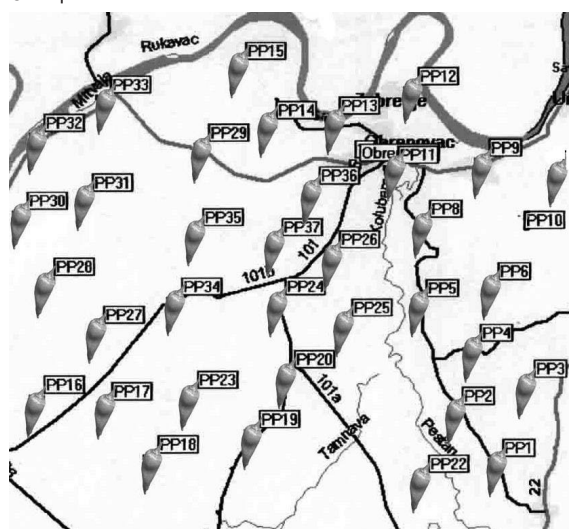
Кајсије су били први узоци који су узети у Пољананама, Стублинама, Уровцима и Малој Моштаници. Сви узорци су узети непосредно са стабала, а локација је фотографисана. положај је одређен помоћу GPS уређаја. Након што су допремљене у лабораторију, кајсије су опране, обрисане, одстрањене коштице и дршке, замрзнуте и чуване на температури од -18°C. Анализиран је само јестиви део плода.

Пшеница је узета са три локације. Први узорак је узет са њиве у Кртинској од непознатог власника, а зрно је ручно ослобођено од плевике.

Парадајз који је одмах припреман је обрисан, тако да су уклоњене само видљиве нечистоће, уклоњене су дршке, затим је исечен и самлевен. Парадајз који је био замрзнут на -18°C је самлевен заједно са дршкама у смрзнутом стању.

Паприка је узета са највише локација. Укупно је узето 35 узорака, с тим што су узорци број 7 и 21 у ствари поновљени узорци број 1 и 16. Ово је урађено због контроле. Паприка је чувана у фрижидеру неколико дана пре него што је достављена у лабораторију на анализу.

Четири узорка су подељена и послата на анализу у институт „Винча“. Ови узорци су обележени и отпремљени на независну анализу 18.9.2006. године. Паприке су узимане тако да је удаљеност локација од 3km до 3,5km. Ово је омогућено употребом GPS уређаја који показује тачну удаљеност тргнутог положаја од најближих тачака (ваздушном линијом). На дисплеју GPS уређаја је могуће видети и карту која је приказана на слици.



Положај локација са којих су узети узорци паприка

Паприке су по приспећу у лабораторију опране, обрисане, очишћене од дршки и семенки и чуване у замрзивачу на температури од -18°C .

Јабуке су последње прикупљене са 22 локације по истом принципу као што су прикупљани и сви остали узорци. Јабуке су чуване у фрижидеру до транспорта у лабораторију где је примењен исти поступак као и са паприком. Обзиром да су јабуке стигле последње, оне су анализиране одмах по приспећу.

На све узорке свих култура је затим примењена иста процедура припреме. Узорци су опрани и обрисани, очишћени, као када се припремају у домаћинству, а затим исечени у комадиће погодне за сушење у сушници. Узорци који су били смрзнати

су самлевени у смрзнутом стању (парадајз). Овако добијен „пире“ је у млину хомогенизован, а састав му је уједначен тако да се може одмах тетирати.

Сушење је трајало нешто дуже, на 60°C . Изабрана је нижа температура, иако је за живу, препоручена виша температура од 75°C , а за остале елементе 105°C . За сушење је узет композит приближне масе 40g-50g. Осушени композит је самлевен у млину, при чему је добијен прах. Тако је добијена потребна количина репрезентативног узорка. Подразумева се да је пре и после сушења мерена маса узорка.

На аналитичкој ваги је одмерено 0.5g праха добијеног млевењем узорка, (тачност ваге је била $\pm 0.001\text{g}$). Прах је стављен у тефлонску бомбу. Када се тетирао материјал који је настао млевењем замрзнутих узорка одмерена је нешто већа количина овог материјала. Тефлонске бомбе се затварају херметички, поклопцем са навојем, како би се спречио губитак

лако испарљивих метала As, Hg и Cd. У тефлонску бомбу је додато 7ml HNO_3 и 2ml H_2O_2 , како би се разорио прах. Загревање је вршено у микроталасној пећници наредних 30 мин., уз постепено повећавање температуре. За то време се узорак у потпуности растворио. Тефлонске бомбе се нису отварале све док се потпуно нису охладили, на овај начин је спречен губитак живе и арсена испаравањем. Хлађење је обављено тако што се бомбе стављене у посуду са хладном водом, или на ваздуху.

