

D-249

UNIVERZITET U NOVOM SADU

PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET

Природно-математички факултет
Радна задатке за техничких послова

№ - 4 - 11 - 1986			
Ор. јед.	ор. ј.	ИДАНИ	ВЕРИФИКАТ
03	10/24		

Diplomski rad

KVANTITATIVNO ODREĐIVANJE OLOVA
U VAZDUHU. RADNE SREDINE
METODOM RENDGENSKE FLUORESCENTNE ANALIZE

Milorad Letić, doktor medicine

Novi Sad, novembar 1986.

Mentor

Prof.dr BELA RIBAR

S A D R Ź A J

TEORIJSKI PRISTUP	1
1. UZIMANJE UZORAKA	3
1.1. Tanki uzorci	3
1.2. Filteri	4
1.3. Aparati za uzimanje uzoraka	7
2. KALIBRACIJA APARATA	9
2.1. Standardi	9
2.2. Proces merenja	12
3. OBRADA REZULTATA	19
EKSPERIMENTALNI RAD	22
4. UZIMANJE UZORAKA	25
4.1. Filteri	25
4.2. Aparatura za uzimanje uzoraka	23
4.3. Uzorci	27
5. KALIBRACIJA APARATA	30
5.1. Standardi	30
5.2. Proces merenja	32
6. REZULTATI I OBRADA	35
7. ZAKLJUČAK	38
PRILOCI	39
Prilog I	40
Prilog II	55
Prilog III	56
Prilog IV	57
LITERATURA	60

TEORIJSKI PRISTUP

Problem zagađjenosti vazduha na radnom mestu štetnim materijama za čovekov organizam poznat je od početaka industrijalizacije i prvih profesionalnih trovanja. Međutim, tek s porastom zagađjenosti životne sredine do stepena koji ugrožava život na zemlji, naglo se počela razvijati svest o potrebi sprečavanja i kontrolisanja ovog zagađjenja. Za sistematsko sagledavanje i rešavanje zagađjenosti životne sredine naročito su značajni osnivanje Programa za zaštitu životne sredine UN (UNEP) 1972. godine i osnivanje Agencije za zaštitu životne sredine (EPA) u SAD 1970. godine. Dok su cilj i zadatak EPA da prvenstveno u SAD, zemlji velikih naučnih i ekonomskih potencijala, brine o usavršavanju starih metoda i iznalaženju novih, njihovoj evaluaciji i poredjenju u primeni, dotle UNEP ima za cilj da ujednači shvatanja o potrebi ispitivanja zagađjenosti i o potrebi zaštite životne sredine u svetu kao celini jer zagađjenost vazduha (i voda) je globalna pojava, kao i da omogući dostupnost informacija i pruži naučnu, stručnu i tehničku pomoć za očuvanje životne sredine u svim zemljama članicama UN.

Zagađjenost vazduha ispituje se na različite načine. Rendgenska fluorescentna analiza (RFA) je jedna od metoda koja se koristi za ocenjivanje i merenje zagađjenosti vazduha. Ona naročito dobija na značaju sa povećanjem obima i učestanosti



merenja.

Za materije koje svojim prisustvom u vazduhu mogu štetno da utiču na zdravlje, propisane su maksimalno dozvoljene koncentracije, i to posebno za radnu sredinu (prilog I) i posebno za komunalnu sredinu (prilog II).

RFA, kao metoda koja registruje elemente, može se direktno primeniti za odredjivanje koncentracije tridesetak elemenata koji spadaju u štetne materije, a uz obradu filtera pre propuštanja vazduha, i za neka jedinjenja.

Razlozi za primenu RFA su sledeći:

1. metoda poseduje dovoljnu osetljivost i uglavnom ravnomernu moć detekcije za sve elemente u periodnom sistemu, počevši od rednog broja 9(F) pa nadalje⁽¹⁾;
2. ne iziskuje obradu (uzoraka) filtera kroz koje se propušta vazduh ;
3. rezultate daje velikom brzinom;
4. dopušta ponavljanje analiza na istom uzorku;
5. cena analiza ja niska (10 c po elementu)⁽¹⁾.

S obzirom na to da na našem jeziku ne postoji literatura iz ove oblasti i da je u periodu od 1978. do 1986. u Chemical Abstracts-u obradjen samo jedan rad o ovoj problematici iz Jugoslavije, u ovom radu će celokupna oblast biti obradjena nešto detaljnije.

Pošto se sam proces dobijanja kvantitativnih vrednosti koncentracija pojedinih elemenata u vazduhu sastoji od: uzimanja uzoraka, (b) kalibracije aparata, (c) procesa merenja i (d) obrade podataka, to će se materija izložiti u okviru navedenih faza procesa.

1. UZIMANJE UZORAKA

Uzimanje uzoraka za analizu vazduha putem RFA ne razlikuje se principijelno od uzimanja uzoraka za analizu aerosola nekom drugom metodom, ali ima niz specifičnosti.

1.1. Tanki uzorci

Izraz za odnos intenziteta linije sekundarnog x-zračenja (I) i težinskog dela (C) u uzorku debljine d je

$$I = kC \left(\frac{1 - e^{-\mu \rho d}}{\mu} \right) \quad \mu = \mu_p \operatorname{cosec} \psi_1 + \mu_s \operatorname{cosec} \psi_2 \quad (1.1)$$

gde je k konstanta kalibracije, μ_p i μ_s su maseni koeficijenti apsorpcije uzorka za primarno i sekundarno zračenje, ψ_1 i ψ_2 su upadni i izlazni ugao i ρ je gustina uzorka. Za homogene tanke uzorke je proizvod $\mu \rho d$ mali tako da se razvijanjem u red $e^{-\mu \rho d} = 1 - \mu \rho d$ dobija

$$I = kC \rho d \quad (1.2)$$

Dobijeni izraz predstavlja linearnu relaciju između sekundarnog x-zračenja (I) i mase elementa po jedinici površine ($C \rho d$). Bitno je da se u ovom izrazu uoči da on ne zavisi od masenog apsorpcionog koeficijenta uzorka i, prema tome, matrični efekti ne dolaze do izražaja. Ograničavajući uslov za ovu aproksimaciju da ostane u granicama od 5% dat je izrazom $\mu \rho d \leq 0,1$ i ovo se naziva kriterijum za tanke uzorke⁽²⁾. Navedeni izraz se često piše i kao $m < \frac{0,1}{\bar{\mu}}$ gde je m površinska gustina u g/cm^2 ; a $\bar{\mu}$ srednji koeficijent apsorpcije u cm^2/g .⁽¹⁾

1.2. Filteri

Iz prethodno izloženog nužno sledi da idealni filteri za analizu putem RFA treba da imaju što niži proizvod $\mu\rho$ da bi linearnost odnosa C i I bila što bolje očuvana.

Najvažnije osobine filtera koji se koriste za filtriranje vazduha, bez obzira na to kojom metodom će biti analizirano ono što se na njima zadržalo, su:

- a) efikasnost kao funkcija čestica i protoka
- b) protok kao funkcija pada pritiska na filteru
- c) smanjivanje protoka za vreme uzimanja uzorka kao posledica nakupljanja prašine na filteru. Čvrstina, debljina, težina i higroskopnost su sekundarne. Većina filtera se može svrstati u dve grupe: vlaknasti - sastavljeni od celuloznih (Whatman 41) ili sintetskih organskih ili staklenih vlakana - i membranski, čija su glavna osobina pore određene veličine.

Podaci o efikasnosti, protoku i smanjivanju protoka dati su u tabeli 1.1 prema Dams-u, Rahn-u i Winchester-u⁽³⁾ za nekoliko vrsta membranskih filtera i za jedan tip filtera od celuloznih vlakana (Whatman 41). Ove vrste filtera se najčešće i koriste pri analiziranju sa RFA.

Membranski filteri se prave sa porama veličine 0,01 μm pa do 8 μm^* , debljine su reda veličine 100 μm , površinske gustine oko 5 mg/cm^2 , nisu higroskopni, sastav im čine ugljovodoni, efikasnost im zanemarljivo zavisi od brzine protoka vazduha i mogu da propuste oko 10 m^3/cm^2 vazduha pre nego što

* Odnosi se na filtere firme Sartorius.

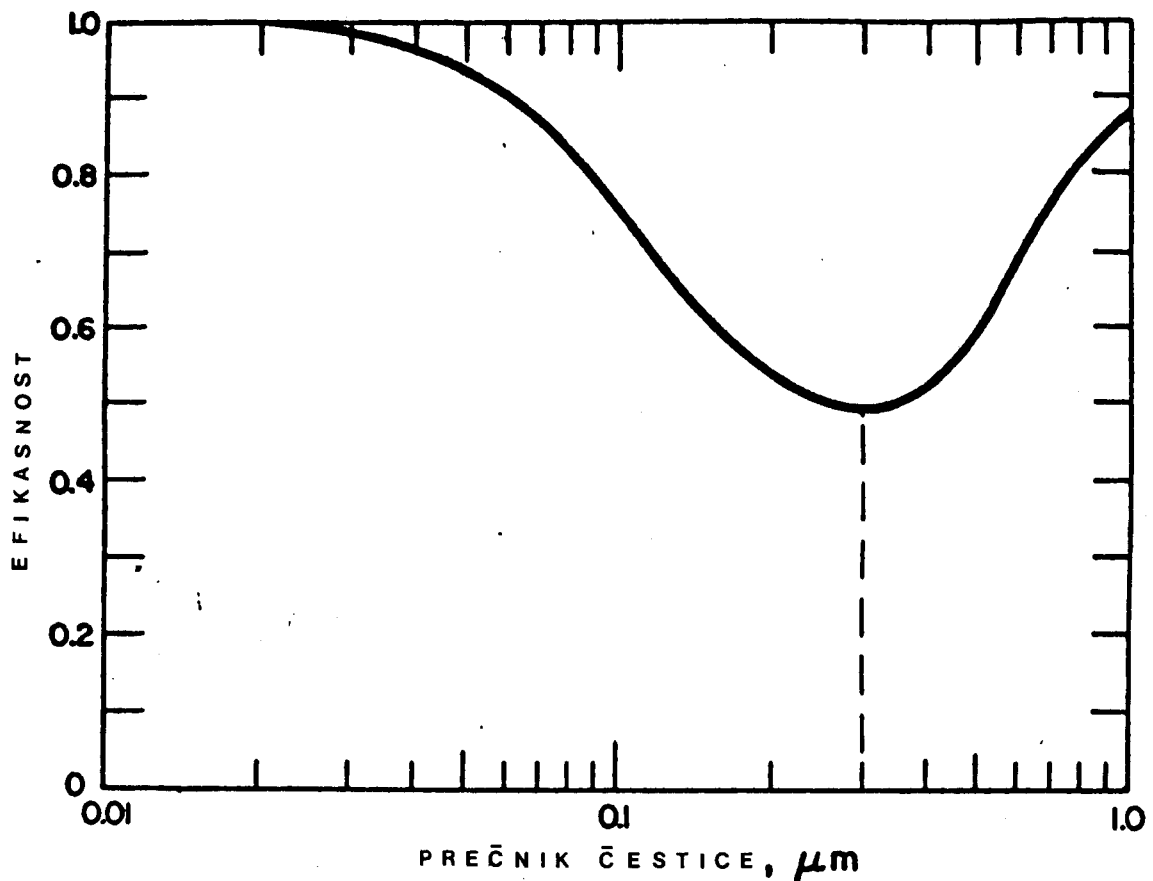
dodje do začepljenja. (4)

TABELA 1.1

Filteri	Whatman 41	M i l l i p o r e					Gelman
Veličina pora (μm})	....	0,45	0,45	0,3	0,3	0,5	0,45
Protok ($1 \text{ min}^{-1} \text{ cm}^{-2}$) 20x25 cm (efe- ktivna površi- na 400 cm^2)	4,5	....	....	....	....	....	....
Protok ($1 \text{ min}^{-1} \text{ cm}^{-2}$) 47 mm prečnik (efektivna po- vršina $9,62 \text{ cm}^2$)	6,5	....	2,6	....	4,8	2,6	2,6
Protok ($1 \text{ min}^{-1} \text{ cm}^{-2}$) 25 mm prečnik (efektivna površina $3,68 \text{ cm}^2$)	13	....	4,3	7,3	....	....	....
Efikasnost (%) za $0,3 \mu\text{m}$ DOP čestice (25 mm prečnik)	99,7	99,98	....	99,97	....	....	....
Efikasnost (%) za $0,3 \mu\text{m}$ DOP čestice (20x25 cm)	91	....	....	....	....	....	....
Zapremina filtriranog vazd. do 10% smanjenja pro- toka (m^3/cm^2)	2,0 2,8*	4,1*	4,1*	6,3	6,3	....	....

* Rezultati koje su dobili istra-
živači u Ann Arbor-u

Filteri od celuloznih vlakana se odlikuju velikom mehaničkom čvrstinom. Sastavljeni su uglavnom od ugljovodonika, ali pošto su deblji od membranskih, a površinska gustina im je oko 10 mg/cm^2 ⁽⁴⁾, zadovoljavaju kriterijum za tanke uzorke tek za elemente iznad rednog broja 16 (S) ⁽¹⁾, odnosno za elemente nižeg rednog broja potrebno je vršiti korekcije. Efikasnost ovih filtera, u zavisnosti od veličine čestica, prikazana je na slici 1.1.



Slika 1.1

Kao što se na slici vidi, minimum krive je za veličinu čestica oko $0,3 \mu\text{m}$. Stoga se $0,3 \mu\text{m}$ DOP* test smatra kao najstrožiji test za vlaknaste filtere, dok se za membranske, prema Liu i Kuhlmeij-u⁽¹⁾, koriste drugi testovi jer je minimum efikasnosti membranskih filtera za veličinu čestica ispod $0,1 \mu\text{m}$. Za filtere od celuloznih vlakana** $0,3 \mu\text{m}$ DOP testom je konstatovano rapidno smanjenje efikasnosti sa brzinom protoka, tako da ona za brzine od $7,5 \text{ cm/s}$ iznosi 61%, a za 10 cm/s iznosi 23%. Druga od ovih vrednosti je najniža registrovana efikasnost i objavljena je od strane Smith-a i Suprenant-a. Pri tipičnim brzinama protoka većim od 35 cm/s , a obično i većim od 70 cm/s , efikasnosti ovih filtera su veće od 90% i vremenom rastu usled začepjenja filtera prašinom.⁽⁵⁾

Filteri od staklenih vlakana u principu nisu odgovarajući za RFA jer sadrže nečistoće sastavljene od elemenata koji utiču na analizu⁽¹⁾ i smatraju se relativno pogodnim samo za analizu Pb, Br i u nekim slučajevima Fe.⁽⁵⁾ Međutim, kako su oni otporni na visoke temperature, što sa membranskim i celuloznim nije slučaj, koriste se i za analizu visokotemperaturnih gasova (izduvni gasovi iz automobila i sl.).⁽⁵⁾

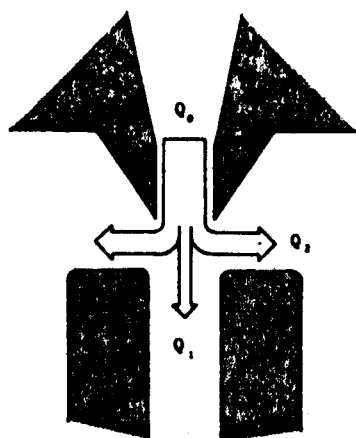
1.3. Aparati za uzimanje uzoraka

Dejstvo na čovekov organizam ispoljava samo respirabilna prašina u koju spadaju čestice manje od $5 \mu\text{m}$ ⁽⁶⁾, odnosno manje od $3,5 \mu\text{m}$.⁽⁷⁾ Pri uzimanju uzoraka čestice se mogu podeliti u različite frakcije prema veličini i odvojeno

* U DOP testu koristi se aerosol DOP-a (dioktil ftalata), netoksične uljaste supstance niskog pritiska pare. Aerosol se stvara isparavanjem i kondenzacijom.

** Svi podaci za filtere od celuloznih vlakana su za Whatman 41.

prikupljati na različite filtere. Način na koji se ovo radi detaljno su opisali Dzubay, Stevens i Peterson⁽¹⁾; Dzubay i Stevens.⁽⁷⁾ Šematski se metod virtuelne impakcije može predstaviti kao na slici 1.2. gde u toku Q_1 ostaju veće čestice pode-
ljene između Q_1 i Q_2 u proporciji sa relativnim protocima.⁽⁷⁾



Slika 1.2

Utvrđeno je da funkcija raspodele čestica prema prečniku ima minimum na vrednosti od oko $2 \mu\text{m}$. Čestice manje od $2 \mu\text{m}$ potiču uglavnom iz izvora gde se vrši sagorevanje, a one veće od $2 \mu\text{m}$ nastaju pretežno mehaničkim putem. Stoga je sakupljanje u dve frakcije pogodno i za istraživanje aerosola.

Ventilatori kojima se vazduh provlači kroz filter treba da imaju stalan protok vazduha. Ukoliko se radi o većim zapreminama vazduha (preko granice kada dolazi do izražaja za-
čepljenje filtera), ili ako se uzimaju posebno frakcije čestica različitih veličina, stalnost protoka se održava na jedan od

sledećih načina:

- a) anemometarskim senzorom i promenom snage motora ventilatora
- b) anemometarskim senzorom i promenom otvora između filtera i ventilatora
- c) senzorom razlike pritisaka i motorom pokretanim ventilom između filtera i ventilatora.

2. KALIBRACIJA APARATA

Za kvantitativno određivanje elemenata u vazduhu prave se standardi sa poznatim količinama elementa po jedinici površine, kojima se kalibriše aparat. Osim filtera koji služe kao podloga za standarde, a koriste se i za uzimanje uzoraka vazduha, kao podloga se koriste i Mylar folije.

2.1. Standardi

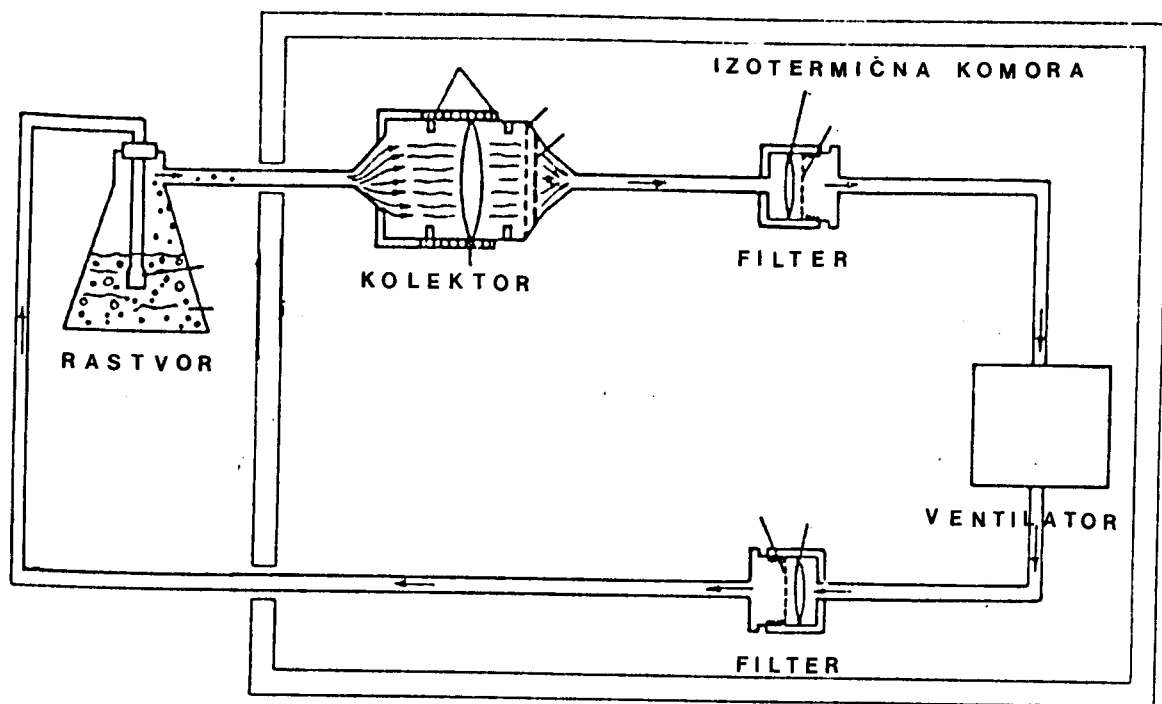
Postoji više tipova standarda koji se koriste za kalibraciju spektrometara. To su:

1. tanki filmovi koji se formiraju isparavanjem elemenata i jedinjenja u vakuumu
2. stvaranje aerosola i njihovo sakupljanje na membranskim filterima
3. nanošenje rastvora na filtere uz kasnije isparavanje rastvarača
4. nanošenje na filtere fino usitnjenih materija iz suspenzija.

Planki filmovi se pripremaju na Mylar folijama debljine $3,8 \mu\text{m}$ i sa koncentracijama od oko $50 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ sa procenjenom greškom od 5%. Ovakve standarde sa po jednim elementom proizvodi Micromatter Company iz Sietla SAD. (1)

Stvaranje aerosola se izvodi pravljenjem smeše elementa i neke supstance nižeg atomskog broja (grafit⁽⁸⁾) koja se zatim rasprskava na filter i potom učvršćuje lakom. Količina koja je nanosena određuje se gravimetrijski.

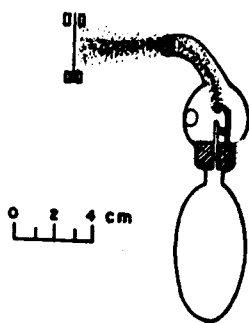
Drugi način stvaranja aerosola izložen je u radovima Chessin-a i saradnika. (9 i 10) Na slici 2.1 je data šema njihove aparature.



Slika 2.1

Na slici se vidi da se aerosol stvara propuštanjem vazduha

kroz rastvor i potom se propušta kroz kolektor u kome se nalazi filter. Filteri postavljeni ispred i iza ventilatora služe da uklone vlakna iz filtera kroz koji se propušta aerosol, da bi se sprečilo ^{od}zagadjenje ventilatora (pumpe). Cela aparatura, sem boce sa rastvorom, drži se na stalnoj temperaturi da bi se sprečilo kondenzovanje tečnosti u zoni niskog pritiska pre filtera. Određjivanje količine supstance na filteru pri ovakvom načinu stvaranja aerosola vrši se gravimetrijski posle sušenja filtera.⁽⁹⁾ Stvaranje aerosola i njihovo nanošenje na filtere može se izvoditi i De Vilbiss Rasprskivačem (slika 2.2).



Slika 2.2

Nanošenje rastvora na filtere najčešće se izvodi mikropipetom. Problem je što se rastvor ne nanosi odjednom, pa dolazi do neravnomernosti u raspodeli elementa po površini filtera.⁽⁸⁾ Prema Baum-u i saradnicima⁽¹⁾ ovo se može izbeći simultanim nanošenjem rastvora sa više kapilara određene zapremine koji su postavljeni kao na slici 2.3.

Utvrđjeno je da, ukoliko se na ovakav način natopljen

membranski filter suši na sobnoj temperaturi, dolazi do migracije jona ka spoljnoj ivici filtera. Stoga se pribegava sušenju filtera zamrzavanjem. Na ovaj način su dobijeni standardi koji odgovaraju gotovim standardima Micromatter Company. (1)



Slika 2.3

Nanošenje na filtere fino usitnjenih materija iz suspenzija realizuje se filtriranjem suspenzije kroz filter papir. Prethodno je potrebno napraviti suspenziju od čestica dovoljne veličine da ih papir zadrži.* Posle filtriranja i sušenja papira vrši se gravimetrijsko određivanje materije na filteru.

2.2. Proces merenja

Za merenje intenziteta fluorescentnog rendgenskog zračenja pri analizi vazduna koriste se obe grupe aparatura za RFA - talasno disperzione i energetske disperzione. I jedne

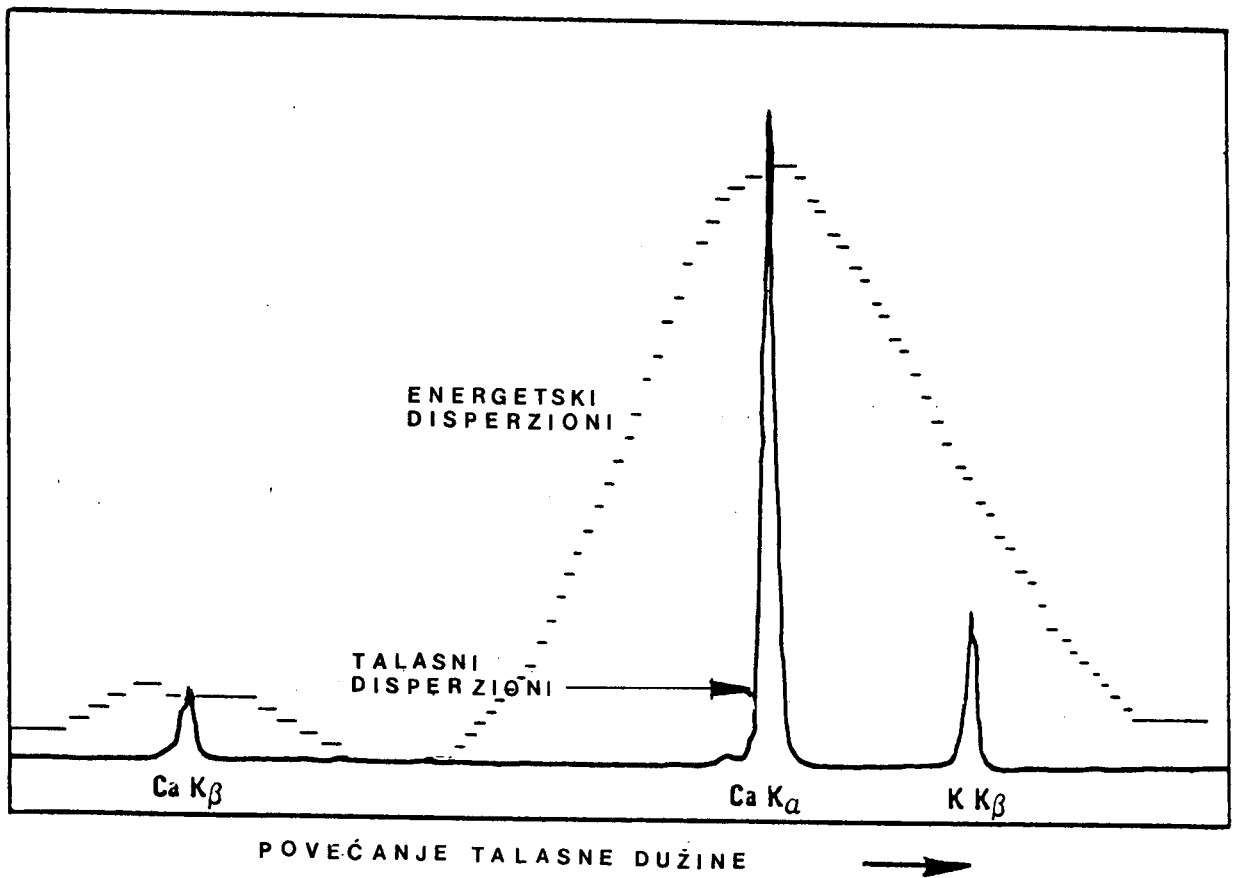
* Detaljnije u referenci I, str.181.

i druga vrsta aparatura ima svoje prednosti i nedostatke koji će u daljem tekstu biti izloženi.

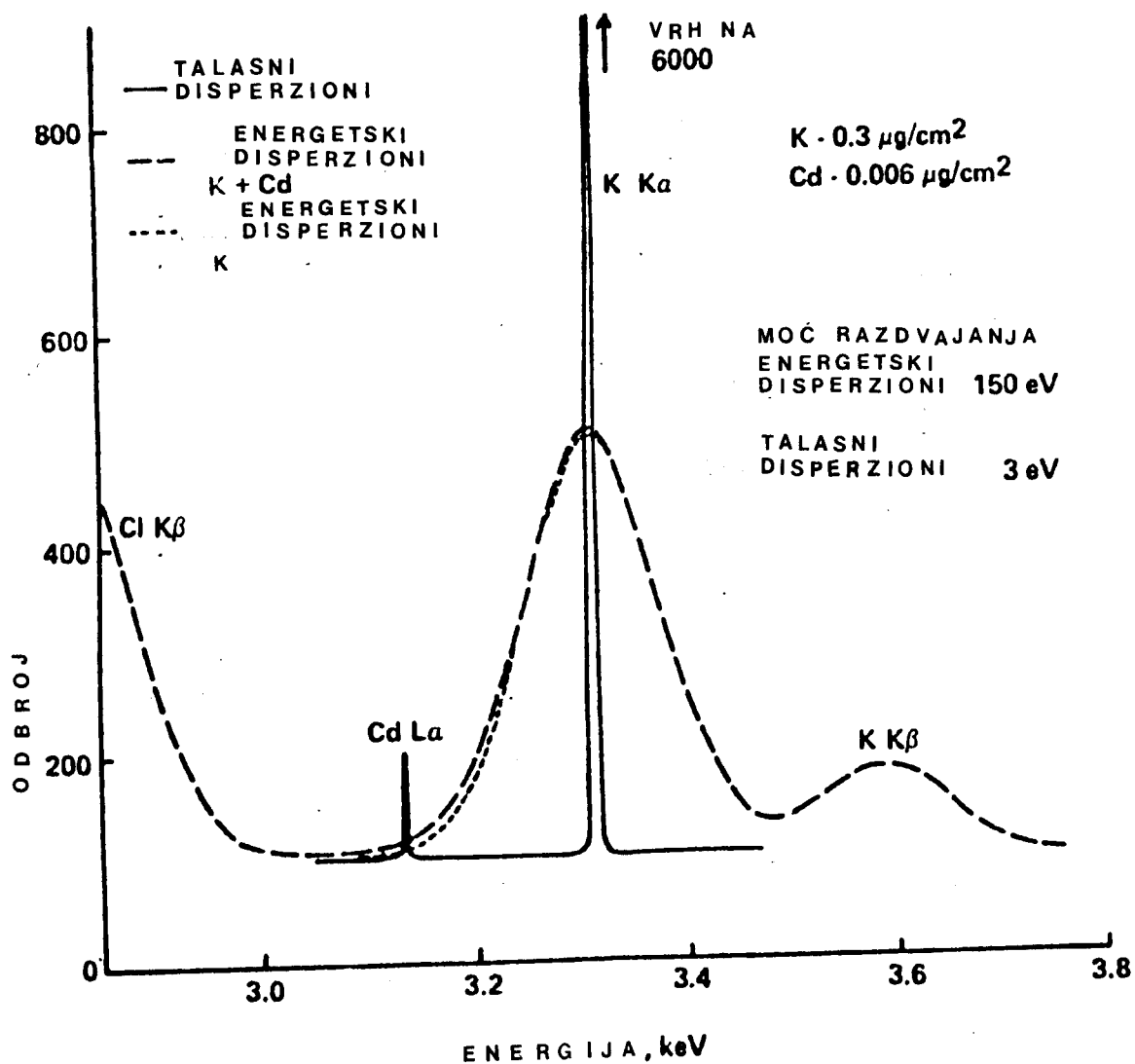
Kad ne postoje uticaji drugih elemenata, granica detekcije za pojedine elemente je za obe vrste aparatura približno ista (prilog III). Uzorci dobijeni propuštanjem vazduha u cilju određivanja koncentracije elemenata obično sadrže mnogo elemenata u vrlo različitim koncentracijama. Spektri ovakvih uzoraka registrovani energetskim disperzionim RFA aparaturama pokazuju značajne uticaje između susednih elemenata i potrebno je primeniti posebne metode matematičkog rešavanja da bi se odredili intenziteti x-zraka. Kod ovakvih uzoraka upotreba talasnih disperzionih spektrometara sa njihovom visokom moći razlaganja je značajna prednost, jer se izbegava veliki deo računskih operacija i na taj način u mnogim slučajevima i glavni izvor grešaka. Za rutinske analize velikog broja uzoraka, kad se unapred znaju elementi koji će se određivati, najpraktičnijim se smatraju višekanalni talasni disperzioni spektrometri jer su u njima spojene dve važne osobine: visoka moć razlaganja i simultano merenje velikog broja koncentracija pojedinih elemenata. (1)

Uzrok za ovakve razlike između energetskih disperzionih i talasnih disperzionih spektrometara leži u sledećem. Maksimalan broj impulsa koji može da detektuje Si(Li) detektor u energetskim disperzionim spektrometrima je $20\ 000\ s^{-1}$ i ovo se odnosi na čitav spektar x-zraka gde su uključeni svi elementi i rasejano zračenje izvora. Kod talasnih disperzionih spektrometara broj impulsa koji se mogu detektovati ide do $50\ 000\ s^{-1}$ i pri tom se ovaj broj odnosi na svaki element koji se ispituje.

Moć razlaganja energetskih disperzionih aparatura je oko 150 eV što znači da dolazi do preklapanja linija susednih elemenata (K_{β} linije elementa Z i K_{α} linije elementa $Z+1$, kao i sličnih preklapanja linija L serije). Ovakva preklapanja mogu se razrešiti matematičkim putem, ali to vodi velikoj nepouzdanosti u slučaju kad je linija koja nas interesuje malog intenziteta, a linija koja se s njom preklapa velikog. Moć razlaganja talasnih spektrometara je oko 3 eV.⁽¹⁾ Na slici 2.4 je prikazana rezolucija za Ca i K , a na slici 2.5 za Cd i K talasnim disperzionim i energetskim disperzionim spektrometrom.

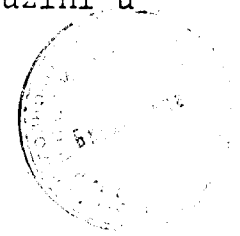


Slika 2.4

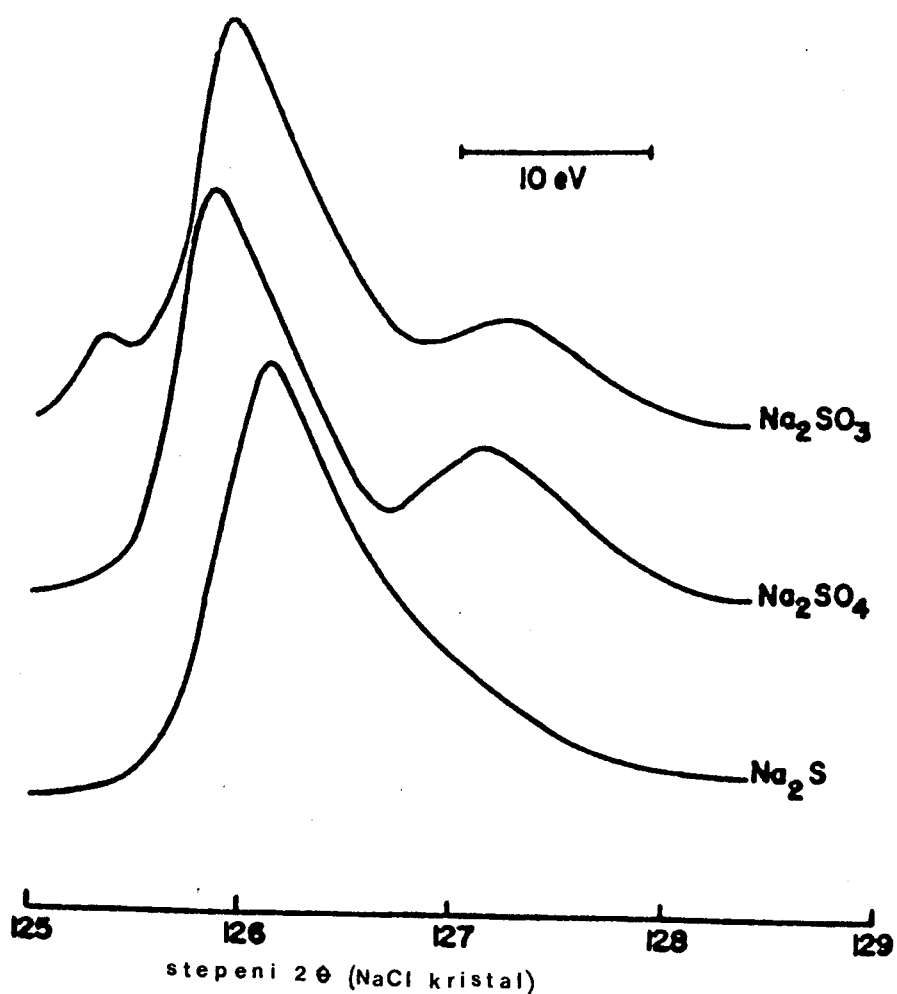


Slika 2.5

Generalno uzevši, hemijsko stanje nekog elementa ne utiče na rendgenske spektre. Međutim, kod elemenata rednog broja manjeg od 18 (argon) 3p orbitala je nepopunjena i elektronski prelaz koji daje K_{β} liniju potiče iz ove orbitale pa K_{β} linija elemenata između rednih brojeva 9 i 17 (fluor do hlora) može pokazivati malu promenu u talasnoj dužini u



zavisnosti od hemijskog stanja. Slična razmatranja važe i za elemente između rednog brojeva 21 i 23 (skandijum do nikla) s tim što je ovde u pitanju K_{β_2} linija i nepopunjena 3d orbitala, kao i za elemente 40 - 45 (cirkonijum do rodijuma), L_{β_2} liniju i nepopunjenu 4d orbitalu. (11)



Slika 2.6

Navedene osobine nekih linija rendgenskih spektara i moć rezolucije talasnih disperzionih spektrometara od 3 eV koriste se za istraživanje hemijske veze, a mogu se koristiti

i za ispitivanje elemenata značajnih za životnu sredinu i stepen njene zagađenosti kao što je sumpor⁽¹⁾, za koji je konstatovano da u formi sulfata predstavlja mnogo veću opasnost nego kao sulfid. Slično je i za hrom koji, kad je šestovalentan, predstavlja mnogo veći rizik za zdravlje nego u trovalentnom obliku.⁽²⁾ Na slici 2.6 su prikazane K_{β} linije sumpora u sulfatu, sulfitu i sulfidu.