Потпуно растворени узорци су затим квантитативно пренесени у нормалне судове од 25ml и допуњени до црте дестилованом односно деми водом одговарајућег (MQ) квалитета. Овако припремљене пробе су спремне за анализу.

Приликом анализе коришћена је AAS метода високе селективности и осетљивости. Атомска апсорпциона спектрофотометрија је метода која се заснива на појави да атоми једног метала апсорбују фотоне строго одређене таласне дужине. Том приликом електрон, који се налази на некој стабилној орбитали скаче на неку вишу дозвољену орбиталу, или бива потпуно избачен.

У атомима постоји различит број електрона који је идентичан редном броју елемента. Електрони су распо-

ређени по електронским орбиталама, чији је распоред у функцији главног квантног броја и за сваки елемент је различит. Енергија коју имају електрони на овим орбиталама зависи од много фактора.

Приликом повратка на стабилну орбиталу електрон емитује фотон исте таласне дужине. Емисиони и/или апсорпциони спектар неког елемента садржи више карактеристичних линија које представљају „отисак прста“ сваког појединог елемента.

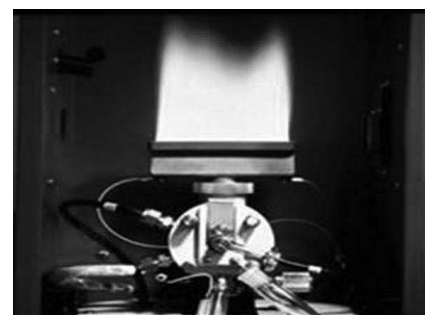
Када одређујемо садржај неког метала користимо лампу, која садржи тај метал, па емитује светлост таласне дужине коју ће апсорбовати атоми у узорку. У конкретном случају, живина лампа емитује светлост, а жива из узорка апсорбује фотоне.

За различите метале се користи различито гориво и оксиданс. Однос препоручује произвођач уређаја. Добијена смеша се транспортује до пламене главе. Облик дизне је линијски, како би се повећала дужина пута светлости која се пропушта кроз пламен. Пре почетка мерења теба подесити да светлост приликом проласка има максимум апсорпције фотона. То се постиже тако што се помера извор светлости и фотоћелија до најбоље позиције.

Пре почетка мерења уређај се баждари. То се постиже тако што се одреди нула, пропуштањем дестиловане воде. Затим се пропусте стандардни раствори познате концентрације. Тек тада се приступа мерењу. Мерење се своди на бележење вредности апсорбанције.

Повремено, уколико се мери серија узорка, теба пропустати стандардне растворе и дестиловану воду, како би се касније извршила корекција мерња, а на крају мерења такође је пожељно да се пропусте дестилована вода и стандардни раствор.

Добијени резултати нам дају концентрације траженог метала у раствору, а затим пошто знамо колико смо узорка одмерили, растворили и раб-лажили у нормалном суду, можемо да израчунамо и садржај траженог метала у узорку.



AAS пламена глава

Садржај живе и арсена у пробама је одређиван применом хидридног система MHS10 који је повезан са AAS Perkin Elmer модел 3100. У циљу контроле концентрације јона метала у узорцима поврћа и воћа коришћени су комерцијални Perkin Elmer стандардни раствори.

Кадмијум и олово су одређивани применом електротермалне технике (GFAAS) на истом инструменту са Zeeman background корекцијом.

У свим мерењима јона тешких метала остварена је осетљивост од 50ppb. Граница детекције зависи од поступка, одмерене масе узорка и осетљивости мерне технике и кретала се између 0,05 mg/kg до 0,08mg/kg.

У свим узорцима **кајсија, црног лука и пшенице** концентрације тешких метала су испод МДК, сва 4 тешка метала (Cd, Pb, As и Hg) јављају се само у траговима. Ове три културе имају најкраће трајање вегетације. Кајсија расте на дрвету, пшеница на површини земље, а јестиви део црног лука је у земљи.

Могуће је да је трајање вегетације утицало на чињеницу да у овим културама, условно речено нема тешких метала. У узорцима **краставаца** концентрације тешких метала, изнад МДК, су пронађене у два узорка и то у Пироману и у Рватима. У овим узорцима је незнатно повећан садржај живе: 0,11mg/kg у Пироману и 0,14mg/kg у Рватима (МДК: 0,1mg/kg). Олово је детектовано у једном узорку 1,22mg/kg, али је концентрација више него упола мања од МДК која за олово износи 3mg/kg. Ово је исти узорак из Пиромана у коме је пронађена повећана концентрација живе.

Арсен је детектован у свим узорцима, али нигде не прелази МДК, која за арсен износи 1mg/kg. Кадмијума у узорцима краставаца скоро да нема.

Жива и кадмијум у узорцима **шаргарепе** нису могли бити детектовани. Олово је детектовано са нешто повишеном концентрацијом само у узорку који је узет у Ратарима, али једва да прелази $\frac{1}{4}$ МДК (3mg/kg), измерено је 0,78mg/kg.

Арсен је детектован у свим узорцима. Концентрације су свуда мање од МДК, једино узорак из Ратара показује значајну количину As која је врло близу МДК од 1mg/kg и износи 0,92mg/kg.

Жива и кадмијум у узорцима **кромпира** нису могли бити детектовани. Олово је детектовано у малој концентрацији која је доста испод МДК само на локацији Забрешје. Арсен је такође детектован у истом узорку из Забрешја и концентрација је износила 0,7mg/kg што се приближава МДК која износи 1mg/kg.

Парадајз је једна од култура која је узета са већег броја локација, укупно 24. У узорцима парадајза жива није могла бити детектована осим у узорку који је узоркован у Вукићевици. Сви узорци парадајза имали су садржај $C_{Hg} < 0,05mg/kg$. Чињеница да се у овом узорку концентрација живе пење на 0,99mg/kg што је скоро 10 пута веће од МДК, може се тумачити употребом плавог камена. Арсен у парадајзу није заступљен. Само је у 4 узорка од 24 измерен As и то у три узорка на граници детекције. МДК за арсен у парадајзу износи 1mg/kg. Олово је детектовано у скоро свим узорцима, али је садржај далеко испод МДК.

Кадмијум је детектован само у Ратарима и у Стублинама али је концентрација мање од МДК која за арсен у парадајзу износи 1mg/kg.

Олово је у свим узорцима испод МДК. У узорку из Стублина садржај Pb је био 1,04mg/kg што је 3 пута ниже од дозвољених 3mg/kg. Кадмијум није могао бити детектован сем у Ратарима (0,09mg/kg) и Стублинама 0,13mg/kg, што је мање од МДК од 0,3mg/kg.

Паприке су узете са укупно 35 локација, највише у односу на друге културе. Предпоставка је била да је паприка металофил у односу на живу, па је акценат стављен на њу. Показало се међутим да живе у паприци условно речено нема. Садржај арсена у паприци је у свих 35 узорка био испод границе детекције. Олово је детектовано у 25 узорка и у свим је било далеко испод МДК. Кадмијум је детектован само у једном узорку из Стублина. Концентрација Cd је износила 0,1mg/kg, што је тек $\frac{1}{3}$ у односу на МДК 0,3mg/kg.

Јабукe су узете са 22 локације. Жива је детектована само у једном узорку и то у атару села Склеа. Концентрација живе у овом узорку износи 0,15mg/kg, што је више од дозвољеног садржаја који износи 0,1mg/kg. Како се ради само о једном узорку, то може значити да су јабукe контаминирани на пример употребом инсектицида који садржи живу или на неки други начин. Арсен није пронађен ни у једном узорку. Олово је детектовано у свим узорцима јабукa, али нигде не прелази МДК. Чињеница је да су узорци махом узети са стабала из дворишта поред саобраћајница. Мало олова има у Пољанама 2,25mg/kg, (МДК 3mg/kg), Дражевцу 1,91mg/kg, Љубинићу и Звечкој са по 1,11mg/kg и у Баљевцу са 1,05mg/kg. Све остале концентрације су испод 1mg/kg. Кадмијум није могао бити детектован, сем у једном узорку са стабла на паркингу ТЕНТ-а, концентрација Cd је била 0,12mg/kg, а

МДК за Cd износи 0,30mg/kg.

На крају да резимирамо:

концентрације јона живе у 4 узорка воћа, поврћа и житарица са територије ГО Обреновац прелази МДК, то су: Јабукe из Склеа, Парадајзиз Вукићевице, Краставци из Пиромана и Рвата. Осталих 102 узорка су у односу на живу исправни. У процентима, само 3,77% узорка није исправно. У свим узорцима концентрације јона As, Pb и Cd су мање од МДК.

Контрола мерења је спроведена на паприкама. Четири узорка су подељена и послата у институт „Винча“, а два узорка су подељена и са различитим шифрама послати на ТМФ. Резултати дељених узорка, показују велико слагање, што указује на коректно изведено мерење.