Energetske disperzione aparature, čiji je razvoj tekao uporedo sa Si(Li) detektorima šezdesetih godina i čiji se broj u svetu, prema procenama iz 1975. godine, prema broju talasnih disperzionih odnosio kao 4:1, imaju kao verovatno najveću prednost mnogo nižu cenu. Energetske disperzione aparature su mnogo manje od talasnih disperzionih, a postoje i portabl uređjaji koji se mogu koristiti za ispitivanja na terenu.⁽¹²⁾ Važna osobina im je i simultanost merenja svih elemenata jer se na taj način troši manje vremena za snimanje.

Za pobudjivanje uzoraka u talasnim disperzionim spektrometrima koriste se rendgenske cevi, a kod energetskih disperzionih se upotrebljavaju radioaktivni izvori ili pobudjivanje karakterističnim rendgenskim zracima pogodno odabranih elemenata, odnosno metodom sekundarnog fluorescencija. koristi se i pobudjivanje x-zracima rendgen cevi malih snaga (nekoliko desetina vati).

Na kraju ovog poglavlja izlažemo prema Birks-u⁽¹⁾ zaključke u pogledu korištenja talasnih disperzionih i energetskih disperzionih spektrometara za analizu zagađenja životne sredine:

1. Energetski disperzioni spektrometri su najbolji

za orijentaciono određivanje glavnih sastojaka potpuno nepoznatih uzoraka.

2. Talasni disperzioni spektrometri su pogodniji za merenje niskih koncentracija elemenata u prisustvu visokih koncentracija drugih elemenata.

3. Kada su elementi koji će se ispitivati određeni, višekanalni talasni disperzioni spektrometar predstavlja najbrži i stoga i najekonomičniji metod za kvantitativnu analizu velikog broja uzoraka.

4. Samo talasni disperzioni spektrometri pružaju mogućnost merenja valentnosti i veza elemenata.

TABELA 2.1

element	osetljivost odbroj/100 sec $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	granica detekcije (100 sec, 3 σ), ng/cm^2	element	osetljivost odbroj/100 sec $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	granica detekcije (100 sec, 3 σ), ng/cm^2
F	220	149	Co	16540	3
Na	534	29	Ni	14504	10
Mg	10280	2	Cu	18880	43
Al	8074	3	Zn	21066	7
Si	11614	3	As	17125	10
P	13392	15	Se	22922	12
S	28013	9	Br	50340	28
Cl	25394	9	Cd	17303	2
K	121286	2	Sn	14800	2
Ca	87817	2	Sb	31100	4
Ti	85635	2	Ba	25000	7
V	18010	7	Pt	6812	20
Cr	7484	19	Au	8498	91
Mn	17522	14	Hg	5776	90
Fe	13300	18	Pb	16583	30

U tabeli 2.1 su date osetljivosti i granice detekcije za elemente određivane višekanalnim talasnim disperzionim spektrometrom Agencije za zaštitu životne sredine SAD (EPA) koji je namenjen isključivo za analizu uzoraka iz vazduha. Date vrednosti su za kalibracione standarde na Mylar folijama.

3. OBRADA REZULTATA

Rezultat merenja intenziteta x-zraka određene energije, odnosno talasne dužine, predstavljen je brojem impulsa u određenom vremenskom intervalu. Pošto su događaji vezani za emisiju, rasejanje i apsorpciju x-zraka slučajni, broj impulsa registrovanih detektorom podleže Poasonovoj raspodeli. Stoga je maksimalno moguća preciznost diktirana fluktuacijama u odbroju.

Standardna devijacija σ_N (standardna greška odbroja⁽¹¹⁾) za pojedinačno merenje je:

$$\sigma_N = \sqrt{N} \quad (3.1)$$

gde je N odbroj. Standardna greška odbroja za veći broj merenja n data je izrazom

$$\sigma_n = (1/\sqrt{n}) \sigma \quad (3.2)$$

gde je σ standardna devijacija izračunata iz n merenja. Kako krajnji rezultat predstavlja veličinu koja se dobija na osnovu odbroja, granice greške sa kojom se on daje i verovatnoća da je stvarna vrednost unutar tih granica, zavise u velikoj meri od toga šta će se tolerisati kao prihvatljiv rizik davanja pogrešnog rezultata. Zbog ovoga često je teško, a ponekad i nemoguće, upoređivati rezultate različitih istraživanja i

metoda merenja.

Granica detekcije predstavlja onu količinu elementa koja se može pouzdano (obično sa 1 greškom u 20 merenja) registrovati. Prema definiciji međunarodne Unije čiste i primenjene hemije (IUPAC), granica detekcije je signal iznad fona koji iznosi tri standardne devijacije fona u datoj jedinici vremena.⁽⁴⁾

Kako je za kvantitativnu analizu bitna i granica od koje se pouzdano može odrediti i količina ispitivanog elementa, u daljem tekstu ćemo slediti koncepte Currie-a^(1 i 13) koji granicu detaljno obrazlaže. Ova granica će u daljem tekstu biti označavana kao granica kvantitativnog određivanja. Prema Currie-u⁽¹⁾, granica detekcije C_D i granica kvantitativnog određivanja C_Q mogu se napisati na sledeći način:

$$C_D = 5,29 \sigma_0 = 5,29 \sqrt{\eta N_b} / (St) \quad (3.3)$$

$$C_Q = 10r \sigma_0 = 10r \sqrt{\eta N_b} / (St) \quad (3.4)$$

gde je $\sigma_0 = \sigma_b \eta$, σ_b je standardna devijacija fona, faktor $\eta = 1$ u slučaju kad je fon dobro definisan (kada je izvršeno mnogo merenja na istim čistim filterima i fon je dobro poznat) i $\eta = 2$ kada se vrše paralelna merenja uzorka i fona za jednaka vremena. N_b je odbroj za fon, t je vreme brojanja u sekundama i S je osetljivost izražena kao odbroj/s po $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Faktor r vrši korekciju efekata malog N_b i može se izračunati iz sledećeg izraza

$$r = \sqrt{1 + 25 / (\eta N_b)} + \sqrt{25 / (\eta N_b)} \quad (3.5)$$

i $r \approx 1$ za $N_b \approx 2500$.

U navedenim izrazima C_D je određeno tako da verovatnoća detektovanja elementa u uzorku, kada se on u njemu nalazi

u količini C_D , bude 95%. Pri određivanju izraza za C_D uzeta je ona vrednost za koju je standardna devijacija neto odbroja 10%.

Pri stvarnim merenjima javljaju se greške koje nisu Poasonovog tipa. Utvrđeno je da je reproducibilnost fona vrlo retko bolja od 2% relativne standardne devijacije⁽¹⁾, pa ako se efekat ove dodatne varijabilnosti želi uključiti u izračunavanje, dobija se sledeći izraz:

$$C'_D = (3,29\sqrt{n}/St) (N_b + (\varepsilon N_b)^2)^{1/2} = C_D (1 + \varepsilon^2 N_b)^{1/2} \quad (3.6)$$

u kojem je ε relativna standardna devijacija fona.

Granica detekcije i granica kvantitativnog određivanja, kao i statički intervali pouzdanosti, beznačajni su ukoliko se javljaju velike sistematske greške. Ove greške mogu biti posledica načina uzimanja uzoraka i pripreme uzoraka, mogu poticati od slepih proba (blankova), različitih zaprljanosti, neodgovarajuće kalibracije ili standarda, matričnih efekata kao posledica veličine čestica i njihovog sastava, pojačanja, apsorpcije i rasejanja kao i pogrešne primene modela i korekcijskih formula. U ovoj oblasti kao najefikasnije sredstvo za poboljšavanje tačnosti i uklanjanje sistematskih grešaka smatraju se upoređivanja između različitih standarda, između rezultata različitih laboratorija i različitih metoda. Za upoređivanje sa drugim metodama uglavnom se koriste rezultati atomske apsorpcione spektrometrije koja je usvojena kao referentna.

Uticaj veličine čestica, njihovog oblika i sastava detaljno je izložio Criss.⁽¹⁴⁾ Na osnovu kompjuterom simuliranih merenja došao je do jednostavne formule kojom mogu da se opišu glavni efekti i ona ima sledeći oblik:

$$S_i = S_{oi} / (1 + b_i a_i) \quad (5.7)$$

gde je S_{oi} osetljivost za čestice zanemarljive veličine, a_i predstavlja prečnik čestica u μm i b_i je koeficijent koji zavisi od upadnog spektra x-zraka i sastava čestica. Vrednosti za koeficijent b_i , koje je objavio Criss za veliki broj elemenata i jedinjenja, date su u prilogu IV na kraju ovog rada.

EKSPERIMENTALNI RAD

Od svih elemenata koji se mogu određivati metodom RFA i čije prisustvo u vazduhu predstavlja opasnost za zdravlje, odabrano je olovo.

Olovo se veoma mnogo koristi u industriji, a preko izduvnih gasova motornih vozila dospeva u velikim količinama i u komunalnu sredinu. Ono uglavnom prodire u organizam inhalacijom i ingestijom s tim, što je respiratorni put važniji. U radnoj sredini ono se može javiti u raznim jedinjenjima različitog stepena toksičnosti, pa se stoga u spisku maksimalno dozvoljenih koncentracija aerosola javlja na više mesta, što je prikazano na sledećoj tabeli.

1. Olovo (dim i prašina)	0,15 mg/m ³
2. Olovo arsenat	0,15 mg/m ³
3. Tetraetil - olovo	0,005 mg/m ³
4. Tetrametil - olovo (TMO), kao Pb	0,005 mg/m ³

Za komunalnu sredinu propisane su maksimalno dozvoljene

koncentracije za olovo $0,0007 \text{ mg/m}^3$ i olovosulfid $0,0017 \text{ mg/m}^3$.

U trinaest profesionalnih bolesti nastalih dejstvom nekog elementa i njegovih jedinjenja i smeša nalazi se i trovanje olovom.

4. UZIMANJE UZORAKA

4.1. Filteri

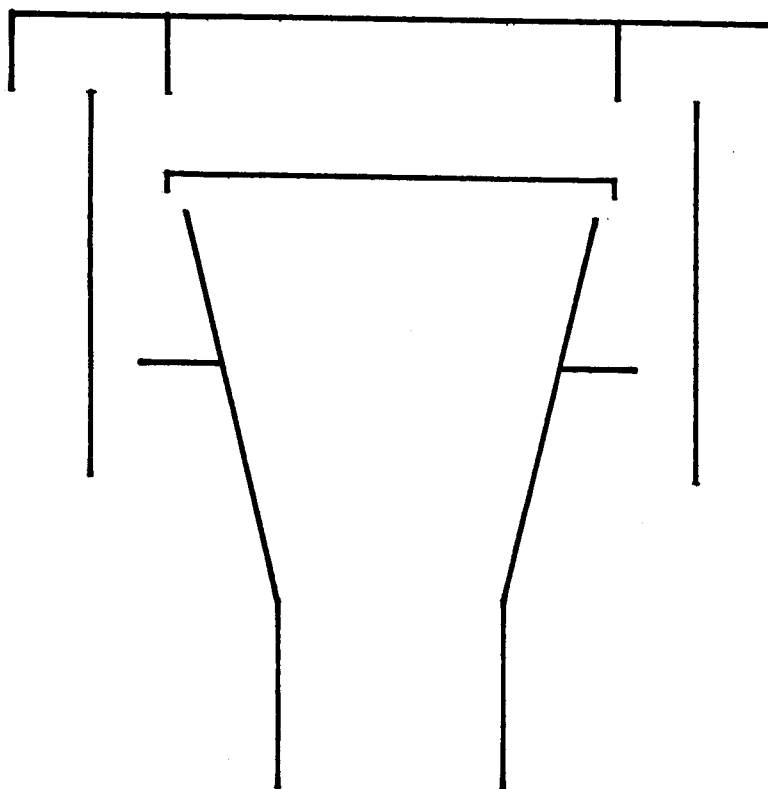
Za uzimanje uzoraka korišten je filter papir Filtrak 388 koji, prema opisu proizvođača, odgovara filter papiru Whatman 41. Budući da uz papir nisu dobijeni nikakvi podaci o njegovim osobinama, izvršeno je merenje papira. Iz osam merenja dobijena je srednja vrednost površinske gustine papira od $8,67 \text{ mg/cm}^2$ sa standardnom greškom od $0,14 \text{ mg/cm}^2$. Ova vrednost odstupa za 2% od vrednosti od $8,5 \text{ mg/cm}^2$ koju je dobio Adams⁽¹⁵⁾ za whatman 41 filter. Ova sličnost papira je bitna jer su neke osobine Whatman 41 filter papira, važne za uzimanje uzoraka vazduha, dobro proučene. Pošto su potvrđene sličnosti filter papira Filtrak 388 sa whatman 41, ove poznate osobine whatman 41 mogle su biti korištene.

4.2. Aparatura za uzimanje uzoraka

Aparatura za uzimanje uzoraka sastojala se od ulaznog dela, dela u kojem se nalazio filter papir, merača protoka i usisivača.

Ulazni deo predstavlja modifikaciju ulaznog dela virtuelnog impaktora razvijenog od strane Dzubay-a i saradnika.⁽¹⁾ Funkcija mu je da sprečava da do filtera dolaze čestice krupni-

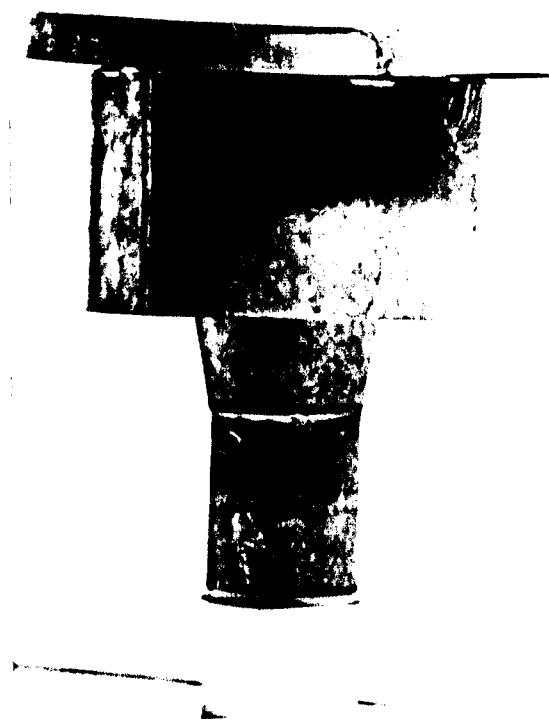
je od 20 μm , jer se one podižu sa tla dejstvom vetra, zatim da sprečava uvlačenje insekata na filter kao i da pruži zaštitu filteru od kiše i snega. Presek ulaznog dela je prikazan na slici 4.1, a spoljni izgled se vidi na slici 4.2.



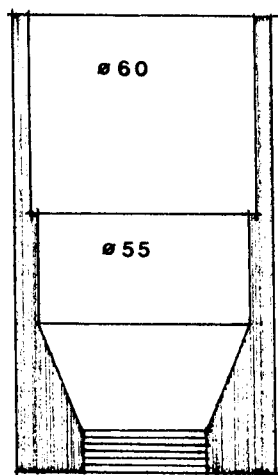
Slika 4.1

Presek dela u kojem se nalazi filter papir prikazan je na slici 4.3. Napravljen je tako da eksponirana površina filter papira ima prečnik od 55 mm, što je za 15 mm veće od uzorka potrebnog za analizu. Ovo je učinjeno zato što prema Dams-u i saradnicima⁽³⁾ neeksponirana površina filtera za Gelmanove držače iznosi 45% za filtere prečnika 47 mm, a u našem slučaju nije se moglo unapred znati kolika će stvarno

biti eksponirana površina i da li će ona biti homogena, pa je ostavljena mogućnost da se od onog što je eksponirano iseče deo



Slika 4.2



r 1:2

Slika 4.3

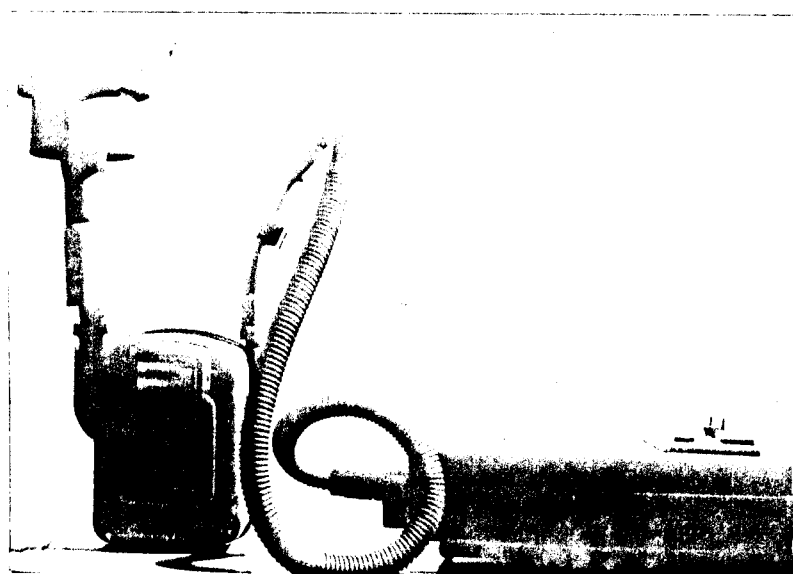
koji najviše odgovara. Drugi važan razlog za ovalni prečnik filtera je što je za provlačenje vazduha korišten usisivač koji pravi mali potpritisak i koristi propuštenu vazduh za hlađenje⁽³⁾, pa povećanje površine kroz koju se filtrira vazduh smanjuje otpor i povećava količinu vazduha za hlađenje.

Držać filter papira sastoji se od dva plastična prstena koji ulaze jedan u drugi, a kada se između njih stavi filter papir, postiže se čvrsto naleganje koje obezbeđuje da papir bude dobro zategnut i fiksiran.

Korišteni merač protoka vazduha je proizvod firme Rombach.

Za provlačenje vazduha kroz filter korišten je usisivač Iskra 4004 elektronik snage 1000 W i sa mogućnošću regulacije količine vazduha koja se kroz njega propušta, a da prethodno nije prošla kroz filter i merač protoka. Ovo je bitno za hlađenje motora usisivača i regulaciju količine vazduha koja prolazi kroz filter.

Fotografija aparature je prikazana na slici 4.4.



Slika 4.4

4.3. Uzorci

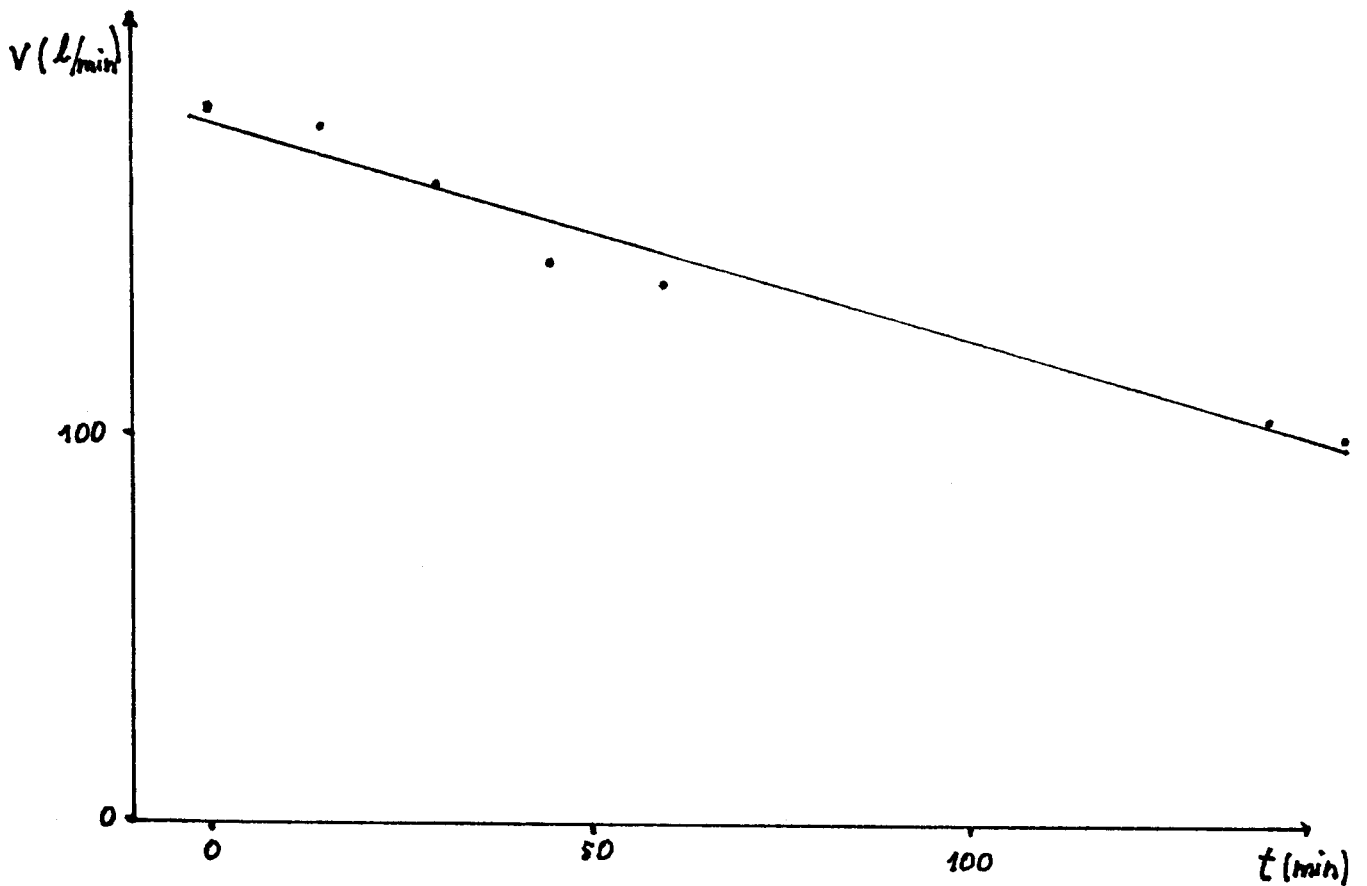
TABELA 4.1

NIRO	Radna prosto- rija	Red. br.	Datum	Smena	Količina propuštenog vazduha (m ³)	Količina propuštenog vazduha (m ³ /cm ² filt.)
	L	I	2.10.	I	5	0,210
	L	II	2.10.	I	10	0,421
F	L	III	2.10.	II	18	0,758
U	RS	I	7.10.	I	24	1,010
K	RS	II	7.10.	II	30	1,263
U	RS	III	9.10.	II	24,256	1,021
M	MS	I	8.10.	I	26,060	1,097
	MS	II	8.10.	II	25,275	1,064
	MS	III	9.10.	I	26,744	1,126
	L	I	16.10.	I	20,243	0,852
D	L	II	16.10.	I	10,002	0,421
N	L	III	16.10.	I	9,801	0,415
E	RS	I	11.10.	II	20,258	0,853
V	RS	II	15.10.	I	21,262	0,895
N	RS	III	15.10.	II	14,088	0,593
I	MS	I	10.10.	II	29,053	1,101
K	MS	II	10.10.	III	24,479	1,050
	MS	III	16.10.	II	19,758	0,851

L= livnica
 RS= ručna slovoslagačnica
 MS= mašinska slovoslagačnica

Uzorci su uzimani u NIRO Dnevnik i NIRO Forum u periodu od 2. do 16. oktobra 1986. godine i to u radnim prostorijama u kojima se očekuje prisustvo olova u vazduhu. U svakoj radnoj organizaciji je uzeto po devet uzoraka - po tri u livnici, mašinskoj slovoslagačnici i ručnoj slovoslagačnici. U tabeli 4.1 su predstavljeni podaci o svakom uzorku.

Uzorci u mašinskim i ručnim slovoslagačnicama su uzimani po 3 časa, a uzorci u livnicama kraće zbog organizacije rada u njima. Početni protoci su se kretali u granicama od 6,1 l/cm²min do 9,26 l/cm²min, a brzine protoka od 101 cm/s do 154 cm/s. Navedene vrednosti brzine protoka obezbeđuju prema Lockhart-u i Paterson-u i prema Lindeken-u i saradnicima efikasnost filtera veću od 90%.⁽⁵⁾ Prema tabeli 1.1 početna efikasnost naših filtera može se proceniti na interval od 95% do 98%. Efikasnost filtera posle izvesnog vremena je veća. Prema Lindeken-u i saradnicima⁽⁵⁾ efikasnost filtera vrlo brzo raste sa vremenom. Tako početna efikasnost od 75% već posle tridesetak minuta uzimanja uzorka raste na preko 95%. Prilikom uzimanja prvog uzorka u ručnoj slovoslagačnici u Forumu izvršeno je više merenja protoka i dobijeni podaci su predstavljeni na slici 4.5. Računanjem zapremine vazduha koja treba da protекne do potpunog začepljenja filtera dobijena je vrednost od oko 30 m³ propuštenog vazduha, što se ne slaže sa onim što je prilikom uzimanja uzoraka opservirano, a verovatni razlog je što protok nije linearna funkcija vremena. Smanjenje protoka od 10% je nastalo kada je propuštena zapremina vazduha bila desetak puta manja od one koja je data za Whatman 41 u tabeli 1.1.



Slika 4.5

Posle propuštanja vazduna kroz filtere izvršeno je merenje prečnika eksponirane površine i konstatovano da ona iznosi 55 mm, kao što je i predviđeno. Filteri su bili homogeno zacrnjeni tako da nije postojala potreba za daljom obradom. Izuzetak su predstavljala tri filtera iz ručne slovoslagalice u „pnevniku“ na čijim površinama se nalazio sloj prašine pa je ova fiksirana lakom za koji je prethodno putem RFA utvrđeno da ne sadrži olovo niti da menja intenzitet raseljanog zračenja sa filtera.

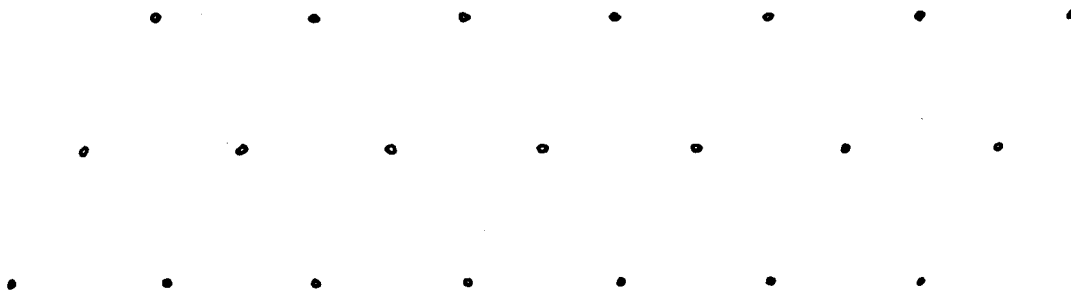
Uzorci su pregledani i pod mikroskopom sa okularnom skalom i povećanjem 100. Nisu uočene razlike između uzoraka u pogledu broja krupnijih čestica (5-15 μm), a čestice veće od dvadesetak mikrometara nisu ni primećene.

5. KALIBRACIJA APARATA

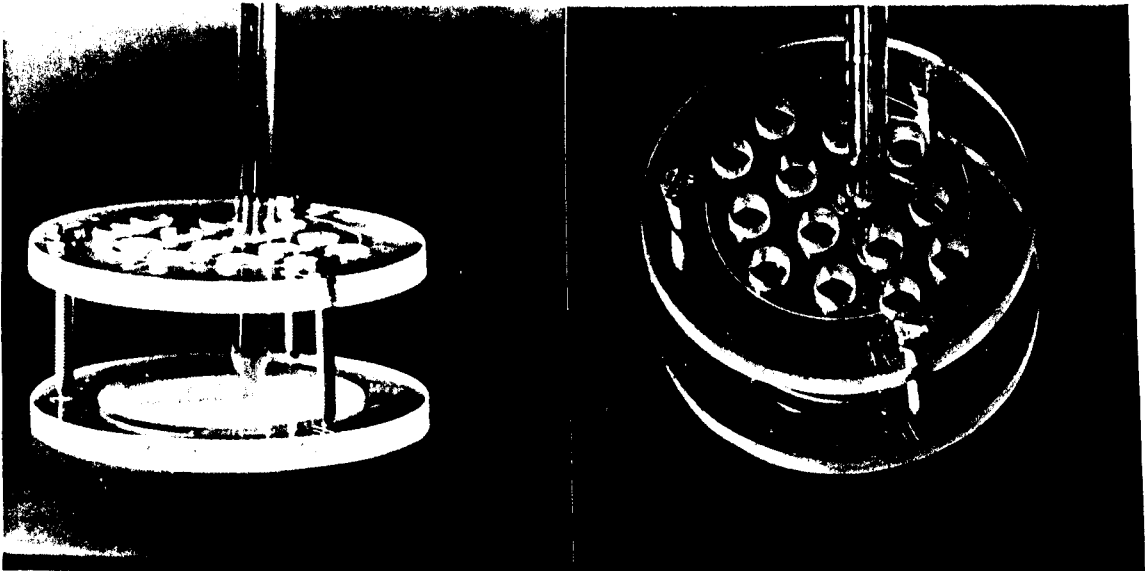
5.1. Standardi

Standardi su pravljani nešto modifikovanom metodom opisanom od strane Baum-a i saradnika.⁽¹⁾ Korišten je filter papir Filtrak 333 koji je sečen tako da mu prečnik bude 40 mm.

Pošto se metoda pravljenja standarda bazira na nanošenju rastvora i zatim isparavanju vode, bitno je da se rastvor nanese ravnomerno na površinu papira. Da bi se ova ravnomernost osigurala prilikom nakapljavanja rastvora raspored po kome se nakapljava mora odgovarati heksagonalnoj Bravais-ovoj rešetki u dve dimenzije⁽¹⁶⁾ (slika 5.1) jer se na taj način obezbedjuje najravnomernije prekrivanje površine.



Slika 5.1



Slika 5.2

Napravljen je držač papira i matrica sa 14 otvora za nanošenje rastvora (slika 5.2).

Nanošenje rastvora je vršeno kapilarnom cevi prečnika 0,4 mm (slika 5.2) koja se zahvaljujući kapilarnosti sama napuni do približno istog nivoa. Izvršeno je merenje zapremine dela kapilarne cevi, koji je služio za nanošenje rastvora. Iz petnaest merenja dobijena je srednja vrednost težine destilovane vode od 5,85 mg sa standardnom greškom od 0,22 mg, odnosno relativnom standardnom greškom od 3,78%. Budući da je merena destilovana voda, ova vrednost predstavlja zapreminu dela kapilarne cevi u μl . Ukupna zapremina nanosena na jedan filter papir bila je 31,9 μl sa standardnom greškom od 0,82 μl ,

odnosno relativnom standardnom greškom od 1%. Konstatovano je da je dovoljna za natapanje papira prečnika 40 mm i približno odgovara vrednosti zapremine tečnosti koju drugi koriste i koja iznosi oko 100 μ l. (1 i 3)

Rastvor sa sadržajem olova pravljen je od $Pb(NO_3)_2$, relativne molekulske mase 331,21 (relativna atomska masa olova je 207,19). Proizvodjač hemikalije je MERCK (Darmstadt), a garantovani sadržaj $Pb(NO_3)_2$ je minimum 99,5%. Napravljena su dva osnovna rastvora, prvi sa 3,9859 g na 50 ml rastvora i drugi sa 0,5 g na 25 ml rastvora. Metodom dvostrukog razblaženja od prvog rastvora su napravljena još dva, a od drugog četiri. Sa svakim rastvorom su ranije navedenom metodom napravljena po tri standarda, a od jednog (0,5 g $Pb(NO_3)_2$ na 25 ml) pet da bi se mogla pouzdanije proceniti reproduktivnost metode. Na tabeli 5.1 su predstavljeni standardi od najveće koncentracije ka najmanjoj i preračunata vrednost mase olova po cm^2 .

TABELA 5.1

Broj standarda	1	2	3	4	5	6	7	8
Površinska gustina Pb (μ g/ cm^2)	325	162,5	81,3	81,5	40,8	20,4	10,2	5,1

5.2. Proces merenja

Merenja su vršena na jednokanalnoj talasno disperzionalnoj aparaturi sa ravnim kristalom VRA - 20 proizvođača VED

Carl Zeiss Jena. Korišten je difrakcioni kristal LiF 200, kolimator sa divergencijom od $0,15^\circ$, protočni proporcionalni detektor (Ar/CH₄) i rendgenska cev sa volframovom antikatođom. Filter papiri prečnika 40 mm su stavljani u Al držač za čvrste uzorke. Snimanja su vršena u vazdušnom režimu rada. Intenzitet fluorescentnog x-zračenja olova meren je na uglu 2θ od $28,19^\circ$ što odgovara L_β liniji olova. Napon praga jednokanalnog analizatora je bio 4,5 V, a širina kanala 1 V. Vreme snimanja je iznosilo 100 s, napon cevi 50 kV i struja 15 mA.

Da bi se izvršila procena replikativnosti metode pravljenja standarda izvršeno je merenje intenziteta L_β linije olova na pet standarda sa koncentracijom olova od $81,54 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ i dobijena je relativna standardna devijacija od 1,73%. Na tabeli 5.2 su prikazani podaci dobijeni merenjem intenziteta L_β linije olova za sve standarde. Brojevi impulsa za 100 s predstavljaju srednje vrednosti dobijene iz tri merenja. Za ron je merenjem na 2θ od $28,19^\circ$ iz deset merenja dobijena srednja vrednost od 4638 impulsa za 100 sekundi sa standardnom devijacijom od 95 impulsa i relativnom standardnom devijacijom 2,05% što se slaže sa tvrdnjom Currie-a⁽¹⁾ da je relativna standardna devijacija fona retko kad niža od 2%. Stoga je za računanje granice detekcije (C_D) i granice kvantitativnog određivanja (C_Q) korištena jednačina 3.6 koja uračunava i dodatnu varijabilnost odbroja.

Izračunate vrednosti su:

$$C_D = 0,603 \mu\text{g}/\text{cm}^2$$
$$\text{ i } C_Q = 1,834 \mu\text{g}/\text{cm}^2$$

TABELA 5.2

Broj stan- darda	Fovr. gusti- na Pb ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	Broj impulsa za 100 s	Srednji broj imp. za 5 sta- ndarda	SD (imp./100 s)	RSD (%)
1/I		187894			
1/II	325	193117	194869	6529	3,4
1/III		203596			
2/I		103120			
2/II	162,5	100643	99780	3139	3,2
2/III		95577			
3/I		54191			
3/II	81,3	52777	53052	840	1,6
3/III		52138			
4/I		56510			
4/II	81,5	56857	56619	169	0,3
4/III		56489			
5/I		28505			
5/II	40,8	30499	30221	1303	4,3
5/III		31659			
6/I		16896			
6/II	20,4	17368	17321	330	1,9
6/III		17700			
7/I		11461			
7/II	10,2	11237	11332	94	0,8
7/III		11299			
8/I		8088			
8/II		8352	8217	108	1,3
8/III		8212			

gde je za vrednost uzeto $\eta=1$, a za f isto $f=1$ dok je osetljivost S izračunata na osnovu standarda sa površinskom gustinom olova od $81,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ i iznosi $6,31 \text{ cm}^2/\mu\text{gs}$.