Четири узорка која су послата у институт „Винча“ показују мање неслагање са резултатима из ТМФ. Резултати за живу из института „Винча“ су нешто прецизнији, али ни у једном од узорка није детектована жива. Код арсена је ситуација таква да анализе са ТМФ показују да је концентрација арсена испод границе детекције, док резултати анализе из „Винче“ указују на незнатне количине Арсена. Обзиром да се ради о мањем неслагању и да су концентрације измерене у „Винчи“ далеко испод МДК, можемо констатовати да је слагање резултата задовољавајуће. Код олова је још веће слагање резултата него код арсена. Измерени садржај олова разликује се у неколико процената, што је за ове концентрације врло добро, па можемо констатовати да су резултати из „Винче“ и ТМФ приближни, а резултати анализе садржаја олова валидни.

Код кадмијума се резултати драстично разликују! У резултатима са ТМФ условно речено нема кадмијума, док се у 2 узорка, који су обрађени у „Винчи“ кадмијум налази у недозвољеним концентрацијама! Поставља се питање Ко је погрешио? Ако је постигнуто скоро апсолутно слагање резултата за 3 тешка метала, а за кадмијум није, најпре можемо помислити на неку систематску грешку. У каснијим испитивањима из 2007. (СП лабораторија Бечеј) и 2008. (ГЗЗЈЗ) године измерени садржај тешких метала је био још мањи, па можемо предпоставити да је „Винча“ погрешила, јер је мало вероватно да се у релативно кратком времену стање животне средине промени.

ЗАКЉУЧАК:

Иако нам је била намера да на основу добијених резултата мерења направимо употребљиву карту која би показивала садржај појединих тешких

метала у облику „изоконцентра“ нисмо успели, јер већина узорак није имала мерљиве концентрације тешких метала. Међутим можемо извући неке закључке који се пре свега односе на афинитет воћа и поврћа да апсорбују поједине тешке метале, валидности резултата и утицај ТЕНТ на распрострањеност тешких метала на територији Обреновца.

Намеће се закључак да културе које раније сазревају (кајсија, пшеница, црни лук...) уопште не садрже тешке метале. Могуће да је то последица кратке вегетације, или пак релативно ниских температура у време вегетације. Интересантно је да садржај олова у овим раним културама не прелази 0,1mg/kg и доста је нижи у односу на све друге културе које касније сазревају. Положај плода, у смислу да ли се налази у земљи или изнад, не показује никакве тенденције да одређени плодови имају мањи или већи афинитет ка депоновању тешких метала. Кадмијум није детектован чак у 98 од 106 узорака. Интересантно да је једини узорак јабука који је садржао мерљиву количину Cd био узет са стабла на паркингу испред ТЕНТ-а. Чак и овај узорак није имао значајнију количину Cd. Из овог можемо закључити да се кадмијум не може сматрати опасним загађивачем на територији Обреновца. Жива такође није детектована у већини узорака. Неколико прекорачења која су измерена толико одскачу од других, да се намеће закључак да се ради о појединачним случајевима у којима је дошло до депоновања живе из непосредне околине у коју је овај тешки метал интродукован вероватно путем пестицида, или на неки други начин. Утицај ТЕНТ на садржај живе у воћу и поврћу треба искључити. Ово пре свега због чињенице да лигнит из Колубарског басена садржи живу у количинама која се далеко испод концентрација у другим угљевима.

Од свих тешких метала највећи масени садржај у воћу и поврћу има олово. Олово је измерено у скоро свим узорцима, али нигде не прелази МДК. Велики број података о садржају Олова би могао да нам да слику утицаја ТЕНТ-а, ТЕНТ-б и депонија, на садржај олова у воћу и поврћу, да он зависи само од њих. Познато нам је да олово у животну средину доспева највећим делом са издувним гасовима бензинских мотора, па тако и ова могућност отпада. То не значи да постоји оптерећење животне средине тешким металима из ТЕНТ и њихових депонија, али је чињеница да је загађење у оквирима дозвољеног.

Ако резимирамо све што је до сада речено, морамо констатовати да термоенергетски објекти на територији општине Обреновац немају значајан утицај на садржај тешких метала у воћу и поврћу.