Granica detekcije računata kao 3 σ fona i bez uračunavanja dodatne varijabilnosti odbroja iznosi $0,351 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ što je uporedivo sa granicama detekcije od $0,260 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ i $1 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ za Rh i Cr cev snage 900 W koje daju Gilfrich i saradnici⁽⁴⁾ (prilog III), a veća je oko tri puta od granice detekcije ($0,030 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) višekanalnog talasno disperzionog spektrometra Agencije za zaštitu životne sredine (EPA) SAD⁽¹⁾ (pri ovom upoređivanju izvršena je ekstrapolacija našeg rezultata na snagu od 2600 W s kojom radi cev spektrometra EPA).

Na osnovu srednjih vrednosti broja impulsa za tri standarda sa istom količinom olova izračunata je regresija intenziteta fluorescentnog zračenja u odnosu na masu olova po cm^2 metodom najmanjih kvadrata i dobijena je linearna zavisnost oblika:

$$I=6092+581,89C$$

gde je I bruto odbroj na $2\theta=28,19^\circ$ i C koncentracija olova u $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Koeficijent korelacije je 0,9998. Bizjak i saradnici⁽⁸⁾ su za svoje standarde za olovo dobijene nakapljavanjem mikropipetom dobili vrednost koeficijenta korelacije 0,981.

6. REZULTATI I OBRADA

Uzorci prikupljeni u „Forumu“ i „Dnevniku“ su snimani pod uslovima navedenim u odeljku 5.2. S obzirom da su brojevi impulsa za pojedine uzorke bili blizu granice detekcije, a ni za jedan nisu prelazili dobijene za standard broj 5, za računa-

nje količine olova koristili smo pravu dobijenu upotrebom podataka za pet standarda sa najmanjom količinom ~~Pb~~ od standarda br. 4 do br. 8). Ovo je učinjeno zato što ovako dobijena prava bolje aproksimira vrednosti koncentracija od prvobitno dobijene. Regresija intenziteta fluorescentnog zračenja u odnosu na masu olova po cm^2 dobijena metodom najmanjih kvadrata je prava oblika:

$$I=4258+651,45C$$

gde je I bruto odbroj na $2\theta=28,19^\circ$ i C količina olova u $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Koeficijent korelacije je 0,9999. Na tabeli 6.1 su prikazane vrednosti bruto odbroja za L_{β} liniju olova za svaki uzorak, površinska gustina olova i količina olova po m^3 vazduha.

Iz tabele 6.1 se vidi da količina olova ni za jedan uzorak ne premašuje maksimalnu dozvoljenu koncentraciju od $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i da samo za jedan dostiže približno polovinu te vrednosti. Može se videti da dobijene vrednosti koncentracija u NIRO Forum variraju u dosta velikim rasponima za različite uzorke iz istih radnih prostorija. Objašnjenje ovoga najverovatnije leži u činjenici da su prostorije u „forumu“ relativno malih kubatura i da se ventilacija obezbeđuje uglavnom prirodnim putem (otvaranjem prozora) što doprinosi nestabilnosti mikroklimе prostorija, a time verovatno i ovolikim razlikama u koncentraciji olova.

Da bi se interpretirali podaci za uzorke iz NIRO Dnevnik, potrebno je opisati način ventilacije i izgled prostorija. Livnica je veličine veće sobe sa vrlo dobrom odvodnom ventilacijom (snažni ventilatori). Mašinska slovoslagačnica je prostorija velike kubature (visina oko 10 m) sa prirodnom venti-

lacijom.

TABELA 6.1

NIRO	Radna prostorija	red. br.	broj impulsa za 100 s	Površinska gustina Pb ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	koncentracija Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
		I	4706	Nije detektovano Pb	
	LIVNICA	II	8086	5,88	15,97
F		III	6079	2,80	3,69
C	RUČNA	I	11312	10,83	10,72
R	SLOVOSLA-	II	3324	6,24	4,94
U	GAČNICA	III	9995	8,81	8,63
M	MAŠINSKA	I	8255	6,14	5,60
	SLOVOSLA-	II	6079	2,80	2,63
	GAČNICA	III	20380	24,75	21,98
		I	7386	4,80	5,64
D	LIVNICA	II	5378	Detektovano Pb konc. $< C_Q$	
N		III	5615	2,08	5,02
E	RUČNA	I	21723	26,81	31,43
V	SLOVOSLA-	II	30647	40,51	45,26
N	GAČNICA	III	32171	42,85	72,26
I	MAŠINSKA	I	8644	6,73	5,70
L	SLOVOSLA-	II	7168	4,47	4,34
	GAČNICA	III	7337	4,73	5,69

Ručna slovoslagačnica je prostorija bez ikakve ventilacije mnogo manje visine nego mašinska slovoslagačnica. Odvodna ventilacija u livnici i velika kubatura u mašinskoj slovoslagačnici su najverovatniji faktori koji obezbeđuju stabilnost mikroklima u ovim prostorijama, pa zbog toga i vrednosti koncentracija olova malo odstupaju za različite uzorke iz iste pros-

torije. Odstupanja izmedju uzoraka iz ručne slovoslagračnice se mogu objasniti činjenicom da prašina nije bila čvrsto vezana za filter papir, pa je prilikom manipulacije verovatno dolazilo do gubitaka. Prva dva uzorka su uzimana na istom mestu u prostoriji, a treći je uzet na drugom mestu, pa bi i ovo moglo biti uzrok razlika.

7. ZAKLJUČAK

Dobijeni rezultati su pokazali da su u radu opisane metode pravljenja standarda, uzimanja uzoraka i uslovi snimanja pogodni za određivanje koncentracije olova u vazduhu radne sredine. Za određivanje koncentracije olova u vazduhu okoline bilo bi potrebno obezbediti da kroz filter prodje oko $10 \text{ m}^3/\text{cm}^2$ vazduha, a za to bi najverovatnije bila potrebna vakuum pumpa jer ona stvara veći vakuum nego ventilator usisivača kod koga zbog manjeg potpritiska ranije dolazi do začepjenja filtera.

Što se tiče drugih elemenata, aparaturom opisanom u radu neosporno bi se mogli uzimati uzorci i određivati koncentracije Mg, Al, Si, S, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, As, Se, Cd, Sn, Sb, Ba i verovatno još nekih elemenata u radnoj sredini. Ovo bi bilo moguće stoga što je granica detekcije za navedene elemente, prema podacima za spektrometar EPA-e, od 2 do petnaest puta niža nego za olovo, a maksimalno dozvoljene koncentracije su u najvećem broju slučajeva više nego za olovo (vidi prilog-I).

P R I L O Z I

MAKSIMALNO DOPUŠTENE KONCENTRACIJE ŠKODLJIVIH GASOVA, PARA
I AEROSOLA U ATMOSFERI RADNIH PROSTORIJA I RADILIŠTA (JUS. Z.B0.001
OBJAVLJEN U »SL. LISTU SFRJ« broj 35/1971)

Red. broj	NAZIV SUPSTANCIJE	Vrednost MDK u		
		mg/m ³	ppm	
1	2	3	4	
1.	Acetaldehid (etanal)	360	200	
2.	Acetil-hlorid	3,3	1	
3.	Acetilen-tetrabromid (tetrabrometan) sinonim 541	14	1	
4.	Acetofenon (metilfenilketon)	100	20	
5.	Aceton (2-propanon, dimetilketon)	800	336	
6.	Acetonicianhidrin	1	—	
7.	Acetonilaceton (2, 5-diketoheksan)	350	78	
8.	Acetonitril (metil-cijanid)	70	40	
9.	Akrolein (propenal; alilaldehid)	0,25	0,1	
10.	Akrilamid	K*	0,3	—
11.	Akronitril (vinil-cijanid)	K*	45	20
12.	Aldrin (HHDN)	K*	0,25	—
13.	Alifatični ugljovodonici (alkalni; alifatični kar- bonhidridi) — vajšpirit, ligroin (smeša zasiće- nih ugljovodonika tačke ključanja od 120 do 200°C) kao i 79 i 368		300	—
14.	Alil-alkohol (kao i 18)	K*	5	2
15.	Alil-glicidiletar (AGE)	*	45	10
16.	Alihlorid		3	1
17.	Alil-propil-disulfid		12	2
Alkoholi:				
18.	— alil-alkohol (kao i 14)	K*	5	2
19.	— izoamil-alkohol		100	27
20.	— izobutil-alkohol, sinonim 93		200	66
21.	— butil-alkohol, sinonim 92	**	200	66
22.	— decil-alkohol — prim. (primarni)		200	—
23.	— diacetonil-alkohol		240	50
24.	— etil-alkohol (etanol), sinonim 209		1 900	1 000
25.	— heksil-alkohol — prim.		100	—
26.	— heptil-alkohol — prim.		100	—

1	2	3	4
27.	— metil-alkohol (mentol), sinonim 378	50	40
28.	— metil-anil-alkohol (metilpentanol; metil-izo-butil-karbinol)	100	—
29.	— alilkrotonil-alkohol	0,5	—
30.	— nonil-alkohol — prim.	200	—
31.	— oktafluor-amil-alkohol	20	—
32.	— oktil-alkohol — prim.	100	—
33.	— propargil-alkohol	1	—
34.	— izopropil-alkohol (izopropanol; dimetilkarbinol) sinonim 493	** 200	—
35.	— tetra-fluor-propil-alkohol	20	—
36.	Alodan (5,6-bis-(hlormeti) — heksahlorciklohepten)	0,5	—
37.	Amilacetat, sinonim 247	100	20
38.	Animazin	K 0,3	—
39.	Amini — alifatični, viši (C ₁₅ do C ₁₉)	1	—
40.	Aminoenantenska kiselina (7-aminoheptanska kiselina)	8	—
41.	Aminoanzol (anizidin), sinonim 54	0,5	—
42.	Amino-2,4-dihlorfenoksi-sirćetna kiselina	1	—
43.	Aminoetanol (aminoetil-alkohol; kolamin) sinonim 210	6	3
44.	5-amino-8-hidroksi-3,7 dibrom-1,4 naftohinonimin	1	—
45.	Aminopiridin	2	—
46.	Aminijum-sulfamat (»amat«), sinonim 523	15	—
47.	Amonijak	• 35	50
48.	Anhidrid arsenove (arsenske kiseline)	0,5	—
49.	Anhidrid borne kiseline, sinonim 85	15	—
50.	Anhidrid buterne kiseline (anhidrid butanske kiseline; anhidrid maslačne kiseline)	10	1,5
51.	Anhidrid ftalne kiseline, sinonim 285	12	—
52.	Anhidrid sirćetne kiseline	20	5
53.	Anilin (aminobenzen)	K 5	0,25
54.	Anizidin o, p-izomeri (metoksianilin; aminoanzol), sinonim 41	K 0,5	—
55.	Antimon	0,5	—
56.	Antimon (V), oksidi i sulfidi — prašina	2	—
57.	Antimon (III), oksidi i sulfidi — prašina	1	—
58.	Antimon-vodonik (antimon-hidrid), (kao Sn) ¹	0,5	—
59.	Antrahinon u vidu prašine	5	—
60.	ANTU (alfa-naftiliourea)	0,3	—
61.	Arsenik (kao As ₂ O ₃) ¹	0,5	—
62.	Arsenova kiselina (arsenatna (V) kiselina)	0,3	—
63.	Arsen-vodonik (arsen-hidrid), (kao As ₂ O ₃)	0,2	0,05
64.	Azinfosmetil (metil-O, O-dimetil-S-4-oksol, 1,2,3-benzotriazin-3-metil-fosfor-ditionat; gution), sinonim 290	K 4	—
65.	Azotna kiselina (nitrarna-kiselina)	25	10
66.	Azot-dioksid (nitrogen-dioksid)	** 9	5
67.	Azot-monoksid (nitrogen-monoksid)	30	25

1	2	3	4
68.	Azot-trifluorid (nitrogen (III)-fluorid; FN ₃)	29	10
69.	Bakar — dim	0,1	—
70.	Bakar — prašina	*	1
71.	Bakar(II)-silikat	4	—
72.	Bakar-trihlorfenol	0,1	—
73.	Barijum (rastvorljiva jedinjenja)	0,5	—
74.	Benzen (benzol)	K*	50
75.	Benzidin	K***	—
76.	Benzil-acetat (fenil-metil-acetat), sinonim 249	94	15,3
77.	Benzil-hlorid (alfa-hlortoluol)	5	1
78.	Benzin, laki, tačke ključanja od 40—120°C	500	—
79.	Benzin za lakove (vajtšpirit, tačka ključanja od 120 do 200°C), kao i 13 i 368	300	—
80.	Benzohinon (hinon), sinonim 312	0,4	0,1
81.	Benzoil-peroksid	5	—
82.	Benzotrihlorid (fenil-hloroform)	1	—
83.	Berilijum	**	0,001
84.	Bishlor-metil-naftalin	0,5	—
85.	Bor-oksid (bortrioksid, anhidrid borne kiseline), sinonim 49	15	—
86.	Bor-trifluorid (bor-fluorid)	*	3
87.	Brom	0,7	0,1
88.	Bormoform (tribrommetan)	K	5
89.	Brom-vodonik (hidrogen-bromid)	7	2,1
90.	1,3-butadien (viniletan, viniletan, divinil)	500	227
91.	Butanon (metil-etil-keton), sinonim 395	200	70
92.	Butanol (butil-alkohol), sinonim 21	200	66
93.	Butanol (izo) sinonim 20	200	66
94.	Butanol, terciarni (2-metil-2-propanol; trimetil-karbinol)	200	66
95.	n-butil-acetat, sinonim 248	200	42
96.	Butilamin	K*	15
97.	Butil — »Cellosolv« (etanol-2-butoksi; etilen glikolmonobutil-etar, sinonim 231)	240	50
98.	i-butilen (2-metil-propen)	100	—
99.	Butil-akrilat, sinonim 240	10	0,2
100.	Butil-glicidil-etar (BGE)	270	50
101.	Butil-glikol (etilen-glikolmonobutil-etar)	120	—
102.	Butil-hromat, (kao CrO ₃)	K*	0,1
103.	Butil-merkaptan	1,7	0,5
104.	Butil-metakrilat, sinonim 243	10	0,17
105.	n-butiltoluen	60	10
106.	3-butil-tritiofosfat (butifos)	K	0,2
107.	1,4-butindiol (pare, aerosoli i kondenzat)	1	—
108.	Cijanbenzil (benzil-cijanid)	0,3	—
109.	Cijan-hlorid (hlorcijan)	1	0,39
110.	Cijanidi (kao CN)	K	5
111.	Cijanvodonik (hidrogen-cijanid)	*	0,3
112.	»Cellosolv« (etoksietanol; etilen-glikolmonoetil-etar) sinonimi 212 i 232	K	540
			100

1	2	3	4
113.	»Cellosolv« acetat (etoksietil-acetat; etil-glikol-acetat), sinonimi 213 i 233	K 120	25
114.	Cink-oksidi	* 5	—
115.	Cirkonijum — jedinjenja (kao Zr)	5	—
116.	»Crag« (natrijum 2-(2,4-dihlorfenoksi)-etanol-hidrogen-sulfat)	15	—
117.	Cikloheksan (heksahidrogenbenzen; heksametilen)	1 050	300
118.	Cikloheksanol (heksahidrogenfenol)	200	50
119.	Cikloheksanon (ketoteksametilen)	200	50
120.	Ciklohekseni	1 015	300
121.	Cikloheksanon-2-eksim (kaprolaktam)	200	50
122.	Cikloheksilamin (heksahidroanilin; aminocikloheksan)	20	—
123.	Cikloheksilamin-hromat	K 2	—
124.	Cikloheksilamin-karbonat	200	—
125.	Ciklopentadien	200	75
126.	Ciklopentadien-trikarbonilmangan	0,1	—
127.	DDT (dihlordifeniltrihloretan)	K 0,1	—
128.	DDVP (dimetil-dihlorvinil-fosfat)	K 0,1	—
129.	2, 4-D (2,4-dihlorfenoksi-sirćetna kiselina)	10	—
130.	Dekaboran (B ₁₀ H ₁₄)	K 0,3	0,05
131.	Dekalin (dekahidronaftalen; dekahidronaftalin)	100	17
132.	Demeton (smeša-O-, O-dietileti-O-tioetilfosfortionat I+O, O-dietil-S-etil-tioetil-fosfortionat II, 2:1; »sistoks R«), sinonim 518	K 0,1	—
133.	Diacetonil-alkohol (diaceton; 4 hidroksi-4-metil-pentanon-2)	240	50
134.	Diazometan (azimetilen)	0,4	0,2
135.	Diboran (bor-etan; B ₂ H ₆)	0,1	0,1
136.	1,2-dibrometan (etilen-dibromid)	K* 190	25
137.	Dibutil-fosfat	5	1
138.	Dibutil-fatalat	5	—
139.	Dicikloheksil-amin	150	19
140.	Dieldrin (1,2,3,4,10,10-heksahlor-6,7-epoksi-1,4,4a,5,6,7,8,8a-oktahidro-1,4,5,8-dimetanonaftalin; HEOD)	K 0,25	—
141.	Dietil-amin	75	25
142.	Dietilaminoetanol (N-detil-aminoetanol)	K 50	10
143.	Dietil-aminoetil-merkaptan	K 1	—
144.	Dietil-etar (etil-etar; etar), sinonim 220	300	75
145.	Dietil-karbonat	980	—
146.	Difenil	** 1	0,2
147.	Difenil-metandizocijanat (MDI), sinonim 418	0,2	0,02
148.	Difenil-propan	5	—
149.	Difluordibrom-metan	860	100
150.	Diglicidil-etar	2,8	0,5
151.	3,4-dihlor-anilin	K 0,5	—
152.	o-dihlor-benzen	* 150	25
153.	p-dihlor-benzen	450	75
154.	Dihlor-difluor-metan (»freon 12«), sinonim 268	4 950	1 000
155.	1,3-dihlor-5,5-dimetil-hidantoin (dihlor-hidrin)	0,02	—