Војин Несторовић

Резултати мерења квалитета ваздуха

датум	SO ₂ g/m ³	NO ₂ g/m ³	PM10 g/m ³	мерна станица	Центар
датум	SO ₂ g/m ³	NO ₂ g/m ³	PM10 g/m ³		
01.12.2012	16,23	20,25			
02.12.2012	19,95	21,77			
03.12.2012	25,00	18,34			
04.12.2012	22,08	19,29			
05.12.2012	18,09	25,98			
06.12.2012	16,76	28,46			
07.12.2012	18,62	22,16			
08.12.2012	22,61	17,38			
09.12.2012	42,56	24,83			
10.12.2012	43,36	47,18			
11.12.2012	36,71	41,64			
12.12.2012	43,89	30,56			
13.12.2012	27,93	36,29			
14.12.2012	23,94	26,17			
15.12.2012	25,00	15,85			
16.12.2012	19,15	29,41			
17.12.2012	22,34	23,49			
18.12.2012	22,88	8,40			
19.12.2012	26,60	8,98			
20.12.2012	17,02				
21.12.2012	40,70				
22.12.2012	27,66				
23.12.2012	30,86				
24.12.2012	33,52				
25.12.2012	31,65				
26.12.2012	28,46				
27.12.2012					
28.12.2012	18,09				
29.12.2012	28,99				
30.12.2012	25,00				
31.12.2012	17,02				
01.01.2013	17,56				
02.01.2013	22,88				
03.01.2013	29,79				
04.01.2013	28,46				
05.01.2013	21,01				
06.01.2013	14,63				
07.01.2013	13,30				
08.01.2013	15,69	12,22	52,90		
09.01.2013	21,01	27,50	96,60		
10.01.2013	24,47	35,72	115,50		
11.01.2013	23,94	31,90	103,20		
12.01.2013	20,75	21,77	52,10		
13.01.2013	22,61	18,91	52,20		
14.01.2013	19,42	9,17	23,10		
15.01.2013	18,62	14,52	24,20		
16.01.2013	19,68	29,03	62,50		
17.01.2013	32,19	18,91	44,90		
18.01.2013	19,15	17,00	34,20		
19.01.2013	31,12	23,49	44,80		
20.01.2013	25,00	25,21	47,40		
21.01.2013	18,35	9,17	29,60		
22.01.2013	18,62	27,12	40,30		
23.01.2013	31,12	29,41	55,00		
24.01.2013	22,88	15,66	51,60		
25.01.2013	17,56	26,17	59,50		
26.01.2013	18,35	29,03	81,50		
27.01.2013	34,85	23,30	84,80		
28.01.2013	28,73	31,90	94,90		
29.01.2013	23,94	27,70	85,00		
30.01.2013	34,85	46,60	130,30		
31.01.2013	24,21	40,30	98,70		
01.02.2013	25,00	35,14	106,30		
02.02.2013	22,61	17,95	32,50		
03.02.2013	18,09	16,62	18,40		
04.02.2013	27,66	37,44	72,50		
05.02.2013	27,13	42,02	100,60		
06.02.2013	23,94	27,50	65,80		
07.02.2013	20,48	24,26	47,20		
08.02.2013	19,68	21,58	54,50		
09.02.2013	20,22	21,97	66,60		
10.02.2013	44,42	25,98	64,10		
11.02.2013	35,91	22,16	63,90		
12.02.2013	19,42	12,61	21,90		
13.02.2013	26,33	8,79	23,00		
14.02.2013	19,15	30,75	51,10		
15.02.2013					
16.02.2013					
17.02.2013					
18.02.2013					
19.02.2013					
20.02.2013					
21.02.2013					
22.02.2013					
23.02.2013					
24.02.2013					
25.02.2013					
26.02.2013	19,95	18,15	33,50		
27.02.2013	14,10	22,35	25,60		
28.02.2013	44,42	30,56	97,10		
01.03.2013	38,57	36,67	124,00		
02.03.2013	18,09	26,17	60,90		
03.03.2013	49,21	38,58	112,00		
04.03.2013	23,67	32,66	88,50		
05.03.2013	21,81	16,81	64,80		
06.03.2013	19,95	14,13	42,80		
07.03.2013	28,20	17,57	31,70		
08.03.2013	31,92	40,87	43,00		
09.03.2013	23,41	36,86	44,00		
10.03.2013	24,47	26,17	32,00		
11.03.2013	18,09	38,77	37,50		
12.03.2013	20,75	23,30	24,10		
13.03.2013	22,08	29,99	37,00		
14.03.2013	19,15	23,88	23,50		
15.03.2013	27,13	20,44	34,00		
16.03.2013	18,09	26,74	58,70		
17.03.2013	23,67	16,04	58,50		
18.03.2013	19,95	9,55	29,30		
19.03.2013	25,27	28,08	28,70		
20.03.2013	21,28	29,80	42,90		
21.03.2013	18,35	19,10	21,50		
22.03.2013	30,32	26,36	35,60		
23.03.2013	18,35	16,81	44,70		
24.03.2013	20,48	13,56	29,30		
25.03.2013	19,95	9,36	31,90		
26.03.2013	20,48	31,71	40,40		
27.03.2013	17,56	32,09	45,60		
28.03.2013	19,95	10,12	38,20		
29.03.2013	21,01	9,36	19,10		
30.03.2013	21,81	13,75	34,20		
31.03.2013	18,89	14,90	41,60		