1	2	3	4
156.	1,1-dihlor-etan, sinonim 229	50	12,5
157.	1,2-dihlor-etan	50	12,5
158.	1,2-dihlor-etilen (1,2-dihlor-eten)	50	12,5
159.	1,2-dihloretil-etar	K*	15
160.	Dihlor-fenitrihlorsilan	1	—
161.	Dihlor-metan (metilen-hlorid), sinonim 419	500	144
162.	Dihlor-metil-oksiciklobutan	0,5	—
163.	Dihlor-monofluor-metan (»freon 21«)	4 200	1 000
164.	2,3-dihlor-1,4-naftohinon	—	—
165.	1,1-dihlor-nitro-etan	*	10
166.	1,2-dihlor-propan (propilen-dihlorid)	350	75
167.	Dihlor-tetrafluor-etan (»freon 114«)	4 950	564
168.	p-Dihidroksi-benzen (hidrohinon), sinonim 311	2	—
169.	Diizobutilen	4 600	—
170.	Diizobutil-keton (2,6-dimetil-4-heptanon), sinonim 182	290	50
171.	Diizopropil-amin	K	5
172.	Dimetoksi-metan (metilal), sinonimi 185 i 385	3 100	1 000
173.	Dimetil-acetamid	K	10
174.	Dimetil-amin	1	0,5
175.	Dimetilaminobenzen; (dimetil-amilin; ksilidin), sinonim 366	3	0,6
176.	N,N-dimetil-anilin	K	0,05
177.	Dimetil-benzen (ksilen), sinonim 365	0,25	—
178.	Dimetil-benzil-amin	50	12
179.	Dimetil-dibrom-2-dihloretilfosfat (»dibrom«)	5	—
180.	Dimetil-dioksan	3	—
181.	Dimetil-formamid	10	—
182.	Dimetil-heptanon (diizobutiketon), sinonim 170	K	3,3
183.	1,1-dimetil-hidrazin	290	50
184.	Dimetilnitrozoamin	K	0,5
185.	Dimetil-oksimetan (formal; metilal; metilendi-metil-etar), sinonim 172 i 385	***	—
186.	Dimetil-falat	3 100	1 000
187.	Dimetil-sulfat	**	—
188.	Dimetil-tereftalat	K	1
189.	Dinil (25% difenila i 75% difenil-oksida)	0,1	—
190.	Dinitril adipinske kiseline	10	—
191.	Dinitro-benzen	20	—
192.	o-dinitro-krezol	K*	—
193.	Dinitro-fluorbutil-fenol	K	—
194.	Dinitro-2-izopropil-fenol (4,6)	0,05	—
195.	Dinitro-fenol	0,05	—
196.	Dinitro-danbenzen (dinitro-tiocijan-benzen)	0,05	—
197.	Dinitrotoluen	2	—
198.	Dioksan (dietil-endioksid)	K**	—
199.	Dipropilen-glikol-metil-etar	K	100
200.	Diptal (diizopropil-trihloraliltiokarbamat)	K	100
201.	Dioktilfalat, sekundarni (dietil-heksilfalat)	600	—
		1	—
		5	—

1	2	3	4
202.	Endrin	0,1	—
203.	Ekstralin	K 20	—
204.	Epihlorhidrin (hlor-propilen-oksidi)	K 18	5
205.	EPN (O-etil-O-p-nitrofenil-benzotriofosfonat)	K 0,5	—
206.	1,2-epoksiopropan (propilen-oksidi)	240	100
207.	2,3-epoksi-1-propanol (glicidol), sinonim 288	150	50
208.	Etantiol (etil-merkaptan), sinonim 223	1,25	0,5
209.	Etanol, sinonim 24	1 900	1 000
210.	Etanolamin (monoetanolamin; kolamin; 2-amino-etanol), sinonim 43	6	3
211.	Etar-sulfonat (p-hlorfenil-p-hlorbenzosulfonat, para i aerosoli)	2	—
212.	Etoksi-etanol (etilen-glikolmono-etil-etar), sinonim 112, 232 i 289	K 540	100
213.	Etoksietil-acetat (»Cellosolv« acetat), sinonim 113 i 233	120	25
214.	Etil-acetat (etil-estar sircetne kiseline), sinonim 250	200	29
215.	Etil-acetoacetat	K 270	61
216.	Etil-akrilat, sinonim 241	100	25
217.	Etilamin (aminoetan)	18	10
218.	Eti-benzen (feniletan)	435	100
219.	Etil-bromid (brom-etan)	890	200
220.	Etil-etar (dietil-etar; etar), sinonim 144	300	75
221.	Etil-formijat, sinonim 245	300	100
222.	Etil-hlorid	260	100
223.	Etil-merkaptan (etantiol; etil-sulfhidrat), sinonim 208	* 1,25	0,5
224.	Etil-merkuri-hlorid, sinonim 375	0,005	—
225.	Etil-merkuri-fosfat	0,005	—
226.	Etil-silikat	85	10
227.	Etil-toluen	50	—
228.	Etil-endiamin (1,2-diaminoetan)	2	0,7
229.	1,1-etilendihlorid (didhloretran), sinonim 156	50	12,5
230.	Etilen-glikol-dinitrat	K —	0,02
231.	Etilen-glikol-monobutil-etar (butil-»Cellosolv«), sinonim 97	240	50
232.	Etilen-glikol-monoetil-etar (»Cellosolv«), sinonimi 112 i 212	540	100
233.	Etilen-glikolmonoetil-etar-acetat (»Cellosolv« acetat), sinonimi 113 i 213	120	25
234.	Etilen-glikolmonometil-etar (metil »Cellosolv«) sinonim 389	80	25
235.	Etilen-glikolmonometil-etar-acetat (metil-»Cellosolv« acetat), sinonim 390	120	25
236.	Etilen-hlorhidrin (2-hloretilalkohol, glikolhlorhidrin)	K 16	5
237.	Etilenimin (aziridin)	K 0,1	0,05
238.	Etilen-oksidi	18	10
239.	Etilen-sulfid	K 0,1	—

1	2	3	4
Estri:			
240.	— butil-estar akrilne kiseline, sinonim 99	10	0,2
241.	— etil-estar akrilne kiseline, sinonim 216	100	25
242.	— metil-estar akrilne kiseline, sinonim 383	20	6
243.	— butil-estar metakrilne kiseline, sinonim 104	10	0,17
244.	— metil-estar metakrilne kiseline, sinonim 411	50	12
245.	— etil-estar mravlje kiseline, sinonim 221	300	100
246.	— metil-estar mravlje kiseline, sinonim 398	250	100
247.	— amil-estar sirćetne kiseline, sinonim 37	100	20
248.	— butil-estar sirćetne kiseline, sinonim 95	200	42
249.	— benzil-estar sirćetne kiseline, sinonim 76	94	15,3
250.	— etil-estar sirćetne kiseline, sinonim 214	200	29
251.	— heksil-estar sirćetne kiseline (sek.) sinonim 304	295	50
252.	— metil-estar sirćetne kiseline, sinonim 381	300	100
253.	— propil-estar sirćetne kiseline, sinonim 494	200	95
254.	— vinil-estar sirćetne kiseline, sinonim 595	10	—
255.	— propil-estar propijonske kiseline, sinonim 502	70	15
256.	— fenilglicidil-etar (FGE)	60	10
257.	Fenilhidrazin (hidrazobenzen)	K 22	5
258.	Fenil-metil-dihlorsilan	1	—
259.	p-fenilendiamin (p-diaminobenzen)	K 0,1	—
260.	Fenil-etilen (feniletan; stiren), sinonim 520	* 420	100
261.	Fenol (karbolna kiselina; hidroksibenzen)	K 5	1,2
262.	Ferbam (feridimetril-ditiokarbamat)	15	—
263.	Ferovanadijum (prašina)	1	—
264.	Fluor	0,2	0,1
265.	Fluorcirkonat	1	—
266.	Fluoridi (kao F)	**	—
267.	Fluor-vodonik (hidrogen-fluorid)	1,7	2,5
268.	Freon 12 (difluordihlometan »F-12«) sinonim 154	4 950	1 000
269.	Freon 11 (trihlormonofluormetan »F-11«)	5 600	1 000
270.	»Fiberglas« — staklena vuna sa fenolformaldehidnim smolama	5	—
271.	Formaldehid (formalin, formol)	1	0,8
272.	Fosdrin (2-karbometoksi-metil-vinil-dimetilfosfat, mevinfos)	K 0,1	—
273.	Fosfamid (O, O-dimetil-S-metil-karbamidmetilti-fosfat)	0,5	—
274.	Fosfor — beli, žuti	0,1	—
275.	Fosforna kiselina (fosfatna kiselina)	1	—
276.	Fosforna kiselina, anhidrid (fosforpentoksid)	1	—
277.	Fosforoksihlorid	1	0,17
278.	Fosforpentahlorid	1	—
279.	Fosforpentasulfid	3	0,5
280.	Fosfor-vodonik (hidrogen-fosfid; fosfin)	0,1	0,065
281.	Fosgen (karbonil-hlorid)	0,4	0,1
282.	Furan (furfuran; tetrol)	0,15	—
283.	Furfuril-alkohol (furilkarbinol)	200,0	50,0
284.	Furfurol (furfural; furfuraldehid; furol)	K 20	5

1	2	3	4
285.	Ftalni anhidrid, (anhidrid ftalne kiseline) sinonim 51	12	—
286.	Germanijum i oksidi	2	—
287.	Germanijum-tetrahlorid	1	—
288.	Glicidol (2,3-epoksi-1-propanol), sinonim 207	150	50
289.	Glikolmonoetil-etar (etoksietanol), sinonimi 112, 212 i 232	240	100
290.	Gution (azinfosmetil), sinonim 64	4,0	—
291.	Gvožđe(III)-oksid, dim	10	—
292.	Hafnijum	0,5	—
293.	n-heksan	1 800	500
294.	Heksaetil-etrafosfat (HEPT)	0,5	—
295.	Heksahloran (heksahlorcikloheksan; HCH)	0,5	—
296.	Heksafluorid sumpora, sinonim 527	6 000	1 000
297.	Heksahlorbenzen	0,9	—
298.	1,2,3,4,5,6-heksahlorcikloheksan, gama-izomer (»Lindan«), sinonim 369	K 0,5	—
299.	Heksahlorciklopentadien	K 0,1	—
300.	Heksahlor-etan (perhloretan)	K 10	1
301.	Heksahlor-naftalin	K** 0,2	—
302.	Heksametilendiamin (1,6-diaminoheksan)	1	0,2
303.	Heksametilendiamindiizocijanat	0,05	—
304.	Heksilacetat — sekundarni, sinonim 251	295	50
305.	Heksogen (ciklo-trimetilentrinitroamin)	1	—
306.	Heksanon, sinonim 388	410	100
307.	Heptahlor (1,4,5,6,7,8,8-heptahlor-3a,4,7,7a-tetrahidro-4,7-metanoinden)	K 0,5	—
308.	n-heptan	2 000	500
309.	Hidrazin (diamin)	K 1,3	1
310.	Hidrozoična kiselina	1,8	1
311.	Hidrohionon (p-dihidroksibenzen), sinonim 168	2	—
312.	Hinon (benzohinon), sinonim 80	0,4	0,1
313.	Hlor	* 2	0,5
314.	Hlor-acetaldehid	3	1
315.	Hlor-acetofenon (fenacil-hlorid)	0,3	0,005
316.	p-hloranilin	K 0,05	0,012
317.	m-hloranilin	K 0,05	0,012
318.	Hlorbenzen, mono (fenil-hlorid; monohlorbenezen)	350	75
319.	Hlor-brom-metan (metilen-hlor-bromid)	1 050	200
320.	Hlorbutadien (hloropren)	90	25
321.	Hlordan (1,2,4,5,6,7,7,7-oktahlor-3a, 4,7,7a-tetrahidro-4,7-metanoindan)	0,5	—
322.	Hlordifenil (53% hlor)	K 0,5	—
323.	Hlordifenil (42% hlor)	K** 1	—
324.	Hlor-dioksid	K 0,1	—
325.	m-hlorfenilizocijanat	0,5	—
326.	p-hlorfenizilizocijanat	0,5	—
327.	Hlorindan (oktahlorendometilenheksahidroindan)	0,01	—
328.	Hlorkamfen (sa 60% hlor)	0,5	—
329.	Hlormetiltrihlorsilan	1	0,17

1	2	3	4	
330.	Hlornaftalin (hlornaftalen) koji sadrži više od 5 Cl atoma u mol.	**	0,5	—
331.	1-hlor-nitropropan		100	20
332.	Hloroform		240	50
333.	Hloropren (2-hloro-1,3 butadien; hlorbutadien)	K	90	25
334.	Hlorpelargonska kiselina		5	—
335.	Hlorpikrin (trihlornitrometan), sinonim 460		0,7	0,1
336.	m-hlorstiren		50	—
337.	o.p-hlortoluen		395	—
338.	Hlortrifluorid		0,4	0,1
339.	Hlorvodonik (hidrogen-hlorid; hlorovodonična kiselina; sona kiselina)	*	7	5
340.	Hromna kiselina i hromati (hromatna kiselina i hromati), (kao CrO ₃)		0,1	—
341.	Hrom-metal, netopive soli (kao Cr)		1,0	—
342.	Itrijum		1	—
343.	Izoforon		140	25
344.	Izopren (3-metil-1,3-butadien)		40	—
345.	Izopropilglicidiletar (IGE)	K	240	50
346.	Jod		1	0,1
347.	Kadmijum (metal — prašina)		0,2	—
348.	Kadmijum-oksidi		0,1	—
349.	Kalaj (neorganska jedinjenja kao Sn)		2	—
350.	Kalaj (organska jedinjenja kao Sn)	K	0,1	—
351.	Kalcijum-arsenat (krečni arsenat; trikalcijum-arsenat)		0,1	—
352.	Kalcijum-oksidi		5	—
353.	Kamfor		2	—
354.	Kapronska kiselina		5	—
355.	Karbaril (»sevin«; 1-naftil-N-metilkarbamat)		5	—
356.	Karbin (4-hlor-2-butinil-N-(3-hlorfenil) karbamat; barban)		0,5	—
357.	Karbonat-cikloheksilamin (cikloheksilamin-karbonat)		10	—
358.	Karbonil nikla, sinonim 442		0,007	0,001
359.	Katran (isparljive komponente, rastvorljive u benzinu)		0,2	—
360.	Keten (kabometilen)		0,9	0,5
361.	Kerozin, ulje za loženje, petrolej tačke ključanja od 150 do 300°C		100	—
362.	Kobalt — metalni dim, prašina		0,1	—
363.	Krezoli svi izomeri (metil-fenol)	K	22	5
364.	Krotonaldehid (2-butenal)		6	2
365.	Ksileni (dimetibenzen). sinonim 177		50	12
366.	Ksilidini (dimetilanilin), sinonim 175	K	3	0,6
367.	Laurilmerkaptan (dodecilmerkaptan)		42	—
368.	Ligroin kao i 13 i 79		300	—
369.	Lindan (gama-heksahlorcikloheksan), sinonim 298	K	0,5	—
370.	Litijum-hidrid		0,025	—
371.	Magnezijum-oksidi (dim)		15	—

1	2	3	4
372.	Malation (karbofos; O, O-dimetiltiofosfat-dietil-merkaptosukcionat)	K 0,5	—
373.	Mangan i jedinjenja, kao Mn	* 2	—
374.	Merkaptos (O, O-dietil-beta-etilmerkaptotiofosfat+izoheksacikloheksan)	0,02	—
375.	Merkuran (smeša etil-merkuri-hlorida i gama-izomera heksahlorcikloheksana), sinonim 224	K 0,005	—
376.	Mezitol-oksidi	100	25
377.	Metafos (metil-paration; dimetil-4-dinitrofeniltiofosfat)	0,1	—
378.	Metanol (metil-alkohol), sinonim, 27	50	40
379.	Metakrilna kiselina	715	—
380.	Metasistoks (O, O-dimetil-S-2 (etilsulfini) — etilfosfortionat)	K 5	—
381.	Metil-acetat, sinonim 252	K 300	100
382.	Metil-acetilen (alilen, propin)	1 650	1 000
383.	Metil-akrilat, sinonim 242	* 20	6
384.	Metil-akrolein	5,8	—
385.	Metilal (dimetoksimetan; metilendimetil-etar), sinonim 172 i 185	3 100	1 000
386.	Metilamin (monometilamin, aminometan)	12	10
387.	Metil-bromid (brom-metan)	K 80	20
388.	Metilbutiketon (heksanon), sinonim 306	410	100
389.	Metil — »Cellosolv« (etilenglikolmonometiletar), sinonim 234	80	25
390.	Metil — »Cellosolv« acetat, sinonim 235	K 120	25
391.	Metilcikloheksan	2 000	500
392.	Metilcikloheksanol	470	100
393.	Metilcikloheksanon	K 460	100
394.	Metildipropilenglikoletar	K 600	100
395.	Metiletiketon (butanon; MEK), sinonim 91	200	70
396.	Metil-etiltiofos	0,03	—
397.	Metil-fluorfenildihlorsilan	1	0,1
398.	Metil-formijat, sinonim 246	250	100
399.	Metil-furan (silvan)	1	0,3
400.	Metil-glikol	80	25
401.	Metil-heksilketon	10	—
402.	Metil-hlorakrilat	5	1
403.	Metil-hlorid	50	25
404.	Metil-hloroform	1 080	200
405.	Metilizobutilkarbinol (metil-amil-alkohol)	K 100	25
406.	Metilizobutilketon	410	100
407.	Metilizocijanat	K 0,05	—
408.	Metil-n-amilketon (2-hepatanon)	465	100
409.	Metil-jodid	K 28	5
410.	Metil-merkaptan	* 1	0,5
411.	Metilmetakrilat, sinonim 244	50	12
412.	1-metilnaftalin (1-metilnaftalen)	20	—
413.	2-metilnaftalin (2-metilnaftalen)	20	—
414.	Metilnitrofos (dimetil-4-nitro-3-metilfeniltiofosfat)	0,1	—

1	2	3	4
415.	Metilpropilketon (2-pentanon), sinonim 472	*	700 200
416.	Metilstiren	*	480 100
417.	Metilsistoks (demetonmetil)	K	0,1 0,01
418.	Metilen-bis-4-fenilzocijanat (MDI; difenilmetan-diizocijanat), sinonim 147		0,2 0,02
419.	Metilen-hlorid (dihlormetan), sinonim 161		500 144
420.	Metoksihlor (metoksi DDT; 2, 2-bis-p-metoksifenil-1,1,1-trihloretan		15 —
421.	Mezitol-oksidi		100 25
422.	Mineralno ulje		5 —
423.	Molibden (nerastvorna jedinjenja kao Mo)		15 —
424.	Molibden (rastvorna jedinjenja kao Mo)		5 —
425.	Monobutilamin		200 —
426.	Monohlordimetiletar (računato na Cl)		0,5 —
427.	Monohlorcikloheksan		50 —
428.	Monoizopropilamin		1 —
429.	Monometilanilin	K	9 2
430.	Monometilhidrazin	K*	0,35 0,2
431.	Morfolin (tetrahidro-1, 4-oksazin; dietilenimidoksid)	K	70 20
432.	Mravlja kiselina (metanska kiselina)	K	9 5
433.	Nafta (iz katrana) solvent nafta	*	100 25
434.	Nafta (prirodna sirova) sa pretežno lako isparljivim ugljovodonicima		300 —
435.	Nafta (prirodna sirova) sa pretežno teško isparljivim ugljovodonicima		100 —
436.	Naftilamin	K***	— —
437.	Naftalin (naftalen)		50 10
438.	Natrijum-fluoracetat (1080)	K	0,05 —
439.	Natrijum-hidroksid (kamena soda; kaustična soda)		2 —
440.	Natrijum-rodanid		50 —
441.	Nikl (metal — rastvorna jedinjenja)		0,5 —
442.	Nikl-karbonil (nikle-etar-karbonil), sinonim 358		0,007 0,001
443.	Nikotin	K	0,5 —
444.	m-nitroanilin	K	0,1 0,01
445.	o-nitroanilin	K	0,5 0,08
446.	p-nitroanilin	K	6 1
447.	Nitroanizol		3 0,4
448.	Nitrobenzen		5 1
449.	Nitrobutan		30 7
450.	Nitrocikloheksan		1 0,2
451.	Nitroetan		30 10
452.	Nitroglicerini (nitroglicerol, glicerol-trinitrat)	K	2 0,2
453.	Nitrohlorsibenzen		1 —
454.	Nitroksilen		5 —
455.	Nitrometan		30 12
456.	N-nitrozodimetilamin (dimetil-nitrozamin)	K***	— —
457.	1-nitropropan		90 25
458.	2-nitropropan		90 25

1	2	3	4
459.	Nitrotoluen (metil-nitrobenzen)	K 17	3
460.	Nitrotrihlormetan (hlorpikrin), sinonim 335	0,7	0,1
461.	Oktahlor-naftalin (oktahlor-naftalen)	K** 0,1	—
462.	Oktan	2 350	500
463.	Oktamon	200	—
464.	Oksalna kiselina	1	—
465.	Olovo (dim i prašina)	0,15	—
466.	Olovo-arsenat	0,15	—
467.	O.M.P.A. (oktametilpirofosforamid: »Restox«)	0,2	—
468.	Osmijum-tetroksid	0,002	—
469.	Ozon	* 0,1	—
470.	Paration (O,O-dietil-O-p-nitrofeniltiofosfat)	K** 0,1	—
471.	Pentan	1 500	500
472.	Pentanon (metil-propil-ke-ton), sinonim 415	700	200
473.	Pentafluorid sumpora (sulfur-pentafluorid; sum-por-pentafluorid), sinonim 530	0,25	0,025
474.	Pentaboran (borhidrid)	0,01	0,005
475.	Pentad-cilamin	1	—
476.	Pentahlorbenzen	0,5	—
477.	Pentahloretan	40	5
478.	Pentahlorfenolat natrijuma	K 0,1	—
479.	Pentahlorfenol	K 0,5	—
480.	Pentahlornaftalin	K 0,5	—
481.	Perfluorizobutilen	0,1	—
482.	Perhloretilen (tetrahloreten; tetrahloretilen), sino-nim 551	10	1,5
483.	Perhlorilfluorid (ClFO ₃)	13,5	3
484.	Perhlormetilmerkaptan	0,8	0,1
485.	Petrolej, kerozin, ulje za loženje, tačke ključanja 150 do 300°C (kao i 361)	100	—
486.	Pikolini smeša (metil-piridini)	5	—
487.	Pikrinska kiselina (2,4,6-trinitrofenol), sinonim 581	K* 0,1	—
488.	Piretrum	5	—
489.	Piridin	15	5
490.	Platina, rastvorljive soli	0,002	—
491.	Polihlorpinen	0,2	—
492.	Porofor (n-metil-uretan-benzosulfhidrazin)	0,05	—
493.	i-propanol (izo) sinonim 34	200	—
494.	n-propil-acetat sinonim 254	200	95
495.	i-propil-acetat (izo)	200	95
496.	i-propilamin	K 12	5
497.	i-propil-benzen (kumol)	K 980	400
498.	i-propil-etar (diizopropiletar)	2 100	500
499.	i-propilglicidiletar	240	50
500.	Beta-propiolakton (beta)	*** —	—
501.	Propil-nitrat	110	25
502.	Propil-propionat, sinonim 255	70	15
503.	Propilendihlorid	350	350
504.	Propilenimin	K 5	2

1	2	3	4
505.	Propilenoksid	240	100
506.	Renacit II (trihlortiofenol+trihlorfenoldisulfid)	5	—
507.	Renacit IV (cinkpentahlortiofenol)	2	—
508.	Rodijum — metal, dim, prašina	0,1	—
509.	Rodijum, rastvorljive soli	0,001	—
510.	Ronel (O, O-dimetil-O-/2,4,5-trihlorfenil/ tiofosfat)	15	—
511.	Rotenon	5	—
512.	Selen — jedinjenja (kao Se)	0,1	—
513.	Selen, amorfan	2	—
514.	Selenheksafluorid	0,2	—
515.	Selen-vodonik (hidrogen-selenid)	0,1	0,03
516.	Simazin (2-hlor-4,6-bis-etil-amino-sim-triazin)	2	—
517.	Sirćetna kiselina (ocatna kiselina)	25	10
518.	Sistoks (demeton), sinonim 132	K 0,1	—
519.	Srebro	0,01	—
520.	Stiren (stiro), sinonim 260	420	100
521.	Strihnin	0,15	—
522.	Sublimat	0,1	—
523.	Sulfamatamonijuma (»amat«), sinonim 46	15	—
524.	Sulfuril-fluorid (sulfonil-fluorid)	20	5
525.	Sulfuril-hlorid (sulfonil-hlorid)	5	0,9
526.	Sumpor-dioksid	* 10	4
527.	Sumporheksafluorid, sinonim 296	6 000	1 000
528.	Sumpor-monohlorid	6	1
529.	Sumporna kiselina	* 1	—
530.	Sumpor-pentafluorid, sinonim 473	0,25	0,025
531.	Sumpor-vodonik (hidrogen-sulfid; vodonik-sulfidi) sinonim 600	10	7
532.	T-2,4,5 (/2,4,5-trihlorfenoksil/sirćet. kiselina)	K 10	—
533.	Talijum	K 0,1	—
534.	Tantal	5	—
535.	TEDP (tetraetilditiopirofosfat)	K 0,2	—
536.	Teflon (tetrafluoretilen) produkti njegovog raspa- danja	*** —	—
537.	Telur	0,01	—
538.	Telurheksafluorid	0,02	—
539.	Terpentin	560	100
540.	TEPP (tetraetil-pirofosfat)	K 0,05	—
541.	Tetrabrom-metan, sinonim 3	14	1
542.	Tetrabrom-acetilen	14	1
543.	Tetraetil-olovo (TEO)	K 0,005	—
544.	Tetrahlor-etan (1,1,2,2-tetrahloretan)	K 7	1
545.	Tetrahidrofuran	590	200
546.	1,1,1,2-tetrahlor-2,2-difluoretan	4 170	500
547.	1,1,2,2-tetrahlor-1,2-difluoretan	4 170	500
548.	Tetrahlor-etan (acetil-tetrahlorid)	K 35	5
549.	Tetrahlor-metan (ugljen-tetrahlorid; karbon-tet- rahlorid)	65	10
550.	Tetrahlor-naftalin	K** 2	—

1	2	3	4
551.	Tetrahlór-etilen (perhlór-etilen), sinonim 482	10	—
552.	Tetrahlór-heptan	1	0,1
553.	Tetrahlórnonan	1	—
554.	Tetrahlórpentan	1	0,11
555.	Tetrahlórpropan	1	0,13
556.	Tetrahlórundekan	5	—
557.	Tetraetoksisilan	20	—
558.	Tetralin (etrahidronaftalin)	100	—
559.	Tetrametiltiuramdisulfid (tiuram, tiuram)	5	—
560.	Tetrametil-olovo (TMO), kao Pb	K	0,005
561.	Tetranitro-metan	8	1
562.	Tetril (trinitrofenilmetilnitramin)	K	1,5
563.	Tiofen (tiofuran)	20	—
564.	Tionil-hlorid (sumpor-ksihlorid)	25	—
565.	Tiofosforil-hlorid	7	—
566.	Titan	10	—
567.	Titan-dioksid (titanovo belo)	15	—
568.	Toluen (toluol)	*	200
569.	Toluidin (o, m, p)	K	5
570.	Toluendizocijanat	*	0,14
571.	Torijum		0,05
572.	Trietilamin	100	25
573.	Trietoksisilan	1	—
574.	Trifluormonobrommetan	6 100	1 000
575.	1,2,2-trifluor-1,1,2-trihlórretan	2 600	1 000
576.	Trihlórbenzen	10	0,13
577.	Trihlóretilen (trilen)	250	50
578.	3-trihlórmetafos (O-metil-O-etil-O,2,4,5-trihlórfe-niltiofosfat)		0,3
579.	Trihlórnaftalin	K	5
580.	Trihlórpropan	300	50
581.	Trinitrofenol (pikrinska kiselina), sinonim 487	K*	0,1
582.	Trinitrotoluen (trotil; TNT)	K**	1,5
583.	Triortokrezilfosfat		0,1
584.	Trifenil-fosfat		3
585.	Ugljen-dioksid (karbon-dioksid)	9 000	5 000
586.	Ugljen-disulfid (karbon-monoksid)	K	50
587.	Ugljen-monoksid (karbon-monoksid)		58
588.	Ugljen-tetrahlór (karbon-tetrahlór)	K	65
589.	Uran, nerastvorna jedinjenja		0,25
590.	Uran, rastvorna jedinjenja		0,05
591.	Valerijanska kiselina		5
592.	Vanadijum (kao V ₂ O ₅ -dim)	*	0,1
593.	Vanadijum (kao V ₂ O ₅ -prašina)	*	0,5
594.	Varfarin (3-/a-acetonilbenzil/-4-hidroksikumarin, kumafen)		0,1
595.	Vinilacetat, sinonim 354		10
596.	Vinilbutiletar (butilviniletar)		20
597.	Vinilhlorid (hlóretan; hlóretilen)	300	75

1	2	3	4
598.	Viniltoluen	50	11
599.	Vodonik-peroksid (hidrogen-peroksid; perhidrol)	1,4	1
600.	Vodonik-sulfid (hidrogen-sulfid; sumpor-vodonik), sinonim 531	10	7
601.	Volfram, kao W-rastvorljivi	1	—
602.	Volfram, kao W-nerastvorljivi	5	—
603.	Živa	K 0,1	—
604.	Živina organska jedinjenja	K 0,01	—

¹⁾ kao... znači: obračunato na... (npr. kao As₂O₃ znači obračunato na As₂O₅).

Slovo K obeležava mogućnost resorpcije kroz kožu.

Znaci *, **, ***, obeležavaju vrednosti MDK identične sa vrednostima privremene internacionalne liste koja je usvojena na Drugom internacionalnom simpozijumu o dopuštenim koncentracijama, održanom aprila 1963. godine u Parizu, i to:

Znak * obeležava materije koje imaju akutno toksično dejstvo, pa se granične vrednosti ne bi smele prekoračiti ni za kratko vreme.

Znak ** obeležava materije koje pri ponovljenoj ekspoziciji deluju kumulativno.

Znak *** obeležava kancerogene ili senzibilizujuće materije za koje nije data granična vrednost, no ne sme se dopustiti kontakt bilo kojim putem i unošenje u organizam ni u tragovima.

Vrednosti MDK u mg/l mogu se preračunati u ppm (1‰ = 10 000 ppm) ili obrnuto prema sledećim obrascima:

$$\text{mg/l} = \text{ppm} \frac{M}{24,5} \cdot 10^3; \quad \text{mg/m}^3 = \text{ppm} \frac{M}{24,5}$$

$$\text{ppm} = \text{mg/l} \frac{24,5}{M} \cdot 10^3; \quad \text{ppm} = \text{mg/m}^3 \frac{24,5}{M}$$

gde je:

M — molekulska mera tražene materije.

NAPOMENA: Pri izradi ovog standarda korišćeni su dosadašnji uobičajeni i primenjivani termini za pojedina hemijska jedinjenja kao glavni nazivi, dok su u zagradi pretežno korišćeni termini po novoj nomenklaturi Internacionalne unije za čistu i primenjenu hemiju, a takođe su navedeni i drugi sinonimi.

Ред. бр.	Материја	Средњо-дневна концентрација у мг/м³	Кратко-трајна концентрација у мг/м³
1	2	3	4
1.	азотдиоксид	0,085	0,085
2.	азотна киселина (као HNO ₃)	0,4	0,4
3.	азотна киселина (као H)	0,006	0,006
4.	акролеин	0,10	0,30
5.	алфаметилстирол	0,04	0,04
6.	аланафтохинон	0,005	0,005
7.	амилацетат	0,10	0,10
8.	амилен	1,5	1,5
9.	амонијак	0,20	0,20
10.	анилин	0,03	0,05
11.	ацеталдехид	—	0,01
12.	ацетон	0,35	0,35
13.	ацетофенон	0,003	0,003
14.	бензол	0,8	1,5
15.	бензин из сирове нафте (као C)	—	5,0
16.	бензин из шкриљаца (као C)	0,05	0,05
17.	берилијум	0,00001	—
18.	бутан	—	200,0
19.	бутерна киселина	0,01	0,015
20.	бутилацетат	0,10	0,10
21.	бутилен	3,0	3,0
22.	бутилалкохол	—	0,3
23.	бутифос	—	0,01
24.	валеријанска киселина	0,01	0,03
25.	ванадијумпентоксид	0,002	—
26.	винилацетат	0,20	0,20
27.	водониксулфид	0,008	0,008
28.	диетиламин	0,05	0,05
29.	дивинил	1,0	3,0
30.	дикетен	—	0,007
31.	диметиланилин	—	0,0055
32.	диметилсулфид	—	0,08
33.	диметилдисулфид	—	0,7
34.	диметилформамид	0,03	0,03
35.	динил	0,01	0,01
36.	дихлоретан	1,0	3,0
37.	2,3-дихлор-1, 4-нафтохинон	0,05	0,05
38.	епихлорхидрин	0,2	0,2
39.	етилалкохол	5,0	5,0
40.	етилацетат	0,1	0,1
41.	етилен	3,0	3,0
42.	етиленоксид	0,03	0,03
43.	жива (метална)	0,0003	—
44.	кадмијум	0,003	0,01
45.	каприлна киселина	0,005	0,01
46.	капролактан (паре, аеросол)	0,06	0,06
47.	карбофос (малатион)	—	0,015
48.	ксилол	0,2	0,2
49.	изопропилбензол	0,014	0,014
50.	изопропилбензол-хидропероксид	0,007	0,007
51.	малеинска киселина-анхидрид (паре, аеросол)	0,05	0,2
52.	манган и једињења (као MnO ₂)	0,01	—
53.	месидин	—	0,003
54.	метилалкохол	0,5	1,0
55.	метафос (метилпаратин)	—	0,009
56.	метахлорфенилизоцијанат	0,005	0,005
57.	метилакрилат	—	0,01
58.	метилацетат	0,07	0,07

1	2	3	4
59.	метилмеркаптан	—	9.10 ⁻⁴
60.	метилметакрилат	0,1	0,1
61.	монометиланилин	—	0,04
62.	нафтохинон	0,005	0,005
63.	нитробензол	0,008	0,008
64.	парахлоранилин	—	0,04
65.	парахлорпенилизоцијанат	0,0015	0,0015
66.	пентан	25,0	100,0
67.	пиридин	0,08	0,08
68.	пропилен	3,0	3,0
69.	прспилалкохол	—	0,3
70.	прашина (илтерна, нетоксична)	0,15	0,5
71.	Сирћетна киселина	—	0,2
72.	сирћетна киселина, анхидрид	—	0,1
73.	стирол	0,003	0,003
74.	сумпорна киселина (као H ₂ SO ₄)	0,3	0,3
76.	тиофен	—	0,6
75.	сумпорна киселина (као H)	0,006	0,006
77.	толуилендиизоцијанат	0,02	0,5
78.	толуол	0,6	0,6
79.	трихлоретилен	1,0	4,0
80.	угљентетрахлорид	—	4,0
81.	фенол	0,01	0,01
82.	формалдехид	0,012	0,035
83.	фосфорпентоксид	0,05	0,15
84.	фтална киселина, анхидрид (пара, аеросол)	0,005	0,02
85.	флуор (гасовита једињења)	0,005	0,02
86.	флуор, нерастворљива једињења	0,03	0,2
87.	фурфурол	0,05	0,05
88.	хексаметилендиамин	0,001	0,001
89.	хлор	0,03	0,10
90.	хлоранилин	—	0,04
91.	хлорбензол	0,10	0,10
92.	хлороводонична киселина (као HCl)	0,2	0,2
93.	хлороводонична киселина (као H)	0,006	0,006
94.	хлоропрен	0,10	0,10
95.	3-хлор-фенилизоцијанат	0,005	0,005
96.	4-хлор-фенилизоцијанат	0,0015	0,0015
97.	хром (као CrO ₃)	0,0015	0,0015
98.	циклохексанол	0,06	0,06
99.	циклохексанон	0,04	0,04

Ред. број	Материја	Средње-дневна концентрација у МГ/м³	Кратко-трајна концентрација у МГ/м³
1.	сумпордиоксид	0,15	0,5
2.	чађ	0,05	0,15
3.	олово	0,0007	—
4.	оловосулфид	0,0017	—
5.	арсен као неорганска јед.	0,003	—
6.	угљен дисулфид	0,01	0,03
7.	угљен моноксид	1	3,0
8.	азотни оксид	0,085	0,085
9.	флуоро водоник	0,005	0,02
10.	оксиданси	—	0,125
11.	пепео и инертна прашина до 300 МГ/м³ на дан	—	—