Мерење квалитета ваздуха

мерна станица Јефимија

датум	NO μg/m ³	NO ₂ μg/m ³	NO _x ppb	SO ₂ μg/m ³	PM10 μg/m ³
1.12.2012	4,19	6,31	10,51	3,60	76,23
2.12.2012	4,78	7,95	12,73	4,82	143,80
3.12.2012	4,37	4,72	9,09	2,53	29,31
4.12.2012	4,41	7,08	11,49	5,77	53,22
5.12.2012	4,57	4,67	9,23	2,74	52,55
6.12.2012	5,66	6,64	12,30	2,86	117,63
7.12.2012	4,90	6,67	11,57	4,36	78,17
8.12.2012	3,71	5,78	9,49	9,11	69,23
9.12.2012	4,52	5,07	9,59	4,52	80,29
10.12.2012	7,27	16,08	23,35	17,33	249,83
11.12.2012	6,87	13,40	20,27	15,52	258,73
12.12.2012	5,38	6,32	11,70	4,82	83,75
13.12.2012	6,02	9,54	15,56	11,43	128,21
14.12.2012	4,83	7,32	12,15	7,93	81,14
15.12.2012	4,50	5,14	9,63	7,32	78,83
16.12.2012	5,67	10,73	16,39	6,32	210,13
17.12.2012	7,57	8,87	16,44	6,66	213,72
18.12.2012	4,58	3,22	7,80	7,20	32,07
19.12.2012	6,07	4,88	10,95	11,47	52,47
20.12.2012	6,51	8,06	14,57	4,34	168,92
21.12.2012	4,83	0,19	5,23	14,11	265,22
22.12.2012	4,63		2,94	9,32	173,82
23.12.2012	4,67		2,86	11,47	180,75
24.12.2012	4,78		2,90	13,09	327,10
25.12.2012	5,26		3,17	11,14	611,14
26.12.2012	5,73		3,43	11,13	566,97
27.12.2012	5,80		3,47	5,71	67,20
28.12.2012	5,80		3,47	4,18	123,08
29.12.2012	5,86		3,52	10,93	78,99
30.12.2012	5,87		3,55	7,38	119,53
31.12.2012	5,87		3,54	6,09	226,24
1.1.2013	5,86		3,55	7,82	238,56
2.1.2013	5,89		3,57	7,13	295,48
3.1.2013	5,93		3,57	9,59	200,15
4.1.2013	5,92		3,58	5,82	122,69
5.1.2013	5,88		3,56	2,57	45,56
6.1.2013	5,89		3,55	1,74	43,88
7.1.2013	5,89		3,56	1,6	31,07
8.1.2013	5,91		3,57	3,23	59,11
9.1.2013	5,90		3,56	7,43	205,62
10.1.2013	5,86		3,51	8,77	283,36
11.1.2013	5,86		3,53	6,67	298,79
12.1.2013	5,90		3,57	6,05	57,98
13.1.2013	5,91		3,55	6,19	80,69
14.1.2013	5,89		3,54	3,72	48,13
15.1.2013	5,87		3,53	3,55	55,05
16.1.2013	5,83		3,50	5,63	170,61
17.1.2013	5,84		3,51	13,18	131,20
18.1.2013	5,81		3,51	3,89	63,01
19.1.2013	5,83		3,51	10,85	97,22
20.1.2013	5,82		3,50	5,97	93,91
21.1.2013	5,82		3,48	2,60	70,20
22.1.2013	5,81		3,48	3,08	76,15
23.1.2013	5,86		3,52	12,25	100,70
24.1.2013	5,85		3,53	5,83	99,68
25.1.2013	5,84		3,52	3,93	142,19
26.1.2013	5,88		3,52	4,29	197,24
27.1.2013	5,89		3,54	15,29	213,50
28.1.2013	5,88		3,53	9,37	216,70
29.1.2013	4,63	3,55	8,19	8,03	198,91
30.1.2013	6,04	9,78	15,82	12,97	206,32
31.1.2013	4,44	7,42	11,86	6,6	131,09