	Cr	W		Cr	W
Na K α			Cl K α		
NaI	0.54	0.49	Hg ₂ Cl ₂	0.35	0.28
Na ₂ CrO ₄	0.16	0.16	PbCl ₂	0.28	0.22
NaF	0.12	0.11	IrCl ₃	0.22	0.18
NaBr	0.12	0.095	PtCl ₂	0.21	0.17
NaClO ₃	0.11	0.10	BiCl ₃	0.21	0.16
Na ₂ SO ₄	0.11	0.098	AuCl ₃	0.15	0.12
NaPO ₃	0.10	0.093	TaCl ₅	0.12	0.093
Na ₂ CO ₃	0.095	0.084	ZrCl ₄	0.11	0.090
NaCl	0.070	0.058	WCl ₆	0.11	0.083
Na ₂ O	0.060	0.049	CsCl	0.11	0.082
Na	0.014	0.0095	AgCl	0.11	0.071
Mg K α			BaCl ₂	0.092	0.072
MgCO ₃	0.087	0.075	SrCl ₂	0.083	0.065
MgO	0.083	0.066	RbCl	0.082	0.066
MgSO ₄	0.080	0.070	CdCl ₂	0.074	0.050
Antigorite ^a	0.072	0.060	SnCl ₂	0.070	0.046
MgS	0.061	0.045	SeCl ₄	0.068	0.048
Mg	0.022	0.014	SbCl ₃	0.059	0.040
Al K α			MoCl ₅	0.058	0.040
Al ₂ O ₃	0.073	0.056	CuCl ₂	0.045	0.035
Al ₂ O ₃ ·SiO ₂	0.061	0.048	ZnCl ₂	0.045	0.035
Al ₂ (SO ₄) ₃	0.060	0.050	MnCl ₂	0.034	0.028
Al	0.030	0.018	FeCl ₃	0.033	0.026
Si K α			CaCl ₂	0.028	0.017
Al ₂ O ₃ ·SiO ₂	0.090	0.075	NaCl	0.024	0.017
Antigorite ^a	0.055	0.045	NaClO ₃	0.022	0.015
CaSiO ₃	0.055	0.043	KCl	0.022	0.013
SiO ₂	0.038	0.028	Co(NH ₃) ₆ Cl ₂	0.013	0.011
Si	0.025	0.016	Neoprene ^d	0.0051	0.0032
C ₁₂ H ₁₀ Si ^b	0.0050	0.0040	K K α		
P K α			KBr	0.046	0.034
NaPO ₃	0.035	0.028	KI	0.062	0.039
P ₂ O ₅	0.026	0.019	KCl	0.033	0.023
S K α			K ₂ SO ₄	0.026	0.017
PtS	0.59	0.50	K ₂ O	0.020	0.011
Au ₂ S ₃	0.50	0.41	KMnO ₄	0.017	0.015
WS ₂	0.39	0.33	K ₂ CrO ₇	0.017	0.015
ReS ₂	0.37	0.30	Ca K α		
BiS	0.20	0.14	CaCl ₂	0.041	0.028
PbS	0.20	0.13	CaS	0.035	0.023
Ag ₂ S	0.18	0.13	CaO	0.027	0.015
H ₂ S	0.18	0.12	CaSO ₄	0.025	0.017
Pd ₂ S	0.17	0.12	CaSiO ₃	0.023	0.015
SnS	0.14	0.10	Ca	0.016	0.0083
PbSO ₄	0.14	0.091	CaCO ₃	0.015	0.0090
Cs ₂ SO ₄	0.13	0.11	Ti K α		
Cu ₂ S	0.13	0.11	Ti	0.045	0.022
Rb ₂ SO ₄	0.13	0.11	Ti ₂ (SO ₄) ₃	0.029	0.019
BaSO ₄	0.12	0.098	TiO ₂	0.029	0.015
Sb ₂ S ₃	0.12	0.090	V K α		
CdS	0.12	0.085	VI ₁	0.12	0.090
Ag ₂ SO ₄	0.12	0.083	V	0.048	0.028
CuS	0.10	0.084	V ₂ O ₅	0.017	0.010
CoS	0.097	0.088	Cr K α		
CdSO ₄	0.094	0.067	PbCrO ₄	0.063	0.060
ZnS	0.090	0.076	Cr	0.033	0.033
MoS ₂	0.078	0.048	Cr ₂ O ₃	0.018	0.018
FeS ₂	0.075	0.062	FeO·Cr ₂ O ₃	0.016	0.016
Zr sulfate ^c	0.066	0.054	K ₂ Cr ₂ O ₇	0.012	0.012
ZnSO ₄	0.059	0.050	Na ₂ CrO ₄	0.0065	0.0065
CuSO ₄	0.058	0.048	Mn K α		
NiSO ₄	0.054	0.049	Mn	0.030	0.033
Ti ₂ (SO ₄) ₃	0.054	0.038	MnO	0.018	0.019
CoSO ₄	0.050	0.045	MnCl ₂	0.015	0.016
MgS	0.046	0.033	MnO ₂	0.014	0.015
MnSO ₄	0.038	0.035	Mn ₂ O ₃	0.013	0.015
Fe ₂ (SO ₄) ₃	0.037	0.033	KMnO ₄	0.0098	0.010
CaS	0.035	0.023	MnSO ₄	0.0093	0.010
CaSO ₄	0.033	0.024	Fe K α		
Na ₂ SO ₄	0.032	0.025	Fe	0.030	0.035
Al ₂ (SO ₄) ₃	0.032	0.025	FeS ₂	0.020	0.021
K ₂ SO ₄	0.032	0.021	FeBr ₃	0.018	0.019
MgSO ₄	0.031	0.024	Fe ₂ O ₃	0.015	0.018
S	0.020	0.012	Fe ₃ O ₄	0.015	0.017
(NH ₄) ₂ SO ₄	0.013	0.010			

	Cr	W		Cr	W
FeCl ₃	0.012	0.013	Pd Ka		
Fe ₂ (SO ₄) ₃	0.0073	0.0081	Pd	0.011	0.010
Co Ka			PdO	0.0067	0.0060
Co	0.033	0.039	Pd ₂ S	0.0060	0.0054
CoS	0.020	0.023	Ag Ka		
Co ₂ O ₃	0.017	0.020	Ag	0.0073	0.0084
CoSO ₄	0.0085	0.010	AgBr	0.0051	0.0058
Co(NH ₂) ₂ Cl ₂	0.0034	0.0040	Ag ₂ O	0.0046	0.0052
Ni Ka			Ag ₂ S	0.0045	0.0052
Ni	0.029	0.040	AgCl	0.0031	0.0036
NiO	0.017	0.024	Ag ₂ SO ₄	0.0027	0.0031
NiSO ₄	0.0071	0.0095	Cd Ka		
Cu Ka			Cd	0.0060	0.0066
Cu	0.025	0.031	CdO	0.0050	0.0054
Cu ₂ S	0.015	0.019	CdBr ₂	0.0042	0.0045
Cu ₂ O	0.015	0.019	CdS	0.0028	0.0030
CuO	0.015	0.018	CdCl ₂	0.0020	0.0021
CuS	0.012	0.015	CdSO ₄	0.0019	0.0020
CuCl ₂	0.0083	0.010	Sn Ka		
CuSO ₄	0.0061	0.0075	Sn	0.0051	0.0050
Zn Ka			SnO ₂	0.0039	0.0038
ZnI ₂	0.022	0.027	SnBr ₂	0.0038	0.0037
Zn	0.019	0.026	SnTe	0.0034	0.0038
ZnO	0.012	0.017	SnS	0.0029	0.0028
ZnS	0.0096	0.013	SnCl ₂ ·2H ₂ O	0.0011	0.0010
ZnCl ₂	0.0070	0.0091	Sb Ka		
ZnSO ₄	0.0055	0.0072	Sb	0.0046	0.0043
As Ka			Sb ₂ O ₃	0.0030	0.0028
As	0.012	0.010	SbBr ₃	0.0029	0.0027
As ₂ O ₃	0.0058	0.0051	Sb ₂ S ₃	0.0023	0.0022
Se Ka			SbCl ₃	0.0012	0.0012
Se	0.0084	0.0078	Te Ka		
SeO ₂	0.0050	0.0046	SnTe	0.0028	0.0037
SeCl ₄	0.0048	0.0046	Te	0.0028	0.0036
Br Ka			TeO ₂	0.0020	0.0027
AuBr	0.032	0.029	I Ka		
PtBr ₂	0.023	0.021	AuI	0.0048	0.0060
WBr ₂	0.020	0.018	HgI ₂	0.0037	0.0046
PbBr ₂	0.017	0.015	PbI ₂	0.0037	0.0046
HgBr ₂	0.015	0.014	WI ₂	0.0036	0.0046
TaBr ₂	0.015	0.013	BiI ₃	0.0034	0.0043
BiBr ₂	0.014	0.013	PtI ₂	0.0033	0.0041
AgBr	0.011	0.011	BaI	0.0024	0.0027
BaBr ₂	0.011	0.0097	VI ₂	0.0023	0.0030
CsBr	0.010	0.0094	SrI ₂	0.0023	0.0029
SnBr ₂	0.0098	0.0089	CsI	0.0023	0.0023
CdBr ₂	0.0095	0.0087	ZnI ₂	0.0021	0.0027
FeBr ₂	0.0095	0.0085	RbI	0.0017	0.0022
SbBr ₃	0.0081	0.0072	NaI	0.0015	0.0019
NaBr	0.0045	0.0039	KI	0.0012	0.0015
KBr	0.0044	0.0039	Cs Ka		
Rb Ka			CsI	0.0020	0.0023
RbI	0.0062	0.0055	CsBr	0.0020	0.0022
Rb ₂ SO ₄	0.0038	0.0033	Cs ₂ O ₃	0.0017	0.0019
RbCl	0.0035	0.0031	CsCl	0.0015	0.0017
Sr Ka			Cs ₂ SO ₄	0.0015	0.0017
SrI ₂	0.0066	0.0064	Ba Ka		
SrO	0.0051	0.0048	BaO	0.0025	0.0028
SrCl ₂	0.0029	0.0027	BaI ₂	0.0022	0.0025
SrCO ₃	0.0028	0.0027	BaBr ₂	0.0020	0.0022
Zr Ka			BaCO ₃	0.0015	0.0017
Zr	0.0072	0.0073	BaCl ₂	0.0013	0.0015
ZrO ₂	0.0044	0.0046	BaSO ₄	0.0013	0.0015
ZrCl ₂	0.0028	0.0028	Pd La		
Zr sulfate	0.0011	0.0011	Pd	0.23	0.14
Nb Ka			Pd ₂ S	0.15	0.098
Nb	0.0094	0.0093	PdO	0.14	0.088
Nb ₂ O ₅	0.0034	0.0034	Ag La		
Mo Ka			Ag	0.20	0.13
Mo	0.011	0.010	Ag ₂ S	0.15	0.097
MoS ₂	0.0037	0.0034	AgBr	0.14	0.10
MoO ₃	0.0033	0.0031	Ag ₂ O	0.13	0.081
MoCl ₅	0.0018	0.0016	AgCl	0.12	0.081
			Ag ₂ SO ₄	0.093	0.061

	Cr	W		Cr	W
Cd L α			IrCl ₃	0.017	0.017
Cd	0.17	0.10	IrO ₃	0.012	0.011
CdO	0.14	0.088	Pt L α		
CdBr ₂	0.11	0.082	Pt	0.087	0.084
CdS	0.10	0.065	PtO	0.057	0.055
CdCl ₂	0.090	0.062	PtS	0.032	0.032
CdSO ₄	0.073	0.048	PtI ₂	0.023	0.023
Sn L α			PtBr ₂	0.021	0.020
Sn	0.13	0.081	PtCl ₂	0.016	0.016
SnTe	0.13	0.076	Au L α		
SnO ₂	0.11	0.065	Au	0.080	0.075
SnBr ₂	0.10	0.068	AuI	0.033	0.031
SnS	0.10	0.063	Au ₂ S ₃	0.031	0.029
SnCl ₂ ·2H ₂ O	0.048	0.032	AuBr	0.027	0.026
Sb L α			Au ₂ O	0.014	0.013
Sb	0.13	0.074	AuCl ₃	0.012	0.011
Sb ₂ S ₃	0.085	0.057	Hg L α		
Sb ₂ O ₃	0.083	0.050	Hg	0.052	0.049
SbBr ₃	0.075	0.052	HgO	0.040	0.038
SbCl ₃	0.061	0.041	HgS	0.027	0.025
Te L α			Hg ₂ Cl ₂	0.025	0.023
SnTe	0.12	0.067	HgI ₂	0.023	0.021
Te	0.12	0.067	HgBr ₂	0.019	0.017
TeO ₂	0.088	0.052	Hg(CH ₃) ₂	0.010	0.010
I L α			Pb L α		
AuI	0.22	0.15	Pb	0.041	0.038
PbI ₂	0.16	0.11	PbO	0.032	0.030
HgI ₂	0.16	0.11	PbS	0.024	0.023
WI ₂	0.15	0.10	PbI ₂	0.020	0.019
BiI ₃	0.14	0.095	PbBr ₂	0.019	0.018
PtI ₂	0.14	0.091	PbCl ₂	0.017	0.016
VI ₂	0.094	0.057	PbSO ₄	0.016	0.015
BaI ₂	0.093	0.058	Pb L β 1		
SrI ₂	0.090	0.055	Pb	0.031	0.029
CsI	0.090	0.053	PbO	0.024	0.022
ZnI ₂	0.082	0.050	PbS	0.019	0.017
RbI	0.067	0.043	PbI ₂	0.014	0.013
KI	0.064	0.040	PbBr ₂	0.014	0.013
NaI	0.064	0.037	PbCl ₂	0.013	0.012
Cs L α			PbSO ₄	0.012	0.011
CsI	0.081	0.046	Bi L α		
CsBr	0.072	0.046	Bi	0.034	0.033
CsCl	0.070	0.044	Bi ₂ O ₃	0.026	0.025
Cs ₂ O ₃	0.067	0.039	BiS ₂	0.024	0.023
Cs ₂ SO ₄	0.063	0.039	BiI ₃	0.017	0.016
Ba L α			BiBr ₃	0.015	0.014
BaO	0.075	0.054	BiCl ₃	0.012	0.012
BaI ₂	0.080	0.047	Th L α		
BaBr ₂	0.062	0.045	Th	0.033	0.031
BaCl ₂	0.057	0.040	ThO ₂	0.024	0.023
BaSO ₄	0.050	0.035	U L α		
BaCO ₃	0.049	0.034	U	0.045	0.044
Ta L α			UO ₂	0.023	0.023
Ta	0.085	0.086			
TaN	0.077	0.077			
Ta ₂ O ₅	0.037	0.037			
TaBr ₅	0.015	0.015			
TaCl ₅	0.013	0.014			
W L α					
W	0.097	0.092			
WC	0.073	0.070			
WI ₂	0.036	0.035			
WS ₂	0.031	0.030			
WO ₃	0.029	0.027			
WBr ₅	0.021	0.020			
WCl ₅	0.012	0.011			
Re L α					
Re	0.098	0.094			
Re ₂ O ₇	0.030	0.029			
ReS ₂	0.029	0.029			
Os L α					
Os	0.10	0.096			
OsO ₄	0.031	0.030			
Ir L α					
Ir	0.097	0.091			

^a 3MgO·3SiO₂·2H₂O. ^b Triethylphenylsilane. ^c Zr(SO₄)₂·H₂O. ^d (C₂H₅Cl)₃.

L I T E R A T U R A

1. Dzubay, T.G. (Editor), X-ray Fluorescence Analysis of Environmental Samples, Ann Arbor Science, Ann Arbor, 1977.
2. West, N.G., X-ray Fluorescence Spectrometry Applied to the Analysis of Environmental Samples, Trends Anal. Chem. Vol. 3, No. 8, 1984, 199-204.
3. Dams, R., K.A. Rahn, and J.W. Winchester, Evaluation of Filter Materials and Impaction Surfaces for Nondestructive Neutron Activation Analysis of Aerosols, Environment. Sci. Technol., Vol. 6, No. 5, 1972, 441-448.
4. Gilfrich, J.V., P.G. Burkhalter, and L.S. Birks, X-ray Spectrometry for Particulate Air Pollution - A Quantitative Comparison of Techniques, Anal. Chem., Vol. 45, No. 12, 1973, 2002-2009.
5. Giaouque, R.D., L.Y. Geda, and R.B. Garrett, X-ray Fluorescence Analysis of ACHEX Aerosols, Advances Environ. Sci., Vol. 9, 1980, 147-167.
6. Mikov, dr M.I., Medicina rada, Naučna knjiga, Beograd, 1980.
7. Dzubay, T.G. and R.K. Stevens, Ambient Air Analysis with Dichotomous Sampler and x-ray Fluorescence Spectrometer, Environment. Sci. Technol., Vol. 9, No. 7, 1975, 663-668.

8. Bizjak, M., Z.Lengar, V.Hudnik, X-ray Fluorescence Analysis of Atmospheric Particulate Matter Collected on Membrane Filters, Vestn. Slov. Kem. Drus. 29/3/ 1982, 197-209.
9. Artz, B.E. and H. Chessin, Specimen Standards for x-ray Spectrometric Analysis of Atmospheric Aerosols, Advances in X-Ray Analysis, 17, 1974, 225-335.
10. Chessin, H. and E.H. McLaren, X-ray Spectrometric Determination of Atmospheric Aerosols, Advances in X-Ray Analysis, 16, 1973, 165-176.
11. Bertin, E.P., Principles and Practice of x-ray Spectrometric Analysis, Plenum Press, New York, 1975.
12. Kostalòs, H., The Determination of Lead in Environmental Air Using a Radioisotope X-Ray-fluorescence Unit, Int. J. Radiat. Isot., Vol. 33, 1475-1476, 1982.
13. Currie, L.A., Limits for Qualitative Detection and Quantitative Determination, Anal. Chem., Vol. 40, No. 3, 1968.
14. Criss, J.W., Particle Size and Composition Effects in X-ray Fluorescence Analysis of Pollution Samples, Anal. Chem., Vol. 48, No. 1, 1976, 179-186.
15. Adams, F.C., J.Billiet, Experimental Verification of the X-Ray Absorption Correction in Aerosol Loaded Filters, X-Ray Spectrometry, Vol.5, 1976, 188-193.
16. Cracknell, A.P., Crystals and their Structures, Pergamon Press, London, 1969.