датум	NO μg/m ³	NO ₂ μg/m ³	NO _x ppb	SO ₂ μg/m ³	PM10 μg/m ³
1.2.2013	6,18	7,96	14,13	7,28	103,77
2.2.2013	3,97	3,96	7,93	4,62	56,85
3.2.2013	3,69	2,52	6,21	4,93	41,45
4.2.2013	5,79	7,39	13,18	9,27	73,95
5.2.2013	6,18	9,96	16,13	7,52	107,91
6.2.2013	7,57	7,82	15,13	10,05	127,75
7.2.2013	1,73	5,00	6,44	8,81	61,58
8.2.2013	0,90	6,44	7,16	2,04	87,80
9.2.2013	0,39	7,29	7,44	2,97	122,94
10.2.2013	0,80	8,85	9,45	17,66	153,52
11.2.2013	2,45	8,05	10,25	9,29	156,87
12.2.2013	0,30	3,57	3,35	2,13	79,75
13.2.2013	0,31	3,43	3,23	8,42	55,24
14.2.2013	1,63	6,79	8,23	2,24	108,99
15.2.2013	5,07	6,15	10,99	2,82	133,34
16.2.2013	0,86	6,87	7,64	6,07	217,84
17.2.2013	0,35	6,05	6,10	1,80	190,78
18.2.2013	4,79	7,03	11,65	6,91	151,12
19.2.2013	0,64	7,08	7,52	7,51	144,21
20.2.2013	1,69	8,91	10,41	13,66	223,55
21.2.2013	5,36	6,05	11,20	1,06	67,34
22.2.2013	0,94	6,65	7,42	5,09	105,68
23.2.2013	0,32	5,65	5,78	2,98	72,75
24.2.2013	4,26	3,03	7,03	2,81	31,68
25.2.2013	0,3	3,36	3,43	5,01	27,47
26.2.2013	1,06	5,29	6,16	1,46	37,54
27.2.2013	5,06	5,21	10,04	1,58	52,68
28.2.2013	3,88	10,31	14,10	16,1	152,90
1.3.2013	2,75	9,81	12,51	10,45	261,47
2.3.2013	5,95	6,19	11,88	1,81	98,66
3.3.2013	2,36	11,69	14,00	16,78	223,14
4.3.2013	1,69	8,83	10,42	3,79	147,93
5.3.2013	7,42	7,00	14,26	4,61	137,53
6.3.2013	0,32	5,22	5,34	5,92	94,38
7.3.2013	0,47	6,77	7,12	7,76	73,72
8.3.2013	2,43	15,99	18,42	18,61	79,30
9.3.2013	1,61	12,73	14,35	11,84	123,19
10.3.2013	0,50	10,34	10,84	13,44	64,91
11.3.2013	2,57	12,74	15,31	6,59	97,10
12.3.2013	1,04	9,40	10,44	9,19	52,46
13.3.2013	3,08	15,75	18,83	9,47	372,20
14.3.2013	2,62	11,31	13,93	7,51	12,29
15.3.2013	1,13	8,59	9,72	14,93	19,10
16.3.2013	0,42	6,05	6,47	5,33	16,21
17.3.2013	0,88	7,74	8,63	13,47	25,63
18.3.2013	0,32	7,24	7,56	5,39	18,42
19.3.2013	0,86	9,37	10,23	13,62	13,01
20.3.2013	1,15	9,68	10,83	8,01	21,68
21.3.2013	1,42	9,01	10,43	4,00	12,71
22.3.2013	0,67	6,52	7,18	3,97	17,72
23.3.2013	0,79	9,63	10,42	3,72	25,14
24.3.2013	0,47	7,85	8,32	7,44	20,08
25.3.2013	0,34	7,71	8,05	6,87	20,43
26.3.2013	1,18	10,08	11,26	6,4	21,53
27.3.2013	1,35	10,31	11,66	3,47	28,90
28.3.2013	0,35	7,09	7,44	9,15	21,96
29.3.2013	0,33	6,47	6,80	4,82	13,51
30.3.2013	1,14	9,57	10,71	5,04	27,53
31.3.2013	0,33	4,48	4,81	3,59	38,68

Мерење квалитета ваздуха

датум	SO ₂ μg/m ³	PM10 μg/m ³	мерна станица Грабовац		
датум	SO ₂ μg/m ³	PM10 μg/m ³	датум	SO ₂ μg/m ³	PM10 μg/m ³
1.12.2012	8,63	31,52	1.2.2013	28,56	49,02
2.12.2012	12,94	49,41	2.2.2013	17,23	24,51
3.12.2012	6,75	13,61	3.2.2013	7,81	7,48
4.12.2012	22,59	31,67	4.2.2013	29,89	25,91
5.12.2012	8,26	19,62	5.2.2013	23,45	49,46
6.12.2012	9,91	41,04	6.2.2013	17,21	43,01
7.12.2012	12,88	57,79	7.2.2013	4,48	14,34
8.12.2012	19,37	32,08	8.2.2013	3,59	29,24
9.12.2012	11,01	21,75	9.2.2013	4,70	42,53
10.12.2012	45,39	89,54	10.2.2013	34,22	49,84
11.12.2012	35,63	94,42	11.2.2013	25,92	64,90
12.12.2012	10,66	28,64	12.2.2013	7,74	22,87
13.12.2012	41,98	62,34	13.2.2013	13,38	26,20
14.12.2012	55,07	46,83	14.2.2013	6,33	34,56
15.12.2012	56,58	39,41	15.2.2013	2,49	55,43
16.12.2012	21,38	69,70	16.2.2013	4,55	55,43
17.12.2012	19,09	63,89	17.2.2013	10,23	63,25
18.12.2012	17,81	19,97	18.2.2013	15,41	58,59
19.12.2012	16,69	18,85	19.2.2013	10,09	48,71
20.12.2012	11,77	48,57	20.2.2013	26,28	71,64
21.12.2012	44,76	78,82	21.2.2013	1,51	22,00
22.12.2012	24,81	51,55	22.2.2013	22,18	35,62
23.12.2012	45,90	81,39	23.2.2013	8,63	98,92
24.12.2012	36,89	104,02	24.2.2013	4,79	12,35
25.12.2012	27,44	147,03	25.2.2013	6,08	13,02
26.12.2012	28,90	154,28	26.2.2013	2,85	17,23
27.12.2012	18,28	28,92	27.2.2013	2,90	20,27
28.12.2012	11,32	39,24	28.2.2013	45,47	54,54
29.12.2012	14,67	30,38	1.3.2013	33,29	73,97
30.12.2012	18,72	46,40	2.3.2013	5,11	31,36
31.12.2012	16,27	72,37	3.3.2013	51,68	68,54
1.1.2013	34,14	81,79	4.3.2013	15,23	42,28
2.1.2013	16,48	93,30	5.3.2013	13,83	58,91
3.1.2013	26,34	82,87	6.3.2013	27,16	43,51
4.1.2013	15,89	52,39	7.3.2013	15,81	29,88
5.1.2013	8,10	10,46	8.3.2013	9,13	189,07
6.1.2013	7,47	13,86	9.3.2013	5,43	23,29
7.1.2013	5,71	10,68	10.3.2013	10,05	20,93
8.1.2013	12,16	24,79	11.3.2013	10,10	103,51
9.1.2013	23,70	92,98	12.3.2013	9,00	19,18
10.1.2013	31,54	75,67	13.3.2013	10,49	26,35
11.1.2013	17,19	93,20	14.3.2013	3,14	17,28
12.1.2013	21,81	24,65	15.3.2013	4,35	30,75
13.1.2013	42,24	40,21	16.3.2013	6,06	24,04
14.1.2013	34,88	25,07	17.3.2013	14,24	39,36
15.1.2013	33,00	25,57	18.3.2013	13,23	29,42
16.1.2013	16,02	47,58	19.3.2013	15,18	11,93
17.1.2013	33,14	41,64	20.3.2013	6,9	29,37
18.1.2013	10,96	23,21	21.3.2013	8,33	22,91
19.1.2013	28,92	33,05	22.3.2013	5,48	17,43
20.1.2013	33,90	42,45	23.3.2013	23,01	33,27
21.1.2013	28,67	32,53	24.3.2013	13,73	21,95
22.1.2013	11,52	23,30	25.3.2013	9,17	49,84
23.1.2013	26,67	42,81	26.3.2013	8,19	26,08
24.1.2013	18,42	41,01	27.3.2013	4,45	36,52
25.1.2013	13,48	43,99	28.3.2013	9,68	42,12
26.1.2013	16,16	76,27	29.3.2013	6,00	18,03
27.1.2013	45,12	797,29	30.3.2013	6,76	31,38
28.1.2013	34,16	525,09	31.3.2013	5,36	36,59
29.1.2013	21,88	90,19			
30.1.2013	27,58				
31.1.2013					



Мерна станица Јефимија, децембар 2012.

Према Уредби о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха, гранична вредност садржаја суспендованих честица у ваздуху, чији је пречник испод 10μm (ПМ10), је 50μg/m³. Толерантна вредност је 65mg/m³. **ГВ се не сме прекорачити више од 35 пута у току календарске године. Према мерењима у прва 3 месеца ове године, овај услов је већ прекорачен.**

Што се тиче сумпордиоксида, као ни целе 2012. године, ни на једној мерној станици, није дошло до прекорачења ни граничне, ни толерантне просечне дневне концентрације од 125μg/m³. Иста је ситуација и са азотовим оксидима

Подаци Агенције за животну средину које објављујемо су прелиминарни. Остали подаци су скинути са сајта Градског завода за јавно здравље. Што се тиче осталих полута- ната, који се мере на овим станицама, такође није дошло до прекорачења ГВИ.

Сва прекорачења током 4 предходна месеца (децембар 2012, јануар, фебруар и март 2013.) се односе на ПМ10 честице и она су у табелама уквирена



Мерна станица Центар, април 2013.

Еколози Техничке школе обележили Светски дан вода
Засавица, 22 март 2013.

